



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

School voor Mobiliteitswetenschappen

master in de mobiliteitswetenschappen

Masterthesis

Voorspellend model: invloed van klimaatsverandering op verkeersveiligheid

Jochen Huygen

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de mobiliteitswetenschappen, afstudeerrichting verkeersveiligheid

PROMOTOR :

Prof. dr. Tom BRIJS

COPROMOTOR :

dr. Muhammad ADNAN



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2019
2020



School voor Mobiliteitswetenschappen

master in de mobiliteitswetenschappen

Masterthesis

_Voorspellend model: invloed van klimaatsverandering op verkeersveiligheid

Jochen Huygen

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de mobiliteitswetenschappen, afstudeerrichting verkeersveiligheid

PROMOTOR :

Prof. dr. Tom BRIJS

COPROMOTOR :

dr. Muhammad ADNAN

Voorwoord

Deze masterproef behandelt de relatie tussen de klimaatverandering en de verkeersveiligheid, specifiek gericht op vijf provincies in Nederland. Met behulp van de resultaten die voortvloeien uit deze masterproef zal er getracht worden om een schatting te maken van het aantal verkeersongevallen in het jaar 2050 indien de klimaatverandering zich voortzet.

Ik heb deze masterproef opgesteld in kader van mijn laatste masterjaar Mobiliteitswetenschappen (afstudeerrichting Verkeersveiligheid) aan de Universiteit Hasselt, specifiek voor opleidingsonderdelen 3085 'Masterproef deel 1' en 3086 'Masterproef deel 2'. Gedurende het hele academiejaar 2019-2020 heb ik op zelfstandige basis gewerkt aan dit onderwerp met als doel deze masterproef tot een goed einde te brengen.

Het schrijven van deze masterproef heb ik als een leerrijk gegeven ervaren. Dit schrijven heeft mij tevens het laatste zetje gegeven naar het professionele werkveld waarin ik na dit academiejaar in zal worden ondergedompeld. Tijdens dit onderzoek ben ik nog meer geboeid geraakt door de mobiliteitswereld en ik ben er dan ook van overtuigd dat ik binnen enkele maanden een geschikte job zal hebben gevonden die nauw aansluit bij mijn interesses en opgedane kennis binnen de mobiliteit.

Uiteraard ben ik bij de uitwerking van deze masterproef nauw bijgestaan door enkele personen, die ik graag zou willen bedanken.

Eerst en vooral zou ik mijn promotor, prof. dr. Tom Brijs alsook mijn copromotor, dr. Muhammed Adnan willen bedanken voor het voorbije academiejaar. Zij hebben mij gedurende deze periode bijgestaan en gaven constructieve feedback waar nodig. Tevens richt ik ook nog een speciaal dankwoord aan mijn contactpersonen bij Rijkswaterstaat, namelijk Christaan Visser en Col Offermans. Zij hebben mij voorzien van feedback op regelmatige basis alsook toegang verschaft tot de nodige data en informatie die ik nodig had om de masterproef tot een goed einde te kunnen brengen.

Mijn familie en vriendin verdienen ook een speciaal dankwoord. Ik zou hen graag bedanken voor de steun doorheen de vijfjarige opleiding Mobiliteitswetenschappen alsook voor het nalezen van de verschillende opdrachten zoals de bachelorproef, het stageverslag alsook deze masterproef.

Tot slot zou ik nog een woord van dank willen richten aan mijn medestudenten Mobiliteitswetenschappen alsook mijn kotgenoten waar ik de afgelopen vijf jaar zeer fijne momenten mee heb beleefd. Deze momenten hebben ervoor gezorgd dat mijn vijf jaren als student in Diepenbeek meer dan geslaagd waren!

Deze masterproef werd geschreven tijdens de COVID-19 crisis in 2020. Deze wereldwijde gezondheids crisis heeft een impact gehad op het schrijf- en verwerkingsproces, de onderzoekshandelingen en de onderzoeksresultaten die aan de basis liggen van dit werkstuk omdat het verkrijgen van de data in het juiste format en de analyse hiervan vertragingen opliepen wegens het sluiten van de computerlokalen op de universiteitscampus die uitgerust waren met software die nodig was om de analyses uit te voeren.

Samenvatting

Luchtvervuiling; het is een toenemend, maatschappelijk probleem. Door verbranding van fossiele brandstoffen komen er steeds meer hoeveelheden broeikasgassen terecht in de atmosfeer. Deze verbranding is onder andere te wijten aan menselijke activiteiten zoals industriële processen, productie van energie, de landbouw en de transportsector. Door de toename in hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer wordt het evenwicht binnen de koolstofcyclus verstoord waardoor het broeikaseffect wordt versterkt en er een temperatuurstijging teweeg wordt gebracht. Verzuring van de oceaan, afname in hoeveelheid ijs en sneeuw, wijziging in frequentie van de neerslag zijn slechts enkele voorbeelden die deze klimaatverandering aantonen (Klimaat.be, n.d.).

Naast de klimatologische gevolgen zijn er ook gevolgen merkbaar binnen de mobiliteit. In deze masterproef wordt er daarom nagegaan wat de relatie is tussen de weersvariabelen neerslag, temperatuur en mist in de zomer en winter op de verschillende types verkeersongevallen (dodelijke verkeersongevallen, verkeersongevallen met letsels en verkeersongevallen met materiële schade). Het doel van de masterproef bestaat er uit om de verandering in deze weersvariabelen, veroorzaakt door de klimaatverandering, te schatten aan de hand van reeds opgestelde klimaatscenario's in het jaar 2050 in Nederland.

Er is gebruik gemaakt van zowel meteodata als verkeersongevallendata. De meteodata is geraadpleegd via het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) en levert data die betrekking hebben op vijf weerstations in Nederland die per uur verschillende variabelen meten zoals hoeveelheid neerslag, temperatuur, windsnelheid, etc. Hiernaast heeft Rijkswaterstaat de gegevens met betrekking tot de verkeersongevallen in de vijf provincies afgeleverd aan de student. Deze data betreft gegevens vanaf 1 januari 2009 tot en met 31 december 2018.

Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink (2015) stelden vier toekomstige klimaatscenario's op voor het jaar 2050 op basis van weersmodellen en meetresultaten die zij tussen 1981 en 2010 verzamelden. De belangrijkste bevindingen waren dat in elk van de vier scenario's zowel in de winter als in de zomer de temperatuur zal stijgen. Verder zal de hoeveelheid neerslag in de winter toenemen, maar in de zomer dalen, hoewel het aantal extreme neerslagperiodes in dat seizoen zal stijgen.

Om na te gaan welke invloed de klimaatverandering heeft op de verkeersveiligheid, is er een verkennend literatuuronderzoek uitgevoerd waarbij er enkele internationale studies van naderbij bekeken zijn betreffende de invloed van weersomstandigheden op de verkeersveiligheid. Bij dit literatuuronderzoek lag de focus voornamelijk op de verschillende variabelen die bekeken zijn in de studies en welke analysemethode(n) er zijn gebruikt. Bij de data-analyse zijn er twee methodes gehanteerd. Eerst en vooral is er gebruik gemaakt van odds-ratio's die het relatieve risico gingen definiëren. De belangrijkste conclusies bij de berekening van deze odds-ratio's zijn:

- Relatief risico op verkeersongevallen in de winter vergroot indien er neerslag is;
- Relatief risico op verkeersongevallen met materiële schade in de zomer vergroot indien er neerslag is;
- Relatief risico op verkeersongevallen met letsels in de winter vergroot indien de temperatuur hoger is dan gemiddelde temperatuur (3,0°C);
- Relatief risico op verkeersongevallen in de zomer vergroot indien de temperatuur hoger is dan gemiddelde temperatuur (16,3°C);
- Relatief risico op verkeersongevallen met materiële schade in de winter vergroot indien er mist aanwezig is;
- Relatief risico op verkeersongevallen met materiële schade in de zomer verlaagd indien er mist aanwezig is.

Hiernaast is er onderzocht of er een correlatie bestaat tussen de afhankelijke variabele (het aantal verkeersongevallen) en de onafhankelijke variabele (de weersomstandigheden). Hiervoor is er beroep gedaan op regressiemodellen. Uit de output van IBM SPSS Statistics is gebleken dat er zes significante modellen zijn die gebruikt kunnen worden om predicties te doen over het aantal verkeersongevallen in het jaar 2050 in Nederland. Bij elk toekomstig klimaatscenario zal volgens deze significant bevonden regressiemodellen een daling teweeg worden gebracht in het aantal verkeersongevallen (tussen de 3,4% en 55,8%, afhankelijk van het klimaatscenario en de wijziging in waarde van de onafhankelijke variabele). Enkel en alleen in de winter zal een toename in hoeveelheid neerslag ervoor zorgen dat het aantal dodelijke verkeersongevallen zal toenemen. Deze toename betreft een waarde tussen 9,5% en 29,4%. Om dit te voorkomen moet er getracht worden om de veranderingen in de klimatologische omstandigheden te beperken aangezien een temperatuurstijging de kans vergroot op hevige neerslag. Indien de temperatuurstijging binnen de perken blijft bestaat de kans dat de momenten met hevige neerslag kunnen geminimaliseerd worden, wat positieve effecten heeft op het aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter. Hiernaast heeft mist ook een zeer grote invloed op het aantal verkeersongevallen. Indien het aantal uren mist zal dalen, zullen het aantal verkeersongevallen ook dalen. Hierbij treedt het probleem op dat de maatregelen die hiervoor genomen worden, met name de uitstoot proberen verminderen, een temperatuurstijging met zich meebrengen. Dit is te verklaren door het feit dat mist net zorgt voor afkoeling van de onderste luchtlaag. Het zal dus als het ware een "dubbele" inspanning vereisen om de temperatuurstijging zoveel mogelijk in de hand te houden.

Uiteindelijk is het belangrijk te melden dat deze masterproef een theoretisch kader vormt met betrekking tot de invloed van de klimaatverandering op de verkeersveiligheid. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk dat in theorie minder mist in de zomer minder verkeersongevallen veroorzaakt maar in praktijk de bestuurders net meer risico's gaan nemen omdat de zichtbaarheid verbetert. Het is dus van belang dat overheden en de betrokken instanties zoals Vias Institute voldoende monitoren en (campagnes) bijsturen waar nodig.

Summary

Air pollution; it's a growing, social problem. The burning of fossil fuels is releasing more and more greenhouse gases into the atmosphere. This combustion is partly due to human activities such as industrial processes, energy production, agriculture and transport. The increase in the amount of greenhouse gases in the atmosphere disturbs the equilibrium within the carbon cycle, thereby exacerbating the greenhouse effect and causing an increase in temperature. Acidification of the ocean, decrease in the quantity of ice and snow, change in the frequency of precipitation are just a few examples of this climate change (Klimaat.be, n.d.).

In addition to the climatic consequences, there are also consequences in terms of mobility. This master's thesis therefore examines the relationship between the weather variables precipitation, temperature and fog in summer and winter on the different types of traffic accidents (fatal traffic accidents, traffic accidents with injuries and traffic accidents with material damage). The aim of the master thesis is to estimate the change in these weather variables caused by climate change using climate scenarios already drawn up in the year 2050 in the Netherlands.

Both weather data and traffic accident data have been used. The weather data was consulted via the Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI) and provides data relating to five weather stations in the Netherlands that measure various variables such as the amount of precipitation, temperature, wind speed, etc. per hour. In addition, Rijkswaterstaat provided the data relating to traffic accidents in the five provinces where those weather stations were located. These data relate to data from 1 January 2009 to 31 December 2018.

Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink (2015) made four climate scenarios for the year 2050 based on weather models and measurement results they collected between 1981 and 2010. The main findings were that in each of the four scenarios the temperature will rise in both winter and summer. Furthermore, the amount of precipitation will increase in winter but decrease in summer, although the number of extreme precipitation periods in that season will increase.

In order to investigate the influence of climate change on road safety, an exploratory literature review has been carried out in which a number of international studies have been carried out on the influence of weather conditions on road safety. In this literature review, the focus was mainly on the different variables that were examined in the studies and which analysis method(s) were used.

Two methods were used for the data analysis in this master thesis. First of all, odds ratios were used to define the relative risk. The main conclusions of these odds ratios are as follows:

- Relative risk of traffic accidents in winter will increase if there is precipitation;
- Relative risk of traffic accidents with material damage in summer will increase if there is precipitation;
- Relative risk of traffic accidents with injuries in winter will increase if the temperature is higher than average temperature (3.0°C);
- Relative risk of traffic accidents in summer will increase if the temperature is higher than average temperature (16.3°C);
- Relative risk of traffic accidents with material damage in winter will increase if fog is present;
- Relative risk of traffic accidents with property damage in summer will reduce if fog is present.

In addition, a correlation between the dependent variable (number of traffic accidents) and the independent variable (weather conditions) was investigated. For this purpose, regression models were used. The output of IBM SPSS Statistics showed that there are six significant models that can be used to predict the number of traffic accidents in the Netherlands in the year 2050.

For each future climate scenario, according to the significant regression models which are found, the number of traffic accidents will decrease (between 3,4% and 55,8%, depending on the climate scenario and the change in value of the independent variable). Only in winter, an increase in precipitation will increase the number of fatal traffic accidents. This increase is between 9,5% and 29,4%. To prevent this, efforts should be made to limit the changes in climatic conditions, as an increase in temperature increases the risk of heavy precipitation.

If the temperature increase is kept within limits, it is possible to minimize the moments of heavy precipitation, which has positive effects on the number of fatal traffic accidents in winter. In addition, fog also has a very large influence on the number of traffic accidents. If the number of hours of fog will decrease, the number of traffic accidents will also decrease. The problem here is that the measures taken to reduce fog, in particular trying to reduce emissions, lead to an increase in temperature. This can be explained by the fact that fog just causes the lower air layer to cool down. It will therefore require certain efforts to control the temperature rise as much as possible.

However, it is important to mention that this master's thesis forms a theoretical framework with regard to the influence of climate change on road safety. For example, it is possible that in theory less fog causes fewer traffic accidents in summer, but in practice drivers just take more risks because visibility improves. It is therefore important that authorities and the involved institutions such as Vias Institute adequately monitor and adjust (campaigns) where necessary.

Inhoudsopgave

Voorwoord	1
Samenvatting	3
Summary	5
Lijst van figuren	11
Lijst van tabellen	13
Inleiding	17
1. Probleemstelling	21
2. Onderzoeksvragen	23
2.1. Hoofdonderzoeksvraag	23
2.2. Deelonderzoeksvragen	23
3. Doelstellingen	25
3.1. Doelstellingen masterproef	25
3.2. Doelstellingen onderzoek.....	25
4. Literatuuronderzoek	27
4.1. Klimaat	27
4.1.1. Het (natuurlijke) broeikaseffect	27
4.1.2. Opwarming van de aarde door menselijke activiteit	28
4.1.3. Invloed van transport op de klimaatverandering	29
4.1.4. Algemene gevolgen van de klimaatverandering.....	31
4.1.5. Gevolgen van de klimaatverandering toegepast op de mobiliteit.....	32
4.1.6. Toekomstige klimaatscenario's in Nederland	34
4.1.7. Onzekerheden bij klimaatscenario's.....	40
4.1.8. Oplossingen om klimaatverandering tegen te gaan (toegepast op mobiliteit)	41
4.2. Verkeersongevallen	43
4.2.1. Invloed van weersomstandigheden op verkeersintensiteit	43
4.2.2. Invloed van weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen ...	44
4.2.3. Invloed van weersomstandigheden op het menselijk gedrag in het verkeer	54
5. Onderzoeksmethodologie	55
6. Data-analyse	61
6.1. Beschrijvende statistiek	63
6.1.1. Dodelijke verkeersongevallen tussen 2009 en 2018.....	63
6.1.2. Verkeersongevallen met letsels tussen 2009 en 2018	64
6.1.3. Verkeersongevallen met materiële schade tussen 2009 en 2018	65
6.1.4. Hoeveelheid neerslag tussen 2009 en 2018.....	66
6.1.5. Aantal uren neerslag in de winter tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen	67
6.1.6. Aantal uren neerslag in de zomer tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen	69

6.1.7. Gemiddelde temperatuur tussen 2009 en 2018.....	71
6.1.8. Aantal uren mist in de winter tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen	76
6.1.9. Aantal uren mist in de zomer tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen	78
6.2. Inferentiële statistiek.....	80
6.2.1. Neerslag in de winter	81
6.2.2. Neerslag in de zomer	83
6.2.3. Temperatuur in de winter	85
6.2.4. Temperatuur in de zomer	87
6.2.5. Mist in de winter.....	89
6.2.6. Mist in de zomer.....	91
6.3. Conclusie data-analyse	93
7. Predictie van het aantal verkeersongevallen op basis van de vier klimaatscenario's in 2050 in Nederland	95
7.1. Weersvoorspellingen in 2050	95
7.2. Dodelijke verkeersongevallen in de winter op basis van neerslag	97
7.3. Verkeersongevallen met materiële schade in de zomer op basis van neerslag	98
7.4. Verkeersongevallen met letsels in de winter op basis van mist.....	99
7.5. Verkeersongevallen met materiële schade in de winter op basis van mist...100	
7.6. Verkeersongevallen met letsels in de zomer op basis van mist.....101	
7.7. Verkeersongevallen met materiële schade in de zomer op basis van mist...102	
Discussie.....	103
Aanbevelingen	109
Conclusie	111
Bibliografie	115
Bijlagen.....	121
Bijlage 1: Fysische benadering van de remafstand van het motorvoertuig	121
Bijlage 2: Rekenvoorbeeld berekening remafstand (eigen werk).....	122
Bijlage 3: Absoluut aantal dodelijke verkeersongevallen tussen 2009 en 2018 per provincie per jaar	123
Bijlage 4: Absoluut aantal verkeersongevallen met letsels tussen 2009 en 2018 per provincie per jaar	124
Bijlage 5: Absoluut aantal verkeersongevallen met materiële schade tussen 2009 en 2018 per provincie per jaar	125
Bijlage 6: Odds-ratio (relatieve risico) bij neerslag in de winter	126
Bijlage 7: Odds-ratio (relatieve risico) bij neerslag in de zomer	128
Bijlage 8: Odds-ratio (relatieve risico) bij vorsturen.....	130
Bijlage 9: Odds-ratio (relatieve risico) bij gemiddelde temperatuur (3,0°C) in de winter	132
Bijlage 10: Odds-ratio (relatieve risico) bij gemiddelde temperatuur (16,3°C) in de zomer	134
Bijlage 11: Aantal uren mist in de winter tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen per provincie	136

Bijlage 12: Aantal uren mist in de zomer tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen per provincie	137
Bijlage 13: Odds-ratio (relatieve risico) bij mist in de winter	138
Bijlage 14: Odds-ratio (relatieve risico) bij mist in de zomer	140
Bijlage 15: Aantal kilometer weglengte per provincie (CBS, 2017)	142
Bijlage 16: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij neerslag in de winter	143
Bijlage 17: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij neerslag in de winter	144
Bijlage 18: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij neerslag in de winter	145
Bijlage 19: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij neerslag in de zomer	146
Bijlage 20: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij neerslag in de zomer	147
Bijlage 21: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij neerslag in de zomer	148
Bijlage 22: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij gemiddelde temperatuur in de winter	149
Bijlage 23: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij gemiddelde temperatuur in de winter	150
Bijlage 24: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij gemiddelde temperatuur in de winter	151
Bijlage 25: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij gemiddelde temperatuur in de zomer	152
Bijlage 26: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij gemiddelde temperatuur in de zomer	153
Bijlage 27: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij gemiddelde temperatuur in de zomer	154
Bijlage 28: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij mist in de winter	155
Bijlage 29: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij mist in de winter	156
Bijlage 30: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de winter	157
Bijlage 31: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij mist in de zomer	158
Bijlage 32: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij mist in de zomer	159
Bijlage 33: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de zomer	160
Bijlage 34: Ondertekend contract.....	161
Bijlage 35: Vragenlijst Rijkswaterstaat.....	163
Bijlage 36: Ondertekende geheimhouding	165

Lijst van figuren

FIGUUR 1	Voorstelling van het natuurlijke broeikaseffect (WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel, 2013)	27
FIGUUR 2	Evolutie concentratie CO ₂ in de atmosfeer (WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel, 2013)	28
FIGUUR 3	CO ₂ -emissie per sector (World Health Organization, n.d.)	29
FIGUUR 4	Relatieve CO ₂ -emissies voor personenvervoer (den Boer & Vermeulen, 2004).....	30
FIGUUR 5	Relatie tussen de gemiddelde snelheid van het voertuig (in km/u) en de CO ₂ -uitstoot (in g/km) (Otten & van Essen, 2009)	31
FIGUUR 6	Schematische voorstelling van de vier mogelijke klimaatscenario's (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)	34
FIGUUR 7	Wereldwijde temperatuurstijging sinds 1951 volgens modelberekeningen van het IPCC (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)	35
FIGUUR 8	Toekomstige winter- en zomertemperatuur in De Bilt (Nederland) (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)	36
FIGUUR 9	Index voor het aantal dagen dat er zout gestrooid wordt (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)	37
FIGUUR 10	Toekomstige hoeveelheid neerslag (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)	38
FIGUUR 11	Voorspellingen aantal uren mist op basis van berekeningen volgens de vier klimaatscenario's (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)	39
FIGUUR 12	Hoeveelheid emissies in functie van de snelheid voor personenwagens op autosnelwegen, uitgedrukt in g/vtgkm (Vanhove, 2009)	41
FIGUUR 13	Schematische voorstelling van de relatie tussen weersomstandigheden, snelheid, intensiteit en aantal verkeersongevallen en de ernst hiervan (Cools, Moons, & Wets, 2009).....	44
FIGUUR 14	Situering 37 meetstations voor het verkrijgen van meteogegevens in Nederland (Brijs, Hermans, Stiers, & Offermans, 2007).....	47
FIGUUR 15	Situering provincies Nederland (Nederland-kaart.nl, n.d. & eigen bewerking)	56
FIGUUR 16	Aantal dodelijke verkeersongevallen tussen 2009 en 2018 (eigen werk)	63
FIGUUR 17	Aantal verkeersongevallen met letsels tussen 2009 en 2018 (eigen werk).....	64
FIGUUR 18	Aantal verkeersongevallen met materiële schade tussen 2009 en 2018 (eigen werk)	65
FIGUUR 19	Gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar per seizoen (eigen werk)	66
FIGUUR 20	Aandeel verkeersongevallen (in %) bij neerslag in de winter (eigen werk).....	67

FIGUUR 21 Aandeel verkeersongevallen (in %) bij neerslag in de zomer (eigen werk).....	69
FIGUUR 22 Gemiddelde temperatuur per jaar in de winter (eigen werk).....	71
FIGUUR 23 Gemiddelde temperatuur per jaar in de zomer (eigen werk).....	71
FIGUUR 24 Aandeel verkeersongevallen (in %) bij temperatuur onder 0°C in de winter (eigen werk).....	72
FIGUUR 25 Gemiddeld aantal verkeersongevallen per provincie bij mist in de winter (eigen werk)	76
FIGUUR 26 Gemiddeld aantal verkeersongevallen per provincie bij mist in de zomer (eigen werk)	78
FIGUUR 27 Voorstelling ABS (Automotivexist, 2013)	106
FIGUUR 28 Voorstelling ESP (Canadian Association of Road Safety Professionals, sd)	106
FIGUUR 29 Ondertekend masterproefcontract	162
FIGUUR 30 Ondertekende geheimhouding	165

Lijst van tabellen

TABEL 1 Schematisch overzicht van de relevante onderzoeken betreffende de relatie tussen weersomstandigheden en het aantal verkeersongevallen	50
TABEL 2 Odds-ratio per type verkeersongeval met/zonder neerslag in de winter ...	68
TABEL 3 Odds-ratio per type verkeersongeval met/zonder neerslag in de zomer ...	70
TABEL 4 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van vorsturen in de winter.	73
TABEL 5 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van gemiddelde temperatuur in de winter.....	74
TABEL 6 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van gemiddelde temperatuur in de zomer.....	75
TABEL 7 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van mist in de winter	77
TABEL 8 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van mist in de zomer	79
TABEL 9 Samenvatting odds-ratio's.....	93
TABEL 10 Voorspellingen weersvariabelen in 2050 (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)	95
TABEL 11 Aantal (voorspelde) dodelijke verkeersongevallen in de winter in 2050 in Nederland op basis van hoeveelheid neerslag	97
TABEL 12 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met materiële schade in de zomer in 2050 in Nederland op basis van hoeveelheid neerslag	98
TABEL 13 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met letsels in de winter in 2050 in Nederland op basis van het aantal uur intervallen mist.....	99
TABEL 14 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met materiële schade in de winter in 2050 in Nederland op basis van het aantal uur intervallen mist.....	100
TABEL 15 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met letsels in de zomer in 2050 in Nederland op basis van het aantal uur intervallen mist.....	101
TABEL 16 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met materiële schade in de zomer in 2050 in Nederland op basis van het aantal uur intervallen mist.....	102
TABEL 17 Conclusie predicties 2050 per klimaatscenario	111
TABEL 18 Aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter per provincie per jaar	123
TABEL 19 Aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer per provincie per jaar	123
TABEL 20 Aantal verkeersongevallen met letsels in de winter per provincie per jaar	124
TABEL 21 Aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer per provincie per jaar	124
TABEL 22 Aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter per provincie per jaar	125
TABEL 23 Aantal verkeersongevallen met materiële schade in de zomer per provincie per jaar	125
TABEL 24 Aantal uren met neerslag in de winter (in %)	126
TABEL 25 Aantal uren zonder neerslag in de winter (in %)	126
TABEL 26 Aantal dodelijke verkeersongevallen die plaatsvinden bij neerslag in de winter (in %)	126
TABEL 27 Aantal dodelijke verkeersongevallen die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de winter (in %).....	126
TABEL 28 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen in de winter op basis van neerslag	126

TABEL 29 Aantal verkeersongevallen met letsels die plaatsvinden bij neerslag in de winter (in %)	126
TABEL 30 Aantal verkeersongevallen met letsels die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de winter (in %).....	127
TABEL 31 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels in de winter op basis van neerslag	127
TABEL 32 Aantal verkeersongevallen met materiële schade die plaatsvinden bij neerslag in de winter (in %)	127
TABEL 33 Aantal verkeersongevallen met materiële schade die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de winter (in %).....	127
TABEL 34 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade in de winter op basis van neerslag	127
TABEL 35 Aantal uren met neerslag in de zomer (in %)	128
TABEL 36 Aantal uren zonder neerslag in de zomer (in %)	128
TABEL 37 Aantal dodelijke verkeersongevallen die plaatsvinden bij neerslag in de zomer (in %)	128
TABEL 38 Aantal dodelijke verkeersongevallen die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de zomer (in %).....	128
TABEL 39 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen in de zomer op basis van neerslag	128
TABEL 40 Aantal verkeersongevallen met letsels die plaatsvinden bij neerslag in de zomer (in %)	129
TABEL 41 Aantal verkeersongevallen met letsels die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de zomer (in %).....	129
TABEL 42 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels in de zomer op basis van neerslag	129
TABEL 43 Aantal verkeersongevallen met materiële schade die plaatsvinden bij neerslag in de zomer (in %)	129
TABEL 44 Aantal verkeersongevallen met materiële schade die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de zomer (in %).....	129
TABEL 45 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade in de zomer op basis van neerslag	129
TABEL 46 Aantal uren met temperatuur <0°C in de winter (in %)	130
TABEL 47 Aantal uren met temperatuur >0°C in de winter (in %)	130
TABEL 48 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur <0°C in de winter (in %).....	130
TABEL 49 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur >0°C in de winter (in %).....	130
TABEL 50 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van temperatuur.....	130
TABEL 51 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur <0°C in de winter (in %)	131
TABEL 52 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur >0°C in de winter (in %)	131
TABEL 53 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van temperatuur.....	131

TABEL 54 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur <0°C in de winter (in %)	131
TABEL 55 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur >0°C in de winter (in %)	131
TABEL 56 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van temperatuur	131
TABEL 57 Aantal uren met temperatuur <3°C in de winter (in %)	132
TABEL 58 Aantal uren met temperatuur >3°C in de winter (in %)	132
TABEL 59 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur <3°C in de winter (in %)	132
TABEL 60 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur >3°C in de winter (in %)	132
TABEL 61 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van de gemiddelde temperatuur in de winter	132
TABEL 62 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur <3°C in de winter (in %)	133
TABEL 63 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur >3°C in de winter (in %)	133
TABEL 64 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van de gemiddelde temperatuur in de winter	133
TABEL 65 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur <3°C in de winter (in %)	133
TABEL 66 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur >3°C in de winter (in %)	133
TABEL 67 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van de gemiddelde temperatuur in de winter	133
TABEL 68 Aantal uren met temperatuur <16,3°C in de zomer (in %)	134
TABEL 69 Aantal uren met temperatuur >16,3°C in de zomer (in %)	134
TABEL 70 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur <16,3°C in de zomer (in %)	134
TABEL 71 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur >16,3°C in de zomer (in %)	134
TABEL 72 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van de gemiddelde temperatuur in de zomer	134
TABEL 73 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur <16,3°C in de zomer (in %)	135
TABEL 74 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur >16,3°C in de zomer (in %)	135
TABEL 75 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van de gemiddelde temperatuur in de zomer	135
TABEL 76 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur <16,3°C in de zomer (in %)	135
TABEL 77 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur >16,3°C in de zomer (in %)	135
TABEL 78 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van de gemiddelde temperatuur in de zomer	135
TABEL 79 Aantal uren mist in de winter	136

TABEL 80 Absoluut aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de winter	136
TABEL 81 Absoluut aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de winter	136
TABEL 82 Absoluut aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de winter	136
TABEL 83 Aantal uren mist in de zomer	137
TABEL 84 Absoluut aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de zomer	137
TABEL 85 Absoluut aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de zomer	137
TABEL 86 Absoluut aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de zomer	137
TABEL 87 Aantal uren met mist in de winter (in %)	138
TABEL 88 Aantal uren zonder mist in de winter (in %)	138
TABEL 89 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de winter (in %)	138
TABEL 90 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij afwezigheid van mist in de winter (in %)	138
TABEL 91 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van mist in de winter.....	138
TABEL 92 Aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de winter (in %)	138
TABEL 93 Aantal verkeersongevallen met letsels bij afwezigheid van mist in de winter (in %)	139
TABEL 94 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van mist in de winter.....	139
TABEL 95 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de winter (in %).....	139
TABEL 96 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij afwezigheid van mist in de winter (in %).....	139
TABEL 97 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van mist in de winter.....	139
TABEL 98 Aantal uren met mist in de zomer (in %)	140
TABEL 99 Aantal uren zonder mist in de zomer (in %)	140
TABEL 100 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de zomer (in %)	140
TABEL 101 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij afwezigheid van mist in de zomer (in %)	140
TABEL 102 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van mist in de zomer.....	140
TABEL 103 Aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de zomer (in %).....	140
TABEL 104 Aantal verkeersongevallen met letsels bij afwezigheid van mist in de zomer (in %)	141
TABEL 105 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van mist in de zomer.....	141
TABEL 106 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de zomer (in %).....	141
TABEL 107 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij afwezigheid van mist in de zomer (in %).....	141
TABEL 108 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van mist in de zomer ³⁷	141

Inleiding

Klimaat omvat “het gemiddelde weer”, een statische beschrijving van het weer over een periode van 30 jaar, aldus het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Concreet betekent dit dat het klimaat een geheel van weersomstandigheden is zoals temperatuur, wind en neerslag die gedurende een bepaalde periode kenmerkend zijn op een bepaalde locatie. Dit alles wordt beïnvloedt door enkele factoren zoals de atmosferische circulatie¹, de stromingen in de oceaan, het reliëf en ook door de hoeveelheid zonne-energie die de aardoppervlakte ontvangt. Het klimaat en het weer mag niet met elkaar verward worden. Het weer heeft betrekking op de weersomstandigheden op korte termijn, terwijl het klimaat de weersomstandigheden bekijkt op lange termijn (Klimaat.be, n.d.).

De opwarming van de aarde is een natuurlijk verschijnsel; de atmosfeer rond onze planeet zorgt al miljoenen jaren voor een fenomeen dat het leven op aarde beschermt tegen de warmte. Dit fenomeen wordt het broeikaseffect genoemd. Naast dit natuurlijk verschijnsel, spelen de menselijke activiteiten ook een grote rol. Door verbranding van fossiele brandstoffen, die nodig zijn om te voldoen aan de steeds sneller groeiende vraag naar energie, komen er meer en meer hoeveelheden broeikasgassen in de atmosfeer terecht.

Hoewel het klimaat nooit stabiel is geweest, bevestigen ruim 2.000 klimaatexperten van het IPCC de relatie tussen de wereldwijde temperatuurstijging en de menselijke activiteiten die zorgen voor de uitstoot van broeikasgassen. De gevolgen zijn steeds beter merk- en meetbaar. Een opwarming van de atmosfeer en de oceanen, wijziging in frequentie van neerslag, afname in hoeveelheid sneeuw en ijs, de snellere verzuring van de oceaan zijn slechts een aantal voorbeelden van de problematiek die zich op dit ogenblik aan het voltrekken is (Klimaat.be, n.d.).

Deze masterproef wordt opgesteld met als doel te schatten wat de gevolgen zijn op vlak van de verkeersveiligheid indien de klimaatverandering zich doorzet. Tot op heden zijn er nog niet extreem veel onderzoeken gevoerd naar de relatie tussen de klimaatverandering en de verkeersveiligheid. Toch zijn er al wel veel studies uitgevoerd die de relatie tussen bepaalde weersvariabelen en het aantal verkeersongevallen trachten te verklaren. Met behulp van zowel meteodata als verkeersongevallendata zal de student binnen deze masterproef trachten te voorspellen of er meer en/of minder verkeersongevallen zullen plaatsvinden in het jaar 2050 in Nederland. Dit zal gebeuren aan de hand van verkeersongevallengegevens uit de provincies Utrecht, Noord-Holland, Zeeland, Limburg en Groningen en dit voor de periode tussen 1 januari 2009 tot en met 31 december 2018. Voor desbetreffende onderzoeksperiode wordt ook de meteodata

¹ De atmosferische circulatie is de verplaatsing op grote schaal van lucht in de atmosfeer. Samen met de oceanische circulatie is dit de manier waarop de warmte door convectie wordt verspreid over het aardoppervlak (Wikipedia, 2019).

geraadpleegd van vijf meetstations die zich in deze provincies bevinden. De drie weersvariabelen die van belang zijn voor dit onderzoek zijn temperatuur, neerslag en mist. Op dit ogenblik zijn er vier klimaatscenario's opgesteld voor Nederland in het jaar 2050. Op basis van voorspellingen voor de drie weersvariabelen zullen significante regressiemodellen het aantal verkeersongevallen in 2050 schatten. Dit zal voor zowel de winter (de maanden december, januari en februari) als voor de zomer (de maanden juni, juli en augustus) gebeuren.

De opbouw van deze masterproef ziet er als volgt uit. Eerst en vooral zal er gestart worden vanuit de centrale probleemstelling die het probleem aankaart van klimaatverandering. Vervolgens worden de onderzoeksvragen opgesteld. Dit betreft zowel de hoofdonderzoeksvraag die focust op het effect van klimaatverandering op het aantal verkeersongevallen. Tevens zijn er enkele deelonderzoeksvragen opgesteld die de uitwerking van de hoofdonderzoeksvraag ondersteunen. Hierna worden de doelstellingen van de masterproef besproken. Dit hoofdstuk is tweedelig; enerzijds zijn er de doelstellingen van de masterproef zelf en anderzijds zijn er de doelstellingen van het onderzoek.

Na de omschrijving van de probleemstelling, de onderzoeksvragen en de doelstellingen wordt het literatuuronderzoek uitgevoerd en beschreven. Er zal gefocust worden op het klimaat en op de verkeersongevallen. Enkele vragen die beantwoordt zullen worden zijn:

- Welke factoren dragen bij tot de klimaatverandering?
- Welke effecten brengt klimaatverandering met zich mee?
- Wat zijn de toekomstperspectieven voor Nederland?
- Welke oplossingen zijn er voorhanden om de negatieve effecten van klimaatverandering tegen te gaan?
- Wat is de invloed van weersomstandigheden op het menselijk gedrag?
- Wat is de invloed van klimaatverandering op het aantal verkeersongevallen?

Vervolgens wordt de methodologie beschreven om de masterproef te voltooien. Het betreft een data-analyse waarbij er zowel beschrijvende als inferentiële statistieken worden gebruikt. Deze statistieken hebben betrekking op de weersvariabelen en het aantal verkeersongevallen binnen de onderzoeksperiode. Eerst worden deze apart behandeld waarna ze aan elkaar gelinkt zullen worden. In deze fase zal gekeken worden of er een significant verband is tussen beide met behulp van lineaire regressie. Indien dit het geval is, zal het regressiemodel worden gebruikt om in het hoofdstuk hierop volgend een predictie te doen over de verkeersongevallen op basis van die weersvariabele in het jaar 2050. De vier opgestelde klimaatscenario's in Nederland voor het jaar 2050 zullen hierbij de basis vormen.

In de discussie zullen de resultaten uit de data-analyse van naderbij bekeken worden en zullen er bepaalde kritieke aandachtspunten worden aangehaald. Tevens zal er worden aangehaald met welke moeilijkheden of aannames deze

masterproef is opgesteld. In het hoofdstuk betreffende de aanbevelingen worden er enkele voorstellen gegeven om de negatieve effecten van de klimaatverandering op de verkeersveiligheid tegen te gaan.

Uiteindelijk zal de masterproef eindigen met de conclusie die de belangrijkste zaken uit deze masterproef zal bundelen en een alomvattend beeld zal vormen voor de toekomst indien de klimaatverandering zich voortzet zoals de voorspellingen voorschrijven. Na dit hoofdstuk wordt de bibliografie weergegeven waarin de geraadpleegde websites, wetenschappelijke papers en andere zaken alfabetisch worden opgesomd die gebruikt zijn in deze masterproef. Tot slot zal er in de bijlagen informatie worden weergegeven die van belang is in deze masterproef maar niet relevant genoeg was om in de eigenlijke tekst te plaatsen. Dit heeft voornamelijk betrekking op berekeningen, tabellen en de output uit IBM SPSS Statistics.

1. Probleemstelling

Door verbranding van fossiele brandstoffen komen er steeds meer hoeveelheden broeikasgassen terecht in de atmosfeer. Deze verbranding is onder andere te wijten aan menselijke activiteiten zoals industriële processen, productie van energie, landbouw en transport. Door de toename in hoeveelheid broeikasgassen in de atmosfeer wordt het evenwicht binnen de koolstofcyclus verstoord waardoor het broeikas effect wordt versterkt en er een temperatuurstijging teweeg wordt gebracht. Verzuring van de oceaan, afname in hoeveelheid ijs en sneeuw en wijziging in frequentie van de neerslag zijn slechts enkele voorbeelden die deze klimaatverandering aantonen (Klimaat.be, n.d.).

Naast de klimatologische gevolgen zijn er ook gevolgen merkbaar binnen de mobiliteit. Het spoor-, weg en maritiem vervoer alsook de luchtvaart ondervinden over het algemeen negatieve gevolgen die veroorzaakt worden door de klimaatverandering (bv. schade aan infrastructuur). Deze gevolgen brengen extra kosten met zich mee, wat nefast is voor de reizigers en de producten die vervoerd worden. Hogere (vervoer)kosten en langere afstanden die moeten afgelegd worden zijn slechts enkele voorbeelden hiervan (Klimaat.be, n.d.).

Tot slot hebben de weersomstandigheden weldegelijk een invloed op het aantal verkeersongevallen, zo bevestigen verschillende internationale studies (Al-Ghamdi, 2007; Bos, 2001; Brijs, Hermans, Stiers, & Offermans, 2007; Focant & Martensen, 2014; Fridstrøm, Ifver, Ingebritsen, Kulmala, & Krogsgård Thomsen, 1995; Keay & Simmonds, 2005; Shankar, Mannering, & Barfield, 1995; Smith, 1982; W. Black, Villarini, & L. Mote, 2017). Deze masterproef zal daarom trachten om de invloed van de veranderende weersomstandigheden, veroorzaakt door klimaatverandering, op het aantal verkeersongevallen te schatten en aanbevelingen te geven om de negatieve effecten terug te dringen.

2. Onderzoeksvragen

2.1. Hoofdonderzoeksvraag

De hoofdonderzoeksvraag voor deze masterproef wordt geformuleerd als volgt: "Welke significante effecten hebben de veranderende weersomstandigheden, veroorzaakt door klimaatverandering, op het aantal verkeersongevallen in de toekomst?". Om deze hoofdonderzoeksvraag op een goede manier te kunnen beantwoorden zal er onderscheid gemaakt worden tussen dodelijke verkeersongevallen, verkeersongevallen met letsels en verkeersongevallen met materiële schade. Hierbij zal de relatie tussen deze verkeersongevallen en drie weersvariabelen (neerslag, temperatuur en mist) van naderbij bekeken worden. Dit gebeurt voor zowel de winter (de maanden december, januari en februari) als voor de zomer (de maanden juni, juli en augustus).

2.2. Deelonderzoeksvragen

Bij de hoofdonderzoeksvraag worden nog enkele deelonderzoeksvragen geformuleerd, zodanig dat deze onderzoeksvraag goed omkadert kan worden. De deelonderzoeksvragen die betrekking hebben tot de literatuurstudie zijn;

- Wat is klimaatverandering?;
- Hoe komt klimaatverandering tot stand?;
- Wat zijn de voorspellingen naar de toekomst toe op vlak van klimaat en veranderende weersomstandigheden?;
- Welke mitigerende alsook adaptieve maatregelen kunnen er genomen worden om de negatieve gevolgen van de klimaatverandering op te vangen?;
- Welke studies zijn er reeds uitgevoerd die nauw samenhangen aan het onderwerp van deze masterproef?.

De deelonderzoeksvragen die betrekking hebben op de data-analyse zijn;

- Welke invloed hebben de huidige weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen?
 - Hoeveel verkeersongevallen (onderverdeeld per type) vinden er plaats op dagen met neerslag, een bepaalde temperatuur of bij mist?
 - Zijn er bepaalde weersvariabelen waarbij er geen significante relatie is tussen deze variabelen en het aantal verkeersongevallen?;
- Welke invloed hebben de toekomstige weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen?
 - Hoeveel verkeersongevallen (onderverdeeld per type) vinden er plaats op dagen met neerslag, een bepaalde temperatuur of bij mist?;
- Zijn er bepaalde tekortkomingen of onzekerheden die de toekomstige voorspelling in het gedrang kunnen brengen?.

3. Doelstellingen

3.1. Doelstellingen masterproef

De algemene doelstelling van opleidingsonderdelen 3085 'Masterproef deel 1' en 3086 'Masterproef deel 2' is dat de student kan aantonen dat hij het vakgebied van de Mobiliteitswetenschappen, in dit geval specifiek het vakgebied 'Verkeersveiligheid', voldoende beheerst. Tevens dienen beide opleidingsonderdelen om na te gaan of de student voldoende vaardigheden bezit om wetenschappelijke methodes toe te passen, zelfstandig problemen kan stellen en vervolgens op te lossen en dat de student de nodige mondelinge en schriftelijke capaciteiten bezit om dit alles voor te stellen (Neven, Wets, Brijs, & Janssens, 2019).

3.2. Doelstellingen onderzoek

De doelstelling van deze masterproef met als onderwerp 'Invloed van de klimaatverandering op de verkeersveiligheid' is om een antwoord te kunnen bieden op de onderzoeksvra(a)g(en) die zijn opgesteld in hoofdstuk '2. Onderzoeksvragen' van deze masterproef.

Concreet betekent dit dat de student zal trachten te voorspellen welke invloed het veranderende klimaat zal hebben op het aantal verkeersongevallen in de toekomst.

Tot slot tracht de student met behulp van deze masterproef bij te dragen aan de reeds verschillende onderzoeken die zijn uitgevoerd omtrent het onderwerp. Door de bekomen resultaten hoopt de student een beter inzicht te geven aan andere onderzoekers en geïnteresseerde lezers inzake de relatie tussen de klimaatverandering en de verkeersveiligheid. Het uiteindelijke doel van de student is om met behulp van deze masterproef bij te dragen aan een meer verkeersveilige omgeving in de nabije toekomst.

4. Literatuuronderzoek

4.1. Klimaat

4.1.1. Het (natuurlijke) broeikaseffect

De aarde ontvangt licht en warmte (kortom: energie) van de zon. De ene helft van deze energie wordt door de atmosfeer² en het aardoppervlak gereflecteerd. De andere helft wordt geabsorbeerd door het aardoppervlak en warmt de aarde op. Vervolgens wordt de warmte opwaarts terug gestraald. Een deel hiervan straalt terug de ruimte in terwijl het overige deel doormiddel van broeikasgassen (CO₂, H₂O, CH₄, O₃ en N₂O) in de atmosfeer geabsorbeerd wordt en terug naar de aarde gestuurd wordt.

Hierdoor vindt er een continu uitwisseling van stralingen plaats tussen het aardoppervlak en de atmosfeer waardoor er een opwarming ontstaat. Concreet betekent dit dat de atmosfeer voor een warmte-isolerend effect zorgt wat het natuurlijke broeikaseffect wordt genoemd.

Indien de atmosfeer er niet zou zijn, zou leven op aarde onmogelijk zijn aangezien de atmosfeer enerzijds zuurstof (O₂) levert die de levende organismen kunnen inademen en anderzijds koolstofdioxide (CO₂) levert aan de planten die deze nodig hebben om te kunnen groeien. De broeikasgassen zorgen ervoor dat de gemiddelde temperatuur op de aarde (op dit ogenblik) 15°C bedraagt. Zonder dit broeikaseffect zou het te koud zijn voor levende organismen (volgens berekeningen zou de aarde zonder atmosfeer een gemiddelde temperatuur bezitten van -18°C wat betekent dat het broeikaseffect voor een temperatuurstijging van 33°C zorgt) (WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel, 2013).



FIGUUR 1 Voorstelling van het natuurlijke broeikaseffect (WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel, 2013)

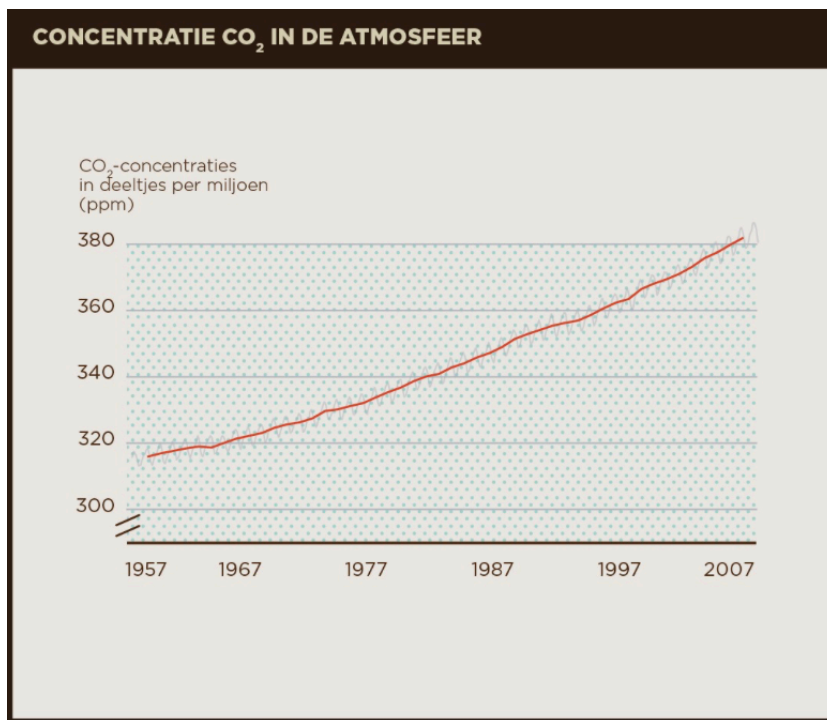
² De atmosfeer is de omringende laag van de aarde die gevormd wordt door gassen (WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel, 2013).

4.1.2. Opwarming van de aarde door menselijke activiteit

De huidige opwarming van de aarde is te wijten aan de toename van broeikasgassen (voornamelijk CO₂) in de atmosfeer. De globale gemiddelde temperatuur³ is sinds 1880 met 0,85°C gestegen. Deze toename is problematisch te noemen omdat de laatste ijstijd (dus gedurende meer dan 10.000 jaar) de globale gemiddelde temperatuur nagenoeg stabiel bleef.

De toename van broeikasgassen is voornamelijk te wijten door menselijke activiteit veroorzaakt door de verbranding van fossiele brandstoffen bij industriële activiteiten, energieproductie, landbouw en transport.

Sinds 1850 is de concentratie CO₂ in de atmosfeer gestegen met 40% (van 280 ppm naar +/- 400 ppm)⁴. Hiernaast zijn de concentraties van andere broeikasgassen ook sterk toegenomen (WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel, 2013).



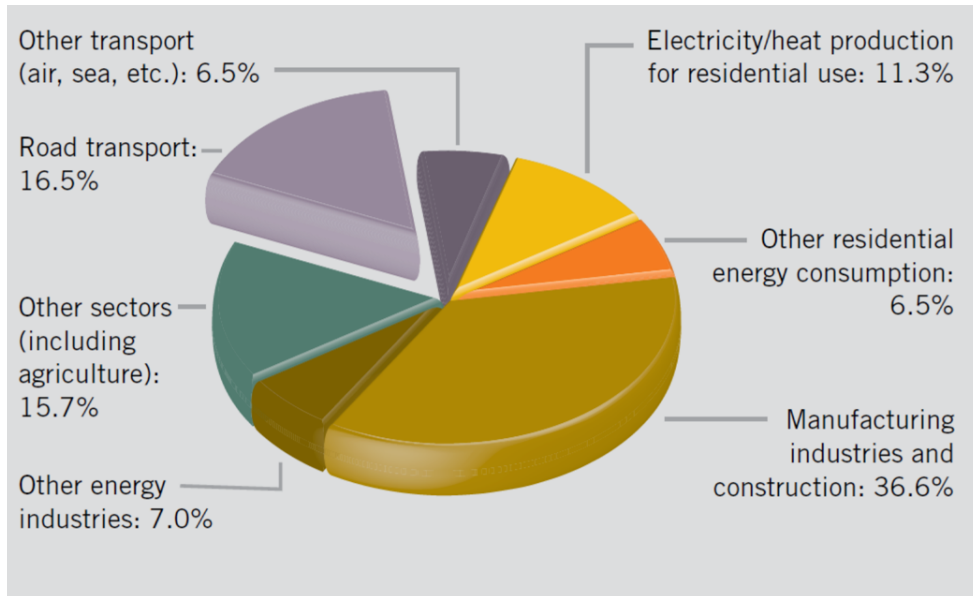
FIGUUR 2 Evolutie concentratie CO₂ in de atmosfeer (WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel, 2013)

³ De globale temperatuur is de gemiddelde temperatuur aan het aardoppervlak gemeten op de volledige planeet (WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel, 2013).

⁴ Ppm is de afkorting voor parts per million (deeltjes per miljoen) (Uytterhoeven, Ver Heyen, & Schepers, 2016).

4.1.3. Invloed van transport op de klimaatverandering

In 2010 was het transport wereldwijd verantwoordelijk voor 23% van de totale uitstoot koolstofdioxide. Verder vormt de industrie een belangrijke speler wat betreft de uitstoot van koolstofdioxide (World Health Organization, n.d.).



FIGUUR 3 CO₂-emissie per sector (World Health Organization, n.d.)

4.1.3.1. Invloed van dieselvoertuigen op klimaatverandering

Dieselvoertuigen zijn een van de grootste bronnen van de productie van zwarte koolstof. Dit heeft naast een enorm opwarmend effect ook een belangrijk aandeel wat betreft de luchtverontreiniging (zwevende deeltjes). Deze deeltjes hebben een belangrijke invloed op de totale mortaliteit en morbiditeit als gevolg van de luchtverontreiniging.

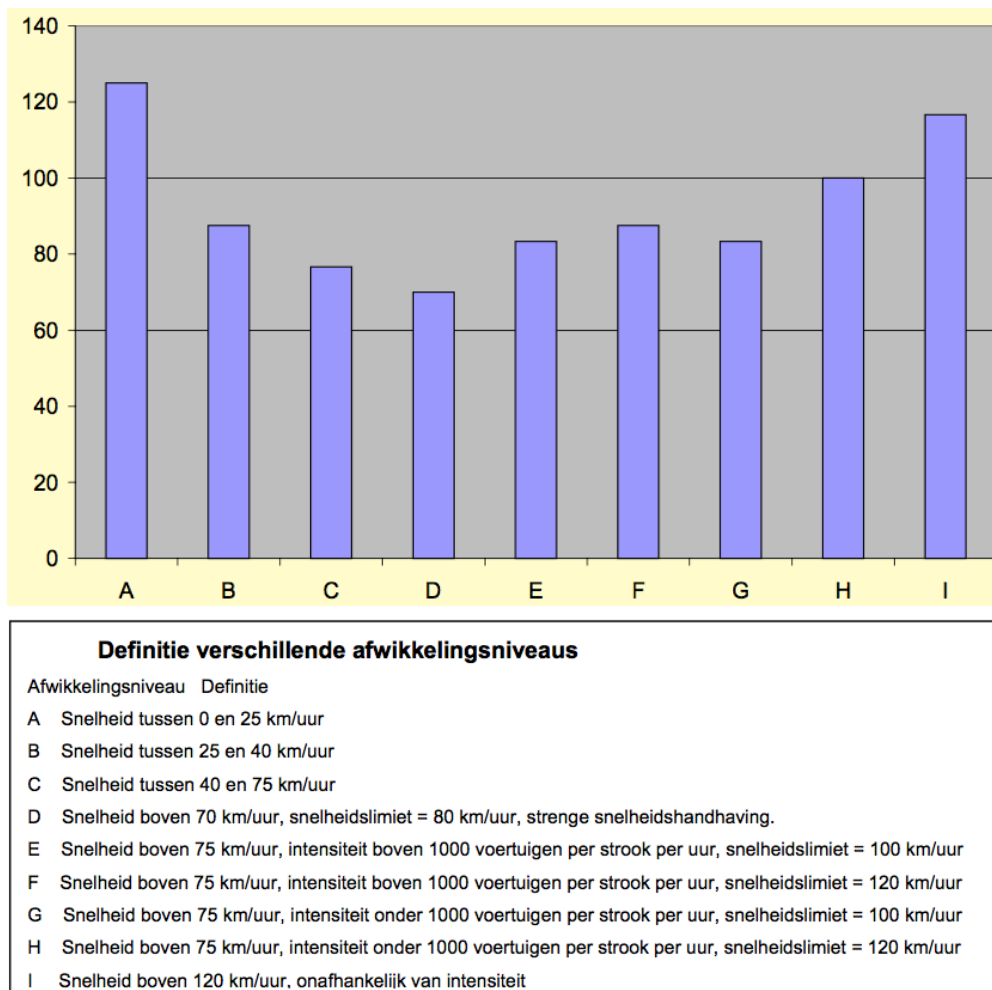
Deze zwarte koolstof levert, naast CO₂, de op een na grootste bijdrage aan de opwarming van de aarde. Aangezien zwarte koolstof slechts enkele weken in de atmosfeer aanwezig blijft en vele malen krachtiger is dan CO₂ zouden maatregelen om de hoeveelheid zwarte koolstof te verminderen, meteen effect kunnen hebben op de klimaatverandering (World Health Organization, n.d.).

4.1.3.2. Invloed van congestie op de luchtkwaliteit en klimaatverandering

Congestie kan verschillende oorzaken kennen zoals verkeersongevallen, drukte tijdens spitsuren waardoor de infrastructuur (het aanbod) de vraag niet kan beantwoorden, wegenwerken, etc. Wanneer voertuigen terecht komen in dergelijke files, zullen deze meer brandstof verbruiken dan voertuigen die aan een constante snelheid rijden.

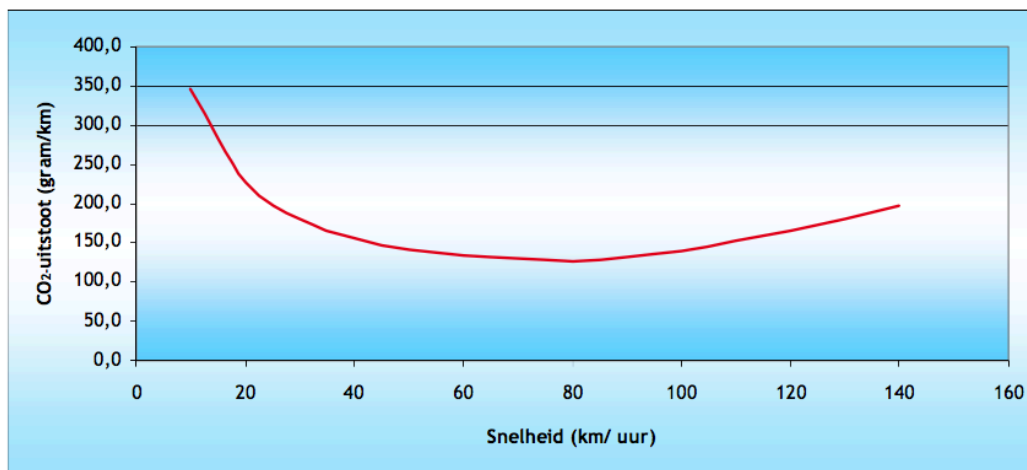
Indien er sprake is van congestie, zullen voertuigen voortdurend moeten accelereren en decelereren en zal het voertuig meer brandstof eisen om deze activiteiten te volbrengen. Het gevolg van deze toename in brandstofverbruik is dat er dus meer luchtvervuiling plaatsvindt (Hermes, 2012).

Toch is het verband tussen de rijnsnelheid en de luchtvervuiling niet perfect lineair. Volgens een studie van den Boer & Vermeulen (2004) zal het brandstofverbruik stijgen bij congestie en hoge snelheden. Figuur 4 toont aan dat de ideale snelheid tussen de 70 en 80 km/u gelegen is (scenario D op figuur 4) (den Boer & Vermeulen, 2004).



FIGUUR 4 Relatieve CO₂-emissies voor personenvervoer (den Boer & Vermeulen, 2004)

Otten & van Essen (2009) toonden met hun studie eveneens aan dat het brandstofverbruik bij congestie hoger is in vergelijking met rijden tegen een constante snelheid. Indien de voertuigdynamiek (accelereren en decelereren) van de voertuigen op autosnelwegen van naderbij bekeken wordt, wordt duidelijk dat bij lagere snelheden meer wordt versneld en afgeremd waardoor er een toename is in brandstofverbruik, wat op zijn beurt een toename in CO₂-uitstoot met zich meebrengt. Uit figuur 5 kan worden opgemaakt dat de optimale snelheid op een autosnelweg vastgelegd kan worden op +/- 80 km/u indien er enkel en alleen rekening wordt gehouden met de uitstoot van het voertuig (Otten & van Essen, 2009).



FIGUUR 5 Relatie tussen de gemiddelde snelheid van het voertuig (in km/u) en de CO₂-uitstoot (in g/km) (Otten & van Essen, 2009)

4.1.4. Algemene gevolgen van de klimaatverandering

Door de reeds eerder genoemde menselijke activiteiten zal de natuurlijke opslag van CO₂ in het gedrang komen. Dit betekent dat het evenwicht in de koolstofcyclus wordt verstoord en de concentraties aan broeikasgassen in de atmosfeer het natuurlijke broeikaseffect versterken. Dit laatste noemen we het menselijk broeikaseffect.

Doordat het warmte-isolerend effect van de atmosfeer wordt versterkt, stijgt de gemiddelde temperatuur alsook de globale klimaatverandering⁵.

Typische kenmerken van de klimaatverandering zijn naast een temperatuurstijging een toename in extreme neerslagperiodes (met een stijging van het zeespiegelniveau) waardoor de kans op overstromingen op zijn beurt toeneemt. Naast de vergrote kans op extreme neerslagperiodes vergroot de kans op extreme droogte eveneens waardoor de drinkwatervoorziening in gevaar kan worden gebracht (Europa Nu, n.d.).

⁵ "Klimaatverandering is de verandering van het gemiddelde weertype of klimaat over een bepaalde periode. De verandering manifesteert zich het duidelijkst in een stijging of daling van de gemiddelde temperatuur, veranderingen van luchtstromingen en van de waterkringloop en daarmee van de bewolking en de hoeveelheid neerslag op aarde" (WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel, 2013).

4.1.5. Gevolgen van de klimaatverandering toegepast op de mobiliteit

De algemene gevolgen van de klimaatverandering hebben een grote impact op het vervoer en zijn infrastructuur. Enerzijds zijn er de negatieve gevolgen zoals verkeersongevallen, economische verliezen, vertragingen, kosten voor herstellingen door te lange blootstelling aan hitte, etc. Anderzijds kan de klimaatverandering ook positieve gevolgen kennen zoals een verbetering en langere levensduur van het wegdek doordat er een afname is in het aantal vorstdagen. Hierdoor kan er materiaal ontworpen worden dat bestand moet zijn tegen hoge(re) temperaturen en niet zozeer aan zowel hoge(re) en lage(re) temperaturen (Klimaat.be, n.d.).

4.1.5.1. Gevolgen van de klimaatverandering toegepast op het spoorvervoer

De gevolgen van de extreme warmte kunnen de rails doen uitzetten of vervormen⁶. Ook de apparatuur en de wagons kunnen oververhit geraken waardoor het comfort van de reiziger in het gedrang komt. Ook vertragingen (door omgevallen bomen op het spoor veroorzaakt door stormperiodes, aardverschuivingen veroorzaakt door hevige neerslag, etc.) kunnen het (reis)comfort van de reiziger aantasten. Verder zullen ook de bovenleidingen moeten aangepast worden aan de extremere weersomstandigheden. Volgens experts zal het spoorvervoer de grootste impact kennen van de klimaatverandering en zullen de kosten fors stijgen. Concreet betekent dit dat er veel directe en indirecte kosten gemaakt zullen moeten veroorzaakt door vertragingen, omleidingen, aanpassing van de infrastructuur, etc. (Klimaat.be, n.d.).

4.1.5.2. Gevolgen van de klimaatverandering toegepast op het wegvervoer

De verwachte temperatuurstijging kan ervoor zorgen dat het wegdek wordt beschadigd. Enerzijds kan het asfalt smelten (indien het niet gemaakt is uit gewapend beton) en anderzijds kan het wegdek omhoogkomen (indien het gemaakt is uit betonplaten) doormiddel van een opstuwning van het wegdek (Huyghebaert, 2018). Ook kan hevige neerslag onverharde wegen, bruggen en tunnels onveilig alsook onberijdbaar maken.

Deze gevolgen kunnen te allen tijde ook rechtstreeks gevolgen hebben voor de verkeersveiligheid omwille van het feit dat de omstandigheden een van de oorzaken kunnen zijn bij verkeersongevallen.

⁶ De spoorwegen in België zijn afgesteld op een temperatuur van 25°C. Per graad dat de temperatuur stijgt, vermeerderd de druk op de rails met anderhalve ton (Huyghebaert, 2018).

4.1.5.3. Gevolgen van de klimaatverandering toegepast op de luchtvaart

Langdurige warme periodes zullen de landingsbanen beschadigen waardoor bodemafkoeling noodzakelijk wordt. Bovendien zorgt een temperatuurstijging ervoor dat de (warme) lucht een kleinere dichtheid heeft, wat op zijn beurt ervoor zorgt dat er minder druk wordt uitgeoefend op de vleugel en er dus moeilijker een zogenaamde "lift" gecreëerd kan worden. Dit vertaalt zich dan in een beperking van het maximumgewicht en/of een verlenging van de landingsbaan (Committee on Climate Change and U.S. Transportation, 2008).

Ook kunnen hevige neerslag en stormen bepaalde luchthaveninfrastructuren beschadigen en dus ook extra kosten met zich meebrengen (Klimaat.be, n.d.).

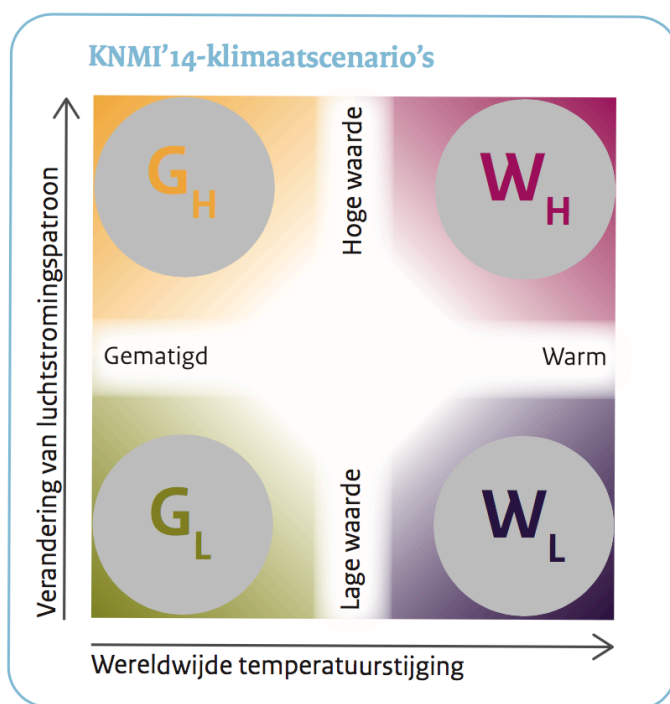
4.1.5.4. Gevolgen van de klimaatverandering toegepast op het maritiem vervoer

De extreme(re) neerslag en stormperiodes kunnen ervoor zorgen dat de routes moeten aangepast worden en de schepen langer onderweg zullen zijn, wat hogere kosten met zich meebrengt. De hogere temperaturen en de stijging van het zeespiegelniveau zorgen ervoor dat de kanalen moeten aangepast worden aangezien er veranderingen merkbaar zullen zijn in de afzettingssnelheid van zand op de bodem (Klimaat.be, n.d.).

Door de smeltende ijsgletsjers kunnen sommige routes binnen tientallen jaren ijsvrij zijn waardoor bepaalde transportroutes ingekort kunnen worden, wat een daling van de kosten met zich meebrengt. Een vermindering in het aantal sneeuw- en ijsdagen betekent bovendien dat er minder kosten gemaakt moeten worden betreffende het ijsvrij maken van bruggen en schepen (Committee on Climate Change and U.S. Transportation, 2008).

4.1.6. Toekomstige klimaatscenario's in Nederland⁷

Het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut heeft in 2014 vier verschillende toekomstige klimaatscenario's ontwikkeld voor Nederland. Deze scenario's zijn gericht op het jaar 2050 ten opzichte van de referentieperiode 1981-2010. Deze vier scenario's zijn een combinatie van twee waarden voor de wereldwijde temperatuurstijging, namelijk "gematigd" en "warm". Anderzijds zijn er in de scenario's ook twee waarden opgenomen voor mogelijke veranderingen in luchtstromingspatronen. Deze zijn "lage waarden" en "hoge waarden". Indien deze vier waarden gecombineerd worden, wordt onderstaande figuur bekomen en beschrijft het de vier mogelijke scenario's die van toepassing zijn voor Nederland tegen 2050 (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015).



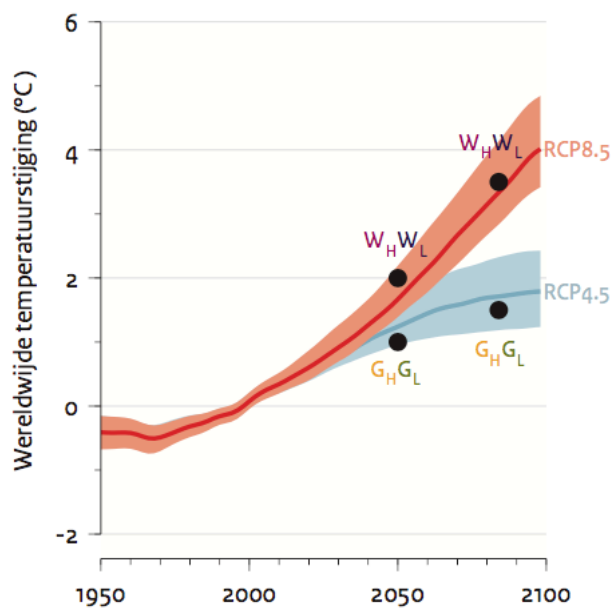
FIGUUR 6 Schematische voorstelling van de vier mogelijke klimaatscenario's (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)

Deze vier klimaatscenario's zijn gebaseerd op de klimaatverandering die waargenomen is en op recente berekeningen met wereldwijde klimaatmodellen die opgesteld zijn door het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), het klimaatpanel van de Verenigde Naties. Binnen deze vier scenario's die zijn opgesteld voor Nederland zal de klimaatverandering, veroorzaakt door de mens, zich waarschijnlijk voltrekken (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015).

⁷ "Een klimaatscenario is een aannemelijke en samenhangende voorstelling van het toekomstige klimaat, opgesteld om de mogelijke gevolgen van door de mens veroorzaakte klimaatveranderingen te onderzoeken" (F. Stocker, et al., 2013)

In de gematigde scenario's zal de temperatuur wereldwijd met 1 °C gestegen zijn in 2050 terwijl in het warm scenario de temperatuur in 2050 gestegen zal zijn met 2 °C, en dit beiden in vergelijking met de periode 1981-2010. Maar liefst 80% van de modelberekeningen zal tussen deze waarden vallen.

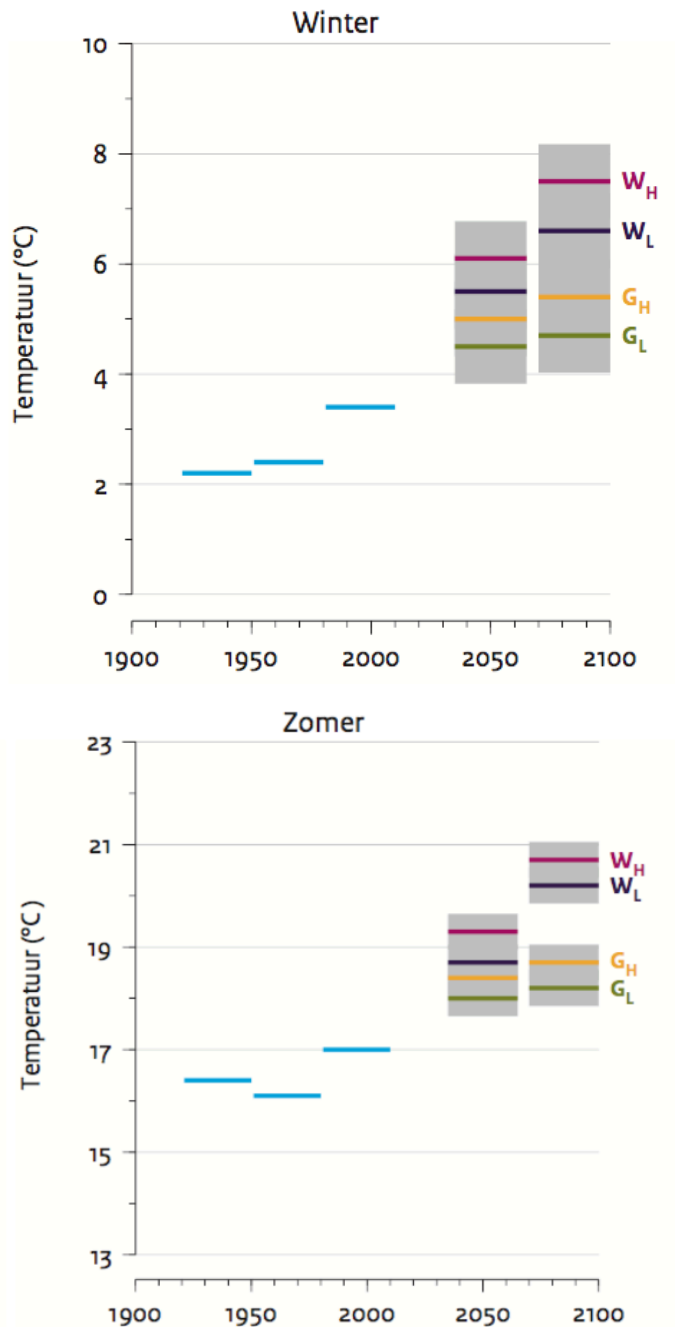
Verder zal in het "H-scenario" het in de winter vaker waaien uit het westen en ten opzichte van het "L-scenario" betekent dit dat in het "H-scenario" een zachter en natter weertype op te merken is. In de zomer daarentegen zorgt het "H-scenario" voor meer oostenwind, wat warmer en droger weer met zich meebrengt (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015).



FIGUUR 7 Wereldwijde temperatuurstijging sinds 1951 volgens modelberekeningen van het IPCC (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)

4.1.6.1. Temperatuur

Bij elk scenario zal er een temperatuurstijging op te merken zijn, waarbij in de winter (december, januari, februari) de gemiddelde toename het grootst is. Voorts krijgt de zomer te maken met meer tropische nachten (temperatuur >20 °C) en meer zomerse dagen (temperatuur >25 °C).

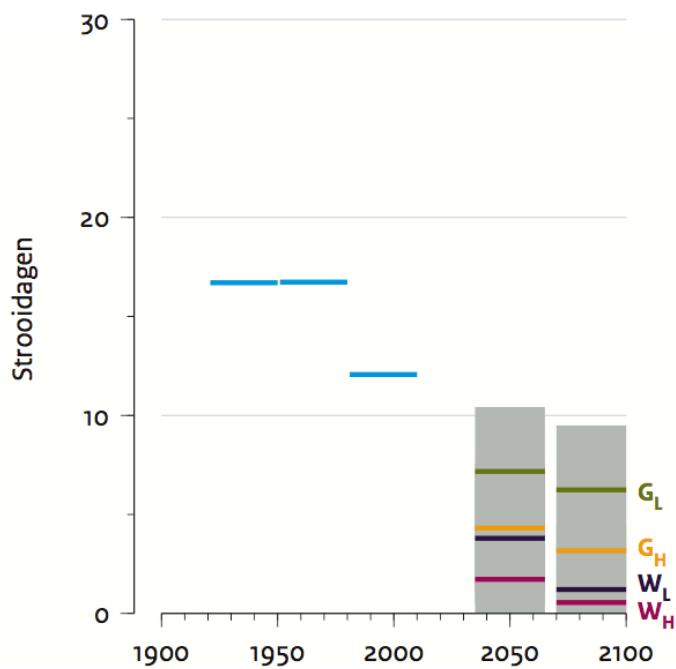


FIGUUR 8 Toekomstige winter- en zomertemperatuur in De Bilt (Nederland)⁸ (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)

⁸ De blauwe horizontale lijnen stellen de 30-jaar gemiddelden voor, terwijl de vier kleuren de verwachte gemiddelde temperatuur voorstellen per toekomstig klimaatscenario, samen met hun variatie in het grijs (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)

4.1.6.2. Wintergladheid

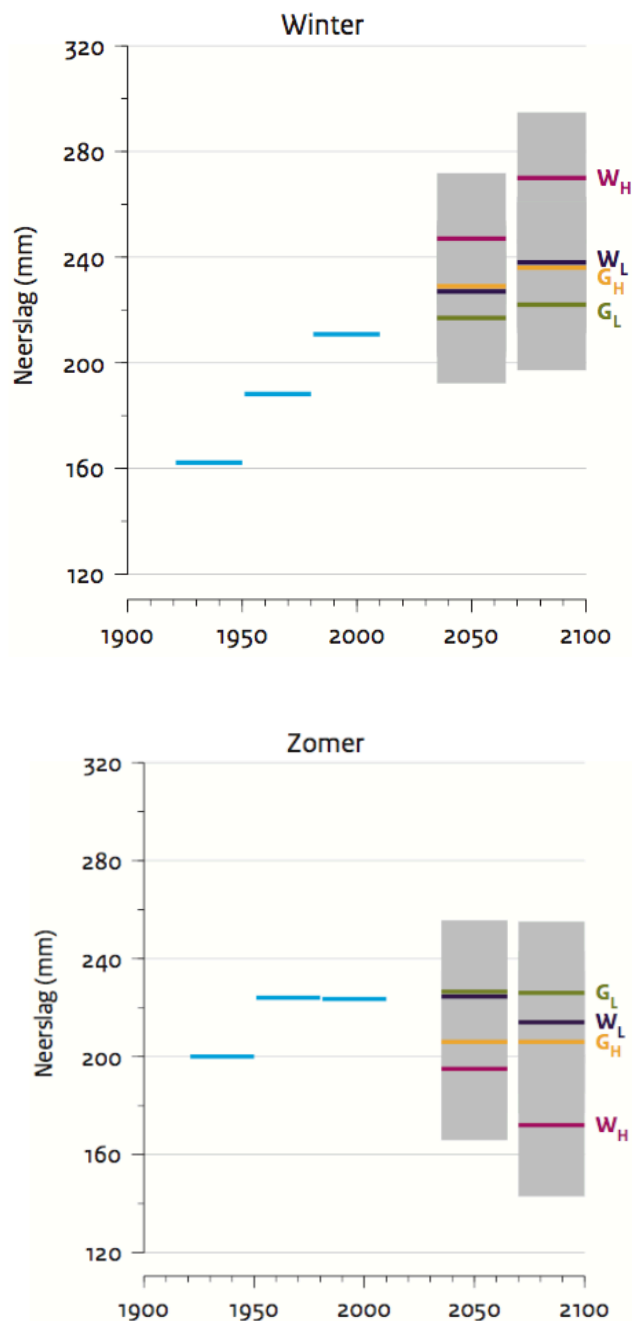
De klimaatopwarming heeft ook positieve gevolgen. Als er wordt gekeken naar de wintergladheid, de index per winter die aangeeft hoeveel dagen er gepaard zijn met sneeuwval of een dooi- of vorstaanval gecombineerd met neerslag kwam deze index overeen met het aantal dagen dat er zout gestrooid werd op de wegen. Uit deze index is gebleken dat in de toekomstige klimaatscenario's minder zout gestrooid moet worden en er dus ook minder dagen zullen zijn met gladde wegen (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015). Dit wordt eveneens bevestigd in het onderzoek van Chapman & Andersson (2011).



FIGUUR 9 Index voor het aantal dagen dat er zout gestrooid wordt (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)

4.1.6.3. Neerslag

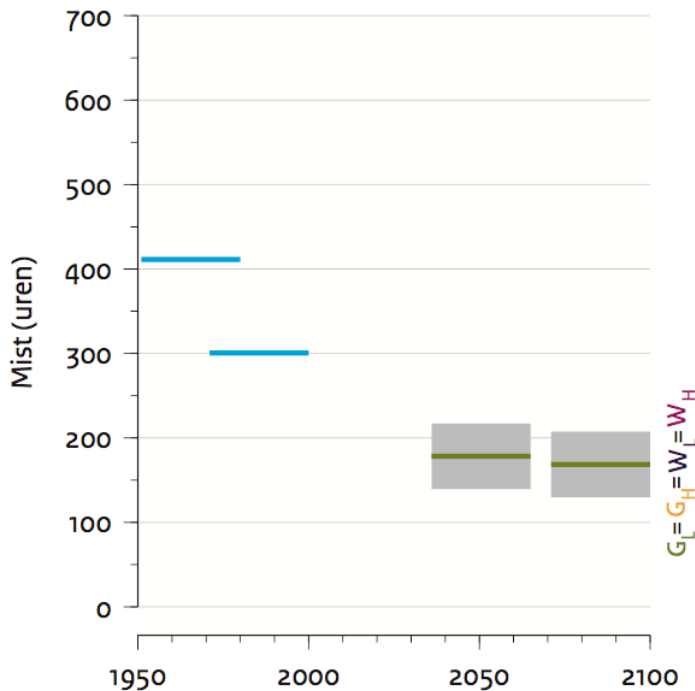
In alle klimaatscenario's zal de neerslag toenemen in elk seizoen, met uitzondering van de zomer. Dit wordt verklaard door het feit dat bij een opwarmend klimaat de hoeveelheid waterdamp in de lucht toeneemt. Hiernaast neemt het aantal extreme neerslagintensiteiten in alle klimaatscenario's toe, zelfs wanneer de totale hoeveelheid zomerneerslag afneemt (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015).



FIGUUR 10 Toekomstige hoeveelheid neerslag (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)

4.1.6.4. Zichtbaarheid en mist

Door de afname in luchtverontreiniging is er de afgelopen jaren een verbetering merkbaar geworden op vlak van zichtbaarheid en hoeveelheid mist⁹. Ook in de toekomst zal het zicht nog verbeteren in Nederland, weliswaar in mindere mate dan de afgelopen 30 jaar.



FIGUUR 11 Voorspellingen aantal uren mist op basis van berekeningen volgens de vier klimaatscenario's (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)

4.1.6.5. Hagel en onweer

In de toekomst zullen de onweers- en hagelbuien in Nederland heviger worden aangezien meer waterdamp in de lucht leidt tot meer condensatiewarmte waardoor de sterkte van verticale bewegingen in de wolken zal toenemen en hierdoor de kans op onweers- en hagelbuien zal toenemen. Algemeen wordt er gesteld dat per graad opwarming het aantal blikseminslagen bij onweer toeneemt met 10 tot 15% (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015). Toegepast op de vier klimaatscenario's betekent dit dat in de twee gematigde klimaatscenario's het aantal blikseminslagen in 2050 met 10 tot 15% zal toenemen en het aantal blikseminslagen bij de warme scenario's zal tegen 2050 toenemen met maar liefst 20 tot 30%.

⁹ Mist wordt gedefinieerd als zichtbaarheid <1 km (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015).

4.1.7. Onzekerheden bij klimaatscenario's

De vier voorgaande besproken toekomstige klimaatscenario's zijn uiteraard doorgerekend op basis van de situaties die op dit ogenblik aanwezig zijn. Dit betekent dat initiatieven die in de toekomst genomen zullen worden om de klimaatverandering tegen te gaan (zoals bijvoorbeeld milieuvriendelijker transport) nog niet in rekening zijn gebracht. Er kunnen dus adaptieve maatregelen genomen worden. Dit zijn maatregelen die genomen kunnen worden indien het klimaat opschuift naar een erg negatief scenario. Verder moet er getracht worden om duurzaam te werk te gaan: elke beslissing die genomen wordt, is effectief in elk klimaatscenario en dus zijn ze kosten-efficiënt, onafhankelijk van hoe het klimaat in de toekomst zal evolueren (van Lipzig & Willems, 2015).

Het is de taak van de overheid en de betrokken instanties om de evoluties in de klimaatverandering op te volgen en indien nodig de klimaatscenario's bij te stellen waar nodig.

De analyses en predicties die later in deze masterproef uitgevoerd zullen worden, gebeuren op basis van de weerscenario's die Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink (2015) in hun studie hebben besproken.

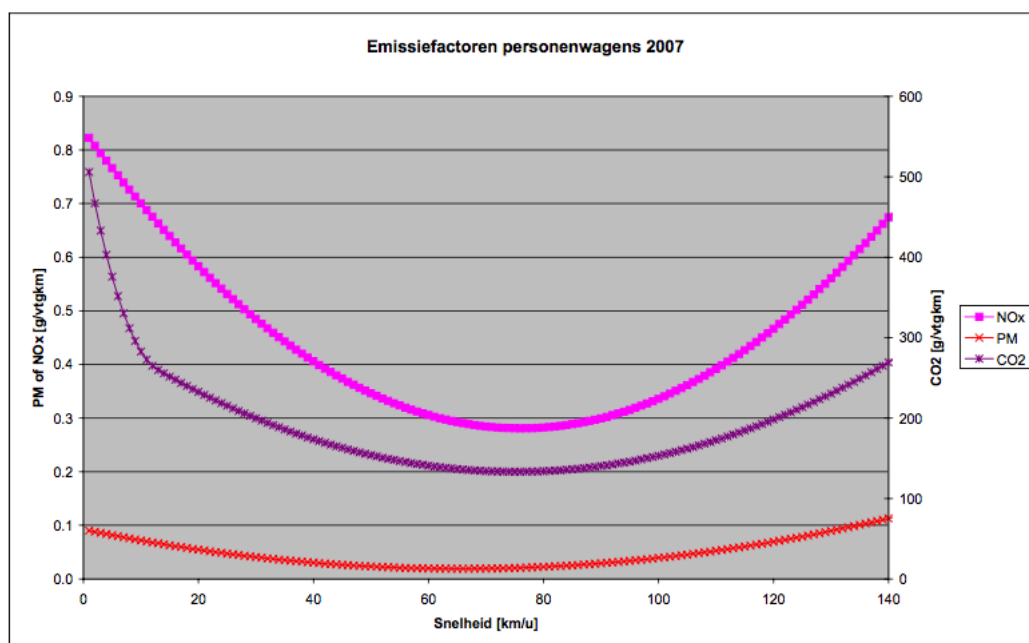
4.1.8. Oplossingen om klimaatverandering tegen te gaan (toegepast op mobiliteit)

CO₂ is een belangrijke actor die bijdraagt aan de klimaatopwarming. Deze komt in de atmosfeer terecht wanneer er verbranding van fossiele brandstoffen plaatsvindt, zoals bijvoorbeeld in het verkeer.

Om de hoeveelheid schadelijke stoffen te verminderen en zo de klimaatopwarming tegen te gaan, kunnen steden investeren in beter openbaar vervoer. Dit zal rechtstreeks leiden tot minder auto's op de weg en dus minder uitstoot (aangezien er ook minder congestie zal zijn). Ook werkgevers kunnen het gebruik van alternatieve vervoersmodi stimuleren door bijvoorbeeld de werknemers een fietsvergoeding te betalen of het openbaar vervoersabonnement terug te betalen (Hermes, 2012).

Verder zal technologie ook een belangrijke rol spelen. Hybride wagens, verbetering van de automotoren en katalysatoren zijn hiervan enkele voorbeelden. Ook elektrische voertuigen kunnen een oplossing bieden, mits de elektriciteit opgewekt wordt door milieuvriendelijke alternatieven zoals wind- en zonne-energie (Hermes, 2012).

Volgens Otten en van Essen (2009) kan er een maximale reductie (30%) van de emissies op de snelweg worden bekomen als de maximale snelheid vastgelegd wordt op 80 km/u. Dit is een zeer drastische maatregel, maar een minder drastische snelheidsverlaging is ook mogelijk maar hier is de emissiereductie natuurlijk wel niet maximaal. Indien de snelheidsreductie wordt doorgevoerd, zal er een strikte handhaving essentieel zijn om het geheel te doen slagen. Trajectcontrole zal hierbij van groot belang zijn (Otten & van Essen, 2009).



FIGUUR 12 Hoeveelheid emissies in functie van de snelheid voor personenwagens op autosnelwegen, uitgedrukt in g/vt/gkm (Vanhove, 2009)

Uiteraard heeft deze snelheidsverlaging ook economische nadelen zoals een langere reistijd. Indien alle kosten en baten in rekening worden gebracht wat betreft de snelheidsreductie, zal de optimale snelheid 90 km/u bedragen (Rietveld, van Binsbergen, & Peeters, 1996).

4.2. Verkeersongevallen

Verkeersongevallen worden veroorzaakt door verschillende factoren. De voornaamste factoren zijn; het gedrag van de mens, technologische factoren (van het voertuig) en de infrastructuur-en omgevingskenmerken (Hermans, Brijs, Stiers, & Offermans, 2005). De rijvaardigheid en alertheid van de bestuurder behoren tot het gedrag van de mens. Eventuele slijtage van banden, technologische aspecten zoals Lane Departure Warning System zijn dan weer factoren met betrekking tot de technologie die de kans op een verkeersongeval kunnen vergroten/verkleinen. Tot slot zijn weersomstandigheden en de staat van het wegdek te categoriseren onder de infrastructuur-en omgevingskenmerken (Stiers, 2007). In deze studie zal er meer gefocust worden op deze laatste factor, met name de weersomstandigheden.

4.2.1. Invloed van weersomstandigheden op verkeersintensiteit

Vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid is verkeersintensiteit (in verkeersveiligheidsliteratuur ook wel blootstelling genoemd) een zeer belangrijke factor omwille van het feit dat het wordt aanzien als eerste en belangrijkste determinant van verkeersveiligheid. Het bijna evenredig verband tussen letselongevallen en de blootstelling ervan bevestigt dit (Cools, Moons, & Wets, 2009).

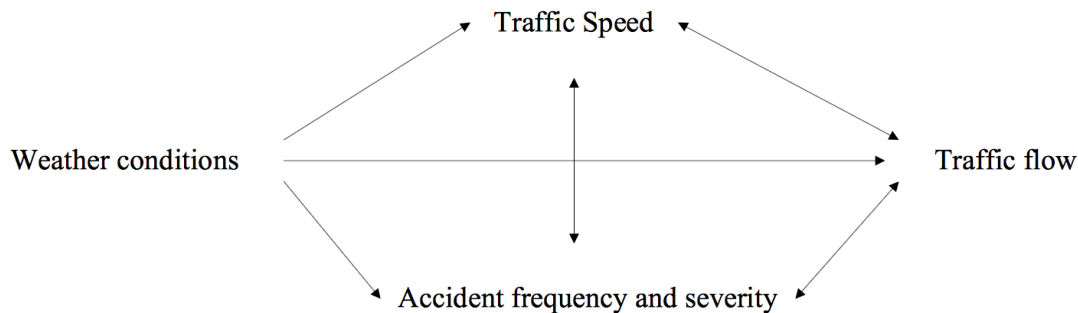
In het onderzoek van Cools, Moons & Wets (2009) is er gebruik gemaakt van afhankelijke en onafhankelijke data. De afhankelijke data heeft betrekking op de verkeersintensiteit terwijl de onafhankelijke data betrekking heeft op de weersomstandigheden. De weerskenmerken werden bekomen door de data verkregen van KMI, het Koninklijk Meteorologisch Instituut in België. Deze variabelen zijn gemeten met behulp van automatische weerstations die gelegen zijn in de nabijheid van de sensoren die de intensiteit (afhankelijke variabele) waarnemen (Cools, Moons, & Wets, 2009).

Om na te gaan of er een correlatie bestaat tussen de afhankelijke en onafhankelijke variabele wordt er gebruik gemaakt van regressiemodellen. In het onderzoek van Cools, Moons & Wets (2009) is er gebruik gemaakt van een traditioneel lineair regressiemodel.

Het onderzoek van Cools, Moons & Wets (2009) toonde aan dat sneeuw- en regenval en toenemende windsnelheid een afnemend effect hebben wat betreft de verkeersintensiteit. Hiernaast vergroot de verkeersintensiteit indien er een verhoging van de temperatuur plaatsvindt.

Algemeen kan er gesteld worden dat de weersomstandigheden een invloed hebben op drie verkeersvariabelen, namelijk de verkeerssnelheid (traffic speed), de verkeersstroom (traffic flow) en de verkeersveiligheid (accident frequency and severity).

Figuur 13 toont bovendien aan dat er een wisselwerking optreedt tussen deze drie variabelen. De verkeerssnelheid zal bijvoorbeeld een invloed hebben op de doorstroming van het verkeer en omgekeerd (hoe meer homogeen de verkeerssnelheid is, hoe beter de doorstroming; hoe beter de doorstroming, hoe hoger de snelheid) (Cools, Moons, & Wets, 2009).



FIGUUR 13 Schematische voorstelling van de relatie tussen weersomstandigheden, snelheid, intensiteit en aantal verkeersongevallen en de ernst hiervan (Cools, Moons, & Wets, 2009)

Naast de invloed op de verkeersintensiteit hebben weersomstandigheden ook een invloed op de keuze van vervoersmodi, veranderingen in vertrektijd en het nemen van een andere, alternatieve route (Cools, Creemers, Moons, & Wets, 2010).

4.2.2. Invloed van weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen

Volgens een verkennende analyse van Focant & Martensen (2014) betreffende de invloed van de weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen in België zal de combinatie van droog, warm en zonnig weer het dagelijks aantal ongevallen het meeste beïnvloeden. Bij deze omstandigheden is het aantal geregistreerde letselongevallen 18,5% hoger dan bij normale dagen.

Hiernaast zorgen sneeuw en regen voor meer gunstige omstandigheden wat betreft de verkeersveiligheid. Op deze dagen vinden er 12,2% minder letselongevallen plaats ten opzichte van dagen met normale weersomstandigheden. Hierbij kan er de veronderstelling gemaakt worden dat de er minder verplaatsingen worden gemaakt en dat de bestuurders minder risico's zullen nemen. Ook het feit dat sneeuw en ijs zeldzaam zijn in landen zoals Nederland en België zorgt ervoor dat bestuurders meer op hun hoede zijn (Bijleveld & Churchill, 2009).

Tevens heeft neerslag een indirecte invloed op het aantal verkeersongevallen. Verplaatsingen zullen uitgesteld worden, of er zal gekozen worden voor een andere vervoersmodi.

Fietsers en motorrijders zijn het meest gevoelig voor de weersomstandigheden. Het is dan ook waarschijnlijk dat indien de weersomstandigheden veranderen, er een stijging/daling van deze weggebruikers zijn, wat de stijging/daling in het aantal letselongevallen verklaard (Focant & Martensen, 2014).

4.2.2.1. Invloed van weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen

Er zijn doorheen de jaren verschillende (inter)nationale studies uitgevoerd wat betreft de relatie tussen de weersomstandigheden en het aantal verkeersongevallen. Hieronder wordt een beknopt overzicht weergegeven welke effecten er merkbaar waren bij bepaalde weersomstandigheden:

- Black, Villarini, & Mote (2017) verzamelden verkeersongevallengegevens tussen 1996 en 2010. Zij gebruikten hiervoor twee verschillende soorten datasets: meteorologische gegevens en verkeersongevallengegevens. De gegevens met betrekking tot het weer hebben zij verkregen via het Climate Prediction Center (CPC). De verkeersongevallengegevens zijn verkregen van de politiediensten. Voor dit onderzoek werden de locaties van de verkeersongevallen gekoppeld aan een bepaald punt binnen een regio. In deze regio kon er dan nagegaan worden of het die dag al dan niet had geregend. Black, Villarini, & Mote (2017) vermeldde wel dat het onmogelijk was om de exacte weersomstandigheden op het moment van het verkeersongeval na te gaan.

Elke dag met regen werd gekoppeld aan een (controle)dag precies één week voor of één week na de dag met neerslag. Dit werd gedaan om factoren als verkeersvolume, lichtomstandigheden en andere tijdsgevoelige factoren te controleren, uit de veronderstelling dat de reispatronen per dag in de loop van de tijd gelijk zijn. Hierna werd de odds-ratio (of relatief risico) berekend. Dit is de verhouding tussen de kans dat een bepaalde gebeurtenis zich voordoet en de kans dat de gebeurtenis niet plaatsvindt. In deze case zal de odds-ratio de kans weergeven op een verkeersongeval in een bepaalde regio bij een bepaalde gebeurtenis (bijvoorbeeld neerslag) ten opzichte van een controledag. Indien de odds-ratio een waarde betreft groter dan 1, betekent dit dat het relatieve risico op een verkeersongeval bij regenachtige dagen stijgt. Een odds-ratio lager dan 1 betekent een vermindering van het relatieve risico bij regenachtige dagen.

$$OR = \frac{A/C}{B/D}$$

$$OR = \frac{(Aantal\ verkeersongevallen\ tijdens\ een\ dag\ met\ neerslag)/(Veilige\ outcomes\ op\ regenachtige\ dagen)}{(Aantal\ verkeersongevallen\ tijdens\ een\ controledag) / (Veilige\ outcomes\ op\ droge\ dagen)}$$

De parameters A en B zullen opgenomen zijn in de verkeersongevallengegevens terwijl de parameters C en D geschat moeten worden. Aangezien er elke dag duizenden bijna-ongevallen gebeuren zijn de waarden van deze twee parameters zeer groot en zullen deze op een subjectieve manier benaderd moeten worden. Twee recente studies, uitgevoerd door Black & Mote (2015) en Mills, Andrey, & Hambly (2011) namen voor parameters C en D een waarde van 1.000.000.

Dit betekent dat er van uitgegaan wordt dat het verkeersvolume tussen de controledag en een regenachtige dag gelijk is.

Uit het onderzoek is gebleken dat er een significante toename is van het relatieve risico bij regenachtige dagen. Het risico op het hebben van een verkeersongeval ligt 10% hoger, terwijl het risico op letsels 8% toeneemt.¹⁰

¹⁰ In bijlage 1 en 2 van deze paper wordt een fysische benadering alsook een rekenvoorbeeld gegeven van het verschil in remafstand bij droge en natte weersomstandigheden.

- Brijs, Hermans, Stiers, & Offermans (2007) voerden in 2002 een uurgebaseerde studie uit naar de relatie tussen de weersomstandigheden en het aantal verkeersongevallen op de hoofdwegen in Nederland op dat uur. Brijs, Hermans, Stiers, & Offermans (2007) vermelden in hun studie dat er twee methodes prominent worden gebruikt voor dergelijke analyses. Enerzijds is er de zogenaamde "matched pair approach", waar verkeersongevallengegevens waarin het bepaalde weerfenomeen zich voordeed worden vergeleken met een controleperiode (bijvoorbeeld dezelfde dag, maar dan een week later). Deze methode gebruikte Black, Villarini, & Mote (2017) ook in hun studieopzet. Anderzijds is er de regressieanalyse waarbij de afhankelijke variabele op een selectie onafhankelijke variabelen wordt teruggerekend. Voor verkeersongevallengegevens is de poisson-regressie het meest gebruikt.

In de studie van Brijs, Hermans, Stiers, & Offermans (2007) werden twee soorten gegevens gebruikt. Enerzijds waren er het aantal verkeersongevallen per uur in het jaar 2002 op de primaire wegen in Nederland. Anderzijds waren er de meteogegevens van 37 weerstations van het KNMI die verspreid over heel Nederland gelegen zijn.



FIGUUR 14 Situering 37 meetstations voor het verkrijgen van meteogegevens in Nederland (Brijs, Hermans, Stiers, & Offermans, 2007)

In 2002 werden elk uur van de dag weersvariabelen gemeten zoals wind, temperatuur, neerslag, etc. Voor elk meetstation werden er dus zo 8.760 (24 uren x 365 dagen) waarnemingen per variabele opgemeten. Hiernaast werden de ongevallen telkens toegewezen aan het dichtstbijzijnde meetstation.

De belangrijkste conclusies uit dit onderzoek waren dat een toename in sterkte van de windvlaag leidde tot een toename in aantal verkeersongevallen. Ook de duur van zonneshijn had een significante negatieve impact op de verkeersveiligheid. Hermans, Wets & Van den Bossche (2006) kwamen tot dezelfde conclusie, namelijk dat meer uren zonlicht het aantal verkeersongevallen doen toenemen. Tot slot zal volgens de studie van Brijs, Hermans, Stiers, & Offermans (2007) tien extra minuten neerslag de kans op een verkeersongeval verhogen met 6,5%.

- Lobo, Ferreira, Iglesias, & Couto (2019) hebben onderzoek gevoerd naar de relatie tussen weersomstandigheden en de ongevallenfrequentie in Porto (Portugal). Bij deze studie werd er gebruik gemaakt van poisson-modellen om de impact te schatten van de meteorologische omstandigheden op vier soorten verkeersongevallen (enkelzijdige en meervoudige verkeersongevallen, verkeersongevallen met enkel blikshade en letselongevallen). De afhankelijke variabelen betreffen het aantal verkeersongevallen geobserveerd per dag, per categorie in het hele studiegebied.

De weerskenmerken werden verzameld door een weersstation van de universiteit van Porto. De verkeersongevallengegevens werden bekomen door gegevens van de Portugese politie-databank te raadplegen.

Uit het onderzoek van Lobo, Ferreira, Iglesias, & Couto (2019) kan er geconcludeerd worden dat een toename van dagelijkse neerslag het totaal aantal verkeersongevallen zal doen stijgen. Lagere temperaturen gaan alsook gepaard met een toename in aantal verkeersongevallen. Een belangrijke assumptie bij de conclusies betreffende de temperatuur is het feit dat temperatuur seizoensgebonden is en dus nauwelijks beschreven kan worden als hoofdoorzaak van een ongeval.

In dit onderzoek wordt er ook duidelijk benadrukt dat het effect van de waargenomen weerskenmerken op de verkeersongevallenfrequentie in Porto overeenstemt met effecten die in andere delen van de wereld zijn waargenomen. De algemene tendens dat neerslag en wintermaanden verantwoordelijk zijn voor meer verkeersongevallen wordt in de studie bevestigd, maar ook door andere studies zoals deze van Theofilatos & Yannis (2014).

- Brijs, Karlis, & Wets (2007) onderzochten de effecten van weersomstandigheden op de verkeersongevallen in drie Nederlandse steden (Dordrecht, Haarlemmermeer en Utrecht) in het jaar 2001. De steden werden gekozen door twee criteria. Het eerste criteria is het de nabijheid van een weerstation om de weersomstandigheden zo nauwkeurig mogelijk te detecteren. Het tweede criteria betreft de geografische localisatie van de steden. Deze moesten zo ver mogelijk van elkaar gelegen zijn omdat de weersomstandigheden eventueel voor de verschillende locaties hetzelfde zou kunnen zijn wegens te dicht bij elkaar te liggen. Het weerstation meette windsnelheid- en richting, temperatuur, zonneshijn, neerslag, luchtdruk en zichtbaarheid.

Ook werd er in het model rekening gehouden met de verkeersintensiteit per locatie (via lusedetectoren). Indien er geen gegevens betreffende de verkeersintensiteit beschikbaar zijn, werd er een dummy-variabele in het model opgenomen. Het model betreft een integer-valued autoregressive (INAR) model. Aangezien de verhouding van de variantie tot het gemiddelde op elke locatie groter is dan 1, is er sprake van een overdreven spreiding ten opzichte van een eenvoudige Poisson-verdeling. Om rekening te houden met deze overdispersie, wordt er dus gebruik gemaakt van een "overdispersed INAR-model".

Volgende conclusies werden uit deze studie getrokken:

- Blootstelling: Weekdagen zijn gevaarlijker dan weekenddagen. Dinsdag en vrijdag zijn de gevaarlijkste dagen wat betreft het aantal verkeersongevallen.
- Neerslag: De verhouding van neerslag en aantal verkeersongevallen is significant. Indien de hoeveelheid en duur van neerslag stijgt, zal ook het aantal verkeersongevallen toenemen.
- Temperatuur: Indien de gemiddelde dagtemperatuur hoger is dan de gemiddelde maandtemperatuur, wordt er een verhoging in aantal verkeersongevallen waargenomen. Wanneer er echter naar de absolute temperatuur wordt gekeken, wordt een ander patroon merkbaar. Daar geldt hoe lager de temperatuur, des te meer verkeersongevallen er plaatsvinden.
- Zonneshijn: De duur van de zonneshijn bleek een positief significant effect te hebben tijdens wintermaanden op het aantal verkeersongevallen.
- Luchtdruk en windsnelheid: geen significante effecten gevonden op het aantal verkeersongevallen.

4.2.2.2. Samenvatting invloed van weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen

TABEL 1 Schematisch overzicht van de relevante onderzoeken betreffende de relatie tussen weersomstandigheden en het aantal verkeersongevallen

Onderzoek	Uitleg methode	Resultaten
Black, Villarini, & Mote (2017)	Elke dag met regen werd gekoppeld aan een controledag zonder regen (één week voor of na deze dag). Hierna werd de odds-ratio (of het relatieve risico) berekend.	Significante toename van het relatief risico bij regenachtige dagen (10% meer kans op het hebben van een ongeval).
Brijs, Hermans, Stiers, & Offermans (2007)	<ul style="list-style-type: none"> - "Matched pair approach": verkeersongevallen met bepaalde weersomstandigheden worden vergeleken met een bepaalde controleperiode. - Regressieanalyse: afhankelijke variabele wordt geanalyseerd op een set onafhankelijke variabelen. 	<p>Toename in windsterkte leidde tot een toename in aantal verkeersongevallen.</p> <p>Verhoging van de duur van neerslag zorgt voor een verhoging van het aantal verkeersongevallen.</p>
Lobo, Ferreira, Iglesias, & Couto (2019)	Poissonmodellen met als afhankelijke variabele het aantal verkeersongevallen en als onafhankelijke variabele de bepaalde weersomstandigheden.	Zowel toename in neerslag als lagere temperaturen zal het aantal verkeersongevallen doen stijgen.
Brijs, Karlis, & Wets (2007)	Overdispersd INAR-model (in plaats van Poissonmodel) om dusdanig rekening te houden met overdispersie die optreedt bij het gebruik van een Poisson-verdeling.	<p>Weekdagen zijn gevaarlijker dan weekenddagen, stijging van hoeveelheid neerslag alsook meer zonneschijn tijdens wintermaanden heeft stijging van het aantal verkeersongevallen tot gevolg.</p> <p>Hoe lager de temperatuur, hoe meer verkeersongevallen er plaatsvinden.</p>

4.2.2.3. Invloed van klimaatverandering op het aantal verkeersongevallen

Voor het onderwerp van deze masterproef zal er meer gefocust worden op de invloed van veranderende weersomstandigheden op de verkeersveiligheid. In het vorige hoofdstuk ('4.2.2.1. Invloed van weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen') lag de nadruk voornamelijk op de invloed van weersomstandigheden op de verkeersveiligheid.

In dit hoofdstuk wordt de invloed van de verandering in weersomstandigheden, veroorzaakt door klimaatverandering, onderzocht aan de hand van enkele studies die tot nu toe uitgevoerd zijn en die relevant zijn voor deze masterproef.

- De onderzoeksdoelstelling van Minhans & Shahid (2015) had betrekking op drie zaken. Eerst en vooral trachten ze om de klimaatverandering in Maleisië beter te kennen en in kaart te brengen. Daarna onderzochten ze welke invloed de verandering in bepaalde weersvariabelen heeft op het wegennetwerk. Tot slot richten de onderzoekers zich op aanbevelingen die negatieve effecten op het verkeer, veroorzaakt door de veranderende weersomstandigheden, kunnen onderdrukken (Minhans & Shahid, 2015).

Minhans & Shahid (2015) startte met het verzamelen en onderzoeken van meteorologische variabelen zoals temperatuur, neerslag en zichtbaarheid. Hierna werd er nagegaan welke invloed deze hebben op het wegennetwerk. Na deze twee onderzoeken werd de verandering in de weersomstandigheden van naderbij bekeken. Dit heeft betrekking tot zaken als toename in hoeveelheid neerslag, verhoging van de temperatuur, etc. Met behulp van deze zaken werd vervolgens het effect hiervan op het wegennetwerk geschat.

De data die Minhans & Shahid (2015) gebruikten voor het onderzoek te voltooien waren verkeersongevallenregistraties, voertuigregistraties, toekomstige klimaatvoorspellingen en recente meteorologische variabelen. Al deze data is verzameld in de periode tussen 2008 en 2013.

Minhans & Shahid (2015) concludeerden dat klimaatverandering weldegelijk een invloed heeft op de verkeersveiligheid, met name op het aantal verkeersongevallen. Het is echter niet te concluderen in hoeverre dit wordt beïnvloedt omdat gedragsverandering bij deze klimaatverandering een grote impact heeft en dit het risico tot een verkeersongeval kan beperken.

Minhans & Shahid (2015) maakten gebruik van een Mann-Kendall trendtest waarmee zij concludeerden dat de invloed van de hoeveelheid neerslag op de verkeersveiligheid niet significant is¹¹. Dit toont nogmaals aan dat de

¹¹ De Mann Kendall trendtest is een test die wordt gebruikt om specifieke trends te zoeken in klimaatgegevens of weersgegevens. De nulhypothese stelt dat er geen trend tussen de variabelen is. De alternatieve hypothese stelt dat er weldegelijk een specifiek verband is tussen de variabelen (Pohlert, 2020).

invloed van neerslag op de verkeersveiligheid niet precies geschat kan worden en er altijd onbekende factoren zijn die ook een invloed hebben op de verkeersveiligheid.

Tot slot heeft een toename in temperatuur indirecte effecten zoals wijziging in gemoedstoestand van bestuurder waardoor het risico op een verkeersongeval kan vergroten (zie hoofdstuk '4.2.3.1. Hitte en gemotoriseerd verkeer').

- Hambly, Andrey, Mills, & Fletcher (2012) voerden een studie uit met als studiegebied Vancouver (Canada), een gebied dat wordt gekenmerkt door een gematigd klimaat. Het onderzoek startte met het verzamelen van meteodata zoals bijvoorbeeld de hoeveelheid neerslag, het aantal uren neerslag en temperatuurmetingen. Hiernaast werden ook de verkeersongevalgegevens verzameld. De onderzoeksperiode voor het onderzoek was 2003 tot en met 2007. Na het verzamelen van deze data werden beide gegevens aan elkaar gekoppeld.

De onderzoeksfase van de studie startte met het berekenen van het relatieve risico (de odds-ratio). Bij regenval zal het relatieve risico op een verkeersongeval stijgen, vergeleken met het relatieve risico op een verkeersongeval bij droge weersomstandigheden. Bovendien wordt duidelijk dat het relatieve risico bij regenval zal stijgen, maar dat de ernst van de verkeersongevallen niet toenemen. Dit duidt op het feit dat bestuurders bij regenval hun rij snelheid en rijgedrag aanpassen maar dat deze aanpassingen niet voldoende worden geacht om verkeersongevallen te vermijden.

Nadien is er gefocust op de klimaatverandering. In deze studie hebben zij, naast de gegevens over de huidige weersomstandigheden, gebruik gemaakt van toekomstige klimaatvoorspellingen voor 2050, net zoals in deze masterproef.

Hambly, Andrey, Mills, & Fletcher (2012) concludeerden in het onderzoek dat meer regenval in de toekomst zal resulteren in meer verkeersongevallen (een stijging van 17 tot 28%). Voornamelijk bij hevige neerslag wordt er een verhoogd risico gemeten. Wat de temperatuur betreft was er geen significante relatie tussen deze onafhankelijke variabele en het aantal verkeersongevallen.

Een belangrijk aspect van deze conclusie is het feit dat weersomstandigheden zeer lokaal zijn en worden bijgestaan door de bevolkingsdichtheid, de mix van verschillende weggebruikers en hun aandeel hierin en het verkeer op zichzelf. Dit betekent dat er regionale verschillen zijn in zowel het niveau van verkeersveiligheid in het algemeen alsook in het relatieve risico op een verkeersongeval tijdens slechtere weersomstandigheden (Hambly, Andrey, Mills, & Fletcher, 2012).

- Islam, Alharthi, & Alam (2019) onderzochten voor dertien regio's die gelegen zijn in Saudi-Arabië de invloed van klimaatverandering op de verkeersveiligheid, met name het aantal verkeersongevallen. De gegevens hadden betrekking op de periode 2003 tot en met 2013. In totaal werden er 143 observaties gebruikt. Als onderzoekstool werden regressiemodellen opgesteld om de eventuele invloed te onderzoeken.

Het onderzoek startte met enkele beschrijvende statistieken betreffende absolute aantallen verkeersongevallen binnen de onderzoeksperiode en de ernst hiervan, gevolgd door de beschrijving van het fenomeen klimaatverandering en de veranderende weersvariabelen.

De belangrijkste conclusie die genomen kan worden uit deze studie is dat de steekproefgegevens (143 observaties tussen 2003 en 2013 uit dertien regio's) te klein is om betrouwbare resultaten te genereren.

Verder meldden Islam, Alharthi, & Alam (2019) in het onderzoek dat klimaatverandering een traaggroeiend fenomeen is en dat bepaalde ingrepen, op verschillende vlakken, weldegelijk een positief effect kunnen hebben op het aantal verkeersongevallen. Wegmarkeringen, dynamische verkeersborden met real-time (weers)informatie, verandering in rijopleiding en bepaalde in-car-technologies zijn slechts enkele voorbeelden hiervan (Islam, Alharthi, & Alam, 2019).

4.2.3. Invloed van weersomstandigheden op het menselijk gedrag in het verkeer

4.2.3.1. Hitte en gemotoriseerd verkeer

Naast lage temperaturen veroorzaken extreme hoge temperaturen (>30°C) ook voor een duidelijke stijging in het aantal verkeersongevallen. Dit wordt verklaard door het feit dat de bestuurders een vermindering in concentratieniveau hebben, versuft kunnen raken en/of emotioneler reageren op bepaalde gebeurtenissen in het verkeer (De Roy, 2017).

Rijden in een (te) heet voertuig kan vergeleken worden met rijden wanneer de bestuurder zich slaperig voelt. Volgens mobiliteitsorganisatie VAB heeft rijden in een te heet voertuig hetzelfde effect als rijden met de strafbare alcoholimiet van 0,5 promille in het bloed. Hierdoor hebben de bestuurders (en de inzittenden) al 2,5 keer meer kans om betrokken te raken in een dodelijk ongeval dan wanneer er gereden wordt in een koele wagen of wanneer de bestuurder nuchter is.

Hiernaast zal het concentratievermogen dalen naarmate het warmer wordt in het voertuig¹². De bestuurder kan emotioneler reageren in bepaalde verkeerssituaties en zal roekelozer rijden, wat meer risico's met zich meebrengt met bijgevolg een grotere kans op betrokkenheid in een verkeersongeval (De Roy, 2017).

Tevens zullen de mensen tijdens hittegolven minder kwalitatieve nachtrust hebben (veroorzaakt door de tropische nachten) waardoor ze alreeds meer vermoeid deelnemen aan het verkeer (Laadi & Laadi, 2002).

4.2.3.2. Neerslag en gemotoriseerd verkeer

Agarwal, Maze, & Souleyrette (2005) concludeerden uit hun studie dat indien het regent, er minder inhaalbewegingen worden uitgevoerd, de snelheid lager ligt en dat de volgafstand van voertuigen groter is.

¹² Warme lucht kan niet weg uit een voertuig waardoor de temperatuur blijft stijgen. Aangezien de hersenen bestaan uit 85% uit water, zal dit water als het ware verdampen. Indien dit percentage zelfs al met 2% daalt, zal de energieproductie in de hersenen afzwakken, wat vermindering in concentratie met zich teweegbrengt (VAB Magazine, 2018).

5. Onderzoeksmethodologie

Om een antwoord te kunnen bieden op de onderzoeksvraag “Welke invloed zal klimaatverandering hebben op de verkeersveiligheid?” zal de student een bepaalde methodologie hanteren om het onderzoek tot een goed einde te brengen.

Eenzijds wordt er beroep gedaan op meteodata. Dit betekent dat de student weersvariabelen wenst te kennen op het moment dat het verkeersongeval plaatsvond. Om deze variabelen te kennen heeft de student beroep gedaan op de website van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, ook wel KNMI genoemd.

Op de website van KNMI is de meteodata vrij te downloaden als een .txt-file¹³. Deze meteodata kan per weerstation gedownload worden. De data betreft weersvariabelen zoals hoeveel neerslag, aanwezigheid van mist of ijzel, temperatuur, etc. en dit per uur interval.

In totaal zijn er tientallen weerstations te vinden in Nederland. Aangezien enkel weerstations De Kooy, Eelde, De Bilt, Vlissingen en Beek gehomogeniseerd zijn, is er gekozen om enkel de data die deze weerstations verzamelen, op te nemen in de analyses¹⁴. Tevens zijn de trendanalyses uit hoofdstuk 4.1.6. Toekomstige klimaatscenario's in Nederland' grotendeels gebaseerd op de gegevens die deze vijf weerstations verzamelen. Dit is dan ook de belangrijkste reden waarom er enkel gekozen is om gegevens van deze vijf meetstations te analyseren.

Volgende provincies worden vertegenwoordigd door bijhorend meetstation:

- Provincie Noord-Holland wordt vertegenwoordigd door meetstation 235 (De Kooy)
- Provincie Utrecht wordt vertegenwoordigd door meetstation 260 (De Bilt)
- Provincie Groningen wordt vertegenwoordigd door meetstation 280 (Eelde)
- Provincie Zeeland wordt vertegenwoordigd door meetstation 310 (Vlissingen)
- Provincie Limburg wordt vertegenwoordigd door meetstation 380 (Maastricht)

¹³ Het KNMI is een afdeling van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Dit agentschap adviseert en waarschuwt de samenleving om risico's in de leefomgeving terug te dringen en kansen te creëren en dit ten behoeve van de duurzaamheid, economie en veiligheid van Nederland. Zo worden bijvoorbeeld metingen van het KNMI op grote schaal gebruikt om de verkeersveiligheid te verhogen (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, n.d.).

¹⁴ Inhomogeniteiten kunnen veroorzaakt worden door abrupte of geleidelijke veranderingen in de waarneemomstandigheden waardoor er kunstmatige sprongen of trends in waarneemreeksen ontstaan. Voorbeelden van dergelijke veranderingen zijn; veranderingen in meetinstrument of verplaatsing van het meetinstrument of veranderingen in de omgeving waar het meetinstrument zich bevindt. Deze inhomogeniteiten kunnen een invloed hebben op bepaalde analyses waardoor deze ongeschikt worden om conclusies/trendanalyses af te leiden. In lange klimaatreeksen zijn deze inhomogeniteiten niet te voorkomen waardoor er methodes zijn ontwikkeld om te corrigeren. Dit proces wordt homogeniseren genoemd (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, n.d.).

Zoals op figuur 15 op te merken is, zijn deze provincies in alle windrichtingen gelegen (noordelijk, zuidoostelijk, zuidwestelijk en noordwestelijk). Bovendien is de provincie Utrecht centraal in Nederland gesitueerd.

Door de keuze en uiteenlopende positionering van de vijf meetstations (die een bepaalde provincie vertegenwoordigen voor deze masterproef) zal er een betere benadering kunnen gebeuren van de weersomstandigheden in Nederland. Concreet betekent dit dat indien enkel noordelijke provincies gekozen waren, er geen goed beeld geschetst kon worden van de invloed van weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen aangezien de weersomstandigheden niet land specifiek zijn (het kan droog zijn in het noorden maar op hetzelfde ogenblik ook regenen in het zuiden van hetzelfde land).



FIGUUR 15 Situering provincies Nederland (Nederland-kaart.nl, n.d. & eigen bewerking)

Anderzijds zal er beroep gedaan worden op verkeersongevallendata in Nederland die plaatsvonden tussen 1 januari 2009 en met 31 december 2018. De begindatum is vastgelegd op 1 januari 2009 omwille van het feit dat sinds 2009 de verkeersongevallen gedetailleerd in BRON wordt ingevoerd¹⁵. 31 januari 2018 wordt gekozen als einde van het tijdsinterval waarin de verkeersongevallen geanalyseerd worden omdat de data wat betreft de verkeersongevallen die plaatsvonden in 2019 nog niet volledig ingevoerd zijn bij de start van deze masterproef.

Via Rijkswaterstaat zal deze data verkregen worden¹⁶. Voorafgaand aan het verkrijgen van deze data moet de student een vragenlijst invullen die betrekking heeft op de doelstelling(en) van deze masterproef (en bijgevolg ook op het onderzoek). Deze vragenlijst, inclusief de antwoorden, is opgenomen in bijlage 35 van deze masterproef. Hiernaast moet er ook een geheimhouding ondertekend worden. Dit heeft betrekking op de verkeersongevallendata dat ter beschikking wordt gesteld door Rijkswaterstaat aan de student. Het is een contract waarin staat dat de student toestemming krijgt om de verkeersongevallendata van 2009 tot en met 2018 te analyseren. Deze verkeersongevallendata mag uitsluitend gebruikt worden in kader van de masterproef die de student uitvoert. Verder mag privacygevoelige informatie niet gedeeld worden in deze masterproef. Dit heeft betrekking op adressen, namen, etc. van de slachtoffers en betrokkenen. Deze ondertekende geheimhouding is opgenomen in bijlage 36 van de masterproef. De achterliggende reden dat Rijkswaterstaat dergelijke vragenlijsten opstelt is om ervoor te zorgen dat de verkeersongevallendata die zij aanreiken aan onderzoekers (in dit geval; de student) niet wordt misbruikt en dat Rijkswaterstaat op de hoogte is welke onderzoeken er worden gevoerd op basis van hun verkeersongevallendata.

Wanneer de datasets beschikbaar zijn, wordt irrelevante informatie verwijderd uit de file zodat de data-analyses in een latere fase van de masterproef sneller uitgevoerd kunnen worden. Voorbeelden van irrelevante informatie die niet nodig wordt geacht voor de masterproef zijn:

- Meteodata: luchtdruk, vochtigheidsgraad, windrichting, ...
- Verkeersongevallendata: voertuigkenmerken, namen van betrokkenen, ...

Hierna worden deze .txt-files afzonderlijk in het softwareprogramma Microsoft Access ingelezen¹⁷.

¹⁵ BRON is de afkorting voor Bestand geRegistreerde ONgevallen Nederland. Het is een bestand met de verkeersongevallenmeldingen van de politie die gekoppeld is aan het digitale wegennetwerk (Rijkswaterstaat - CIV, 2019). Het werkelijk aantal verkeersongevallen (voornamelijk met materiële schade) kan afwijken van dit aantal geregistreerde verkeersongevallen omdat de politie bij dergelijke verkeersongevallen veelal niet tussenbeide komt.

¹⁶ Rijkswaterstaat zorgt voor een veilig, leefbaar en bereikbaar Nederland. Dit doen zij door toezicht te houden op de infrastructuur zodat er vlot en veilig gebruik gemaakt kan worden van deze infrastructuur (Rijkswaterstaat, n.d.).

¹⁷ Met Microsoft Access kunnen er gemakkelijk databases worden samengesteld en kunnen diverse gegevensbronnen (waaronder .txt-files) gemakkelijk geïmporteerd, getransformeerd en geëxporteerd worden (Microsoft, sd).

Alvorens beide files aan elkaar gekoppeld worden, moet er eerst een identieke ID opgemaakt worden voor elk verkeersongeval. Deze ID zorgt ervoor dat elk verkeersongeval gekoppeld kan worden aan een juist uur interval met bijhorende weerskenmerken. Hierna worden beide datafiles samengevoegd en is de dataset klaar voor het uitvoeren van de analyses.

Voor de data-analyses zullen er met behulp van het softwareprogramma Microsoft Access query's worden opgesteld¹⁸. Deze query's worden opgesteld om een antwoord te geven op bijvoorbeeld:

- Hoeveel dodelijke verkeersongevallen/verkeersongevallen met letsels/verkeersongevallen met slechts materiële schade vonden er plaats per provincie per jaar per seizoen (winter/zomer) tussen 2009 en 2018?
- Hoeveel verkeersongevallen vinden er plaats bij een bepaalde hoeveelheid neerslag, temperatuur?
- ...

Bovenstaande analyses kaderen binnen de beschrijvende statistiek. Deze soort van statistiek is opgenomen omdat uit de literatuurstudie is gebleken dat eerder uitgevoerde, relevante studies eveneens startte met dit soort van cijfers en gegevens als soort van inleiding tot het onderwerp.

In het hoofdstuk waar de beschrijvende statistiek beschreven zal worden zal er ook gebruik gemaakt worden van odds-ratio's. De waarde van deze odds tonen het relatieve risico op een bepaalde uitkomst (in deze masterproef zijn dit verkeersongevallen) onder bepaalde omstandigheden ten opzichte van dit risico in andere omstandigheden (Michiels, 2014). Indien de odds-ratio's een waarde betreffen groter dan 1, betekent dit dat het relatieve risico tijdens uren met bepaalde weersomstandigheden stijgt. Een odds-ratio lager dan 1 betekent een vermindering van het relatieve risico tijdens uren met diezelfde weersomstandigheden (Black & Mote, 2015).

Nadat de beschrijvende statistieken uitgevoerd en gerapporteerd zijn zal er een lineaire regressieanalyse uitgevoerd worden in het softwareprogramma IBM SPSS Statistics. Aangezien verschillende relevante studies gebruik maken van regressiemodellen om de invloed van bepaalde weersomstandigheden op de verkeersveiligheid te onderzoeken is er door de student gekozen om eveneens regressie toe te passen met de verkeersongevallengegevens enerzijds en de meteogegevens anderzijds.

¹⁸ Met behulp van een query kunnen er gemakkelijk gegevens in een Access-database weergegeven of gewijzigd worden (Microsoft Office, sd).

Bij lineaire regressie zal het verband tussen twee schaalvariabelen van naderbij bekeken worden¹⁹. Dit verband wordt weergegeven met een correlatiecoëfficiënt R. De waarde van deze coëfficiënt ligt steeds tussen -1 en 1, waarbij -1 een negatief verband aantoont, 1 een positief verband aantoont en naarmate de waarde van R dichterbij 0 gelegen is, er geen verband tussen beide schaalvariabelen is (Godding, 2017). Naast deze correlatiecoëfficiënt R zal ook een R-kwadraat worden weergegeven bij de regressieanalyse. Deze waarde geeft aan voor hoeveel procent de afhankelijke variabele wordt verklaard door de onafhankelijke variabele. Dit soort regressie is een methode waarmee er nagegaan wordt in hoeverre onafhankelijke variabelen een bepaalde uitkomst kunnen voorspellen (Aarts & Wouters, 2018). In deze masterproef zal het aantal verkeersongevallen als afhankelijke variabele gedefinieerd worden terwijl de verschillende weersomstandigheden als onafhankelijke variabele benoemt zullen worden. Tot slot is het van belang dat bij de lineaire regressie de variabelen normaal verdeeld zijn. "Normaal verdeeld" betekent dat de waarden van de afhankelijke en onafhankelijke variabele rond een bepaald gemiddelde geconcentreerd zijn (Aarts & Wouters, 2018).

Indien de verkregen waarden significante resultaten vertonen (wanneer de significantiewaarde kleiner is dan 0,05), kan het regressiemodel gebruikt worden om een predictie te doen van het aantal verkeersongevallen in 2050 gegeven de bepaalde weersvoorspellingen volgens de klimaatscenario's die reeds zijn opgesteld voor Nederland. Hierbij wordt ook nagegaan of het een normale verdeling van de variabelen betreft. Indien dit het geval is, zal dit histogram ook opgenomen worden in de bijlagen van deze masterproef, samen met de output van de resultaten uit IBM SPSS Statistics.

Er zal een vergelijking worden opgesteld in de vorm van $Y = a * X + b$ waarbij Y het aantal geschatte verkeersongevallen zal zijn in het jaar 2050, a en b coëfficiënten zijn die geraadpleegd worden bij de analyseoutput die verkregen is uit IBM SPSS Statistics en X de bepaalde (voorspelde) weersvariabele is in desbetreffend jaartal.

Na het literatuuronderzoek en de data-analyse wordt er op basis van de significante regressiemodellen een schatting/predictie gemaakt van het aantal verkeersongevallen in het jaar 2050 volgens de vier klimaatscenario's in Nederland indien de klimaatverandering zich voortzet volgens de voorspellingen. Tevens zal er een voorspellingsinterval worden berekend via Microsoft Excel. Dit zal aangeven dat er 95% kans is dat het werkelijk aantal verkeersongevallen binnen dat bepaald interval ligt (Zaiontz, sd).

¹⁹ Bij schaalvariabelen, of ratio variabelen, bestaan de variabelen uit verschillende waarden waarbij er weldegelijk een verschil is tussen deze waarden. Tevens kan de waarde ook 0 zijn (bijvoorbeeld toegepast in deze masterproef: geen verkeersongevallen, geen neerslag, etc.). Naast schaalvariabelen zijn er ook nominale, ordinale en interval variabelen maar deze zijn niet van toepassing in deze masterproef (KU Leuven, sd).

Het hoofdstuk over de predictie van het aantal verkeersongevallen in 2050 wordt gevolgd door het hoofdstuk waarbij er probleemoplossend nagedacht wordt over hoe de verkeersveiligheid positief beïnvloedt kan worden in strijd tegen de negatieve gevolgen van de klimaatverandering. Concreet betekent dit dat op basis van de resultaten die voortvloeien uit het literatuuronderzoek en de data-analyse enkele oplossingen/richtlijnen kunnen meegegeven worden om de verkeersveiligheid te vrijwaren of (indien mogelijk) zelfs te verbeteren. Hiervoor zal er enerzijds beroep gedaan worden op aanbevelingen uit eerdere uitgevoerde studies en anderzijds op de opgedane kennis van de student doorheen zijn studieloopbaan.

Tot slot zal er in de discussie nog aangegeven worden met welke beperkingen, aannames, etc. het onderzoek te maken kreeg en zullen er aanbevelingen of aandachtspunten gegeven worden voor verder onderzoek.

6. Data-analyse

Op basis van de uitgevoerde literatuurstudie is er een specifieke methode opgemaakt hoe de data geanalyseerd en gerapporteerd zal worden. Binnen de verkeersongevallendata-analyse zal er een onderscheid gemaakt worden tussen de seizoenen winter en zomer. De keuze om deze twee seizoenen bij de masterproef te betrekken is gemaakt door het feit dat de toekomstige klimaatscenario's in Nederland gebaseerd zijn op deze twee seizoenen (zie hoofdstuk '4.1.6. Toekomstige klimaatscenario's in Nederland').

De verkeersongevallendata betreft alle geregistreerde verkeersongevallen die plaatsvinden tussen 1 januari 2009 en 31 december 2018 in provincies Groningen, Limburg, Noord-Holland, Utrecht en Zeeland. Met de gegevens uit deze vijf provincies zal er een beeld worden geschetst voor het volledige land (Nederland). De keuze om deze provincies te betrekken bij de masterproef werd eerder beschreven in hoofdstuk '5. Onderzoeksmethodologie'.

In dit hoofdstuk zal er gestart worden met enkele beschrijvende statistieken over het aantal verkeersongevallen, ingedeeld per seizoen en de ernst hiervan. Dit zal getoond worden aan de hand van enkele grafieken.

Hiernaast wordt de evolutie van de hoeveelheid neerslag alsook de wijziging in de temperatuur en aantal uren mist voorgesteld aan de hand van grafieken. Ook eerder uitgevoerde studies van Brijs, Karlis, & Wets (2007); Islam, Alharthi, & Alam (2019); Lobo, Ferreira, Iglesias, & Couto (2019) en Minhans & Shahid (2015) hanteren deze eerste fase binnen de data-analyse waarbij er gestart wordt met de beschrijvende statistiek.

Tot slot zullen twee variabelen (het aantal verkeersongevallen, ingedeeld naar ernst van de afloop en een bepaalde weersvariabele) gecombineerd worden. Een voorbeeld hiervan is het aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer dat plaatsvindt bij een bepaalde hoeveelheid neerslag in een bepaald uur interval.

Voor het hoofdstuk '6.1. Beschrijvende statistiek' is er gebruik gemaakt van verschillende methodes om eventuele trends in één oogopslag te duiden.

Eerst en vooral zijn de verkeersongevallen per jaar onderzocht. Vervolgens is er een onderscheid gemaakt tussen twee periodes, 2009 tot en met 2013 en 2014 tot en met 2018.

Als derde optie is er gebruik gemaakt van de methode "sliding window". Deze techniek is gebruikt om eventuele patronen beter zichtbaar te maken doorheen de jaren. Voor de gegevens van deze masterproef is deze techniek driemaal toegepast, namelijk:

1. Een vijfjarig "window" met een eenjarige "sliding"
 - a. 2009 – 2013
 - b. 2010 – 2014
 - c. 2011 – 2015

- d. 2012 – 2016
- e. 2013 – 2017
- f. 2014 – 2018

2. Een vierjarig “window” met een tweejarige “sliding”

- a. 2009 – 2012
- b. 2011 – 2014
- c. 2013 – 2016
- d. 2015 – 2018

3. Een vierjarig “window” met een driejarige “sliding”

- a. 2009 – 2012
- b. 2012 – 2015
- c. 2015 – 2018

Na het uitvoeren van bovenstaande methoden is gebleken dat de eerste methode de meest geschikte methode is om de gegevens voor te stellen aangezien de verschillende trends visueel beter konden gerapporteerd worden. Er is daarom gekozen om per jaar en per seizoen de mogelijke trends of evoluties voor te stellen via grafieken en/of tabellen. Hierbij zullen de gegevens van de vijf provincies gesommeerd worden of zal er gebruik gemaakt worden van gemiddelden. Dit zal telkens duidelijk aangegeven worden per onderdeel in dit hoofdstuk.

Tevens wordt er gebruik gemaakt van odds-ratio's. De waarde van deze odds zullen duidelijk maken welke factoren het relatieve risico op verkeersongevallen vergroten of verkleinen. Met behulp van deze methode kan er al een eerste indicatie worden gemaakt betreffende de verkeersveiligheid in de toekomst indien de weersvariabelen zich voortzetten in de beschreven trend bij de klimaatscenario's.

Na het hoofdstuk over de beschrijvende statistieken volgt het deel waarbij verbanden tussen variabelen onderzocht wordt. Dit wordt beschreven in hoofdstuk '6.2. Inferentiële statistiek'. Deze soort van statistiek zal belangrijk zijn om toekomstige voorspellingen te doen aangezien er met behulp van significante regressiemodellen een (voorspeld) aantal verkeersongevallen kan worden opgesteld. Verder kan ook de samenhang tussen een afhankelijke en onafhankelijke variabele bekeken worden.

Voor zowel het hoofdstuk over de beschrijvende statistiek als het hoofdstuk betreffende de inferentiële statistiek worden in de bijlagen van deze masterproef enkele tabellen met absolute aantallen en de resultaten van deze regressieanalyse opgenomen om de resultaten beter te kunnen duiden of te kaderen binnen het geheel. Dit zal telkens aangegeven worden bij het desbetreffende hoofdstuk.

6.1. Beschrijvende statistiek

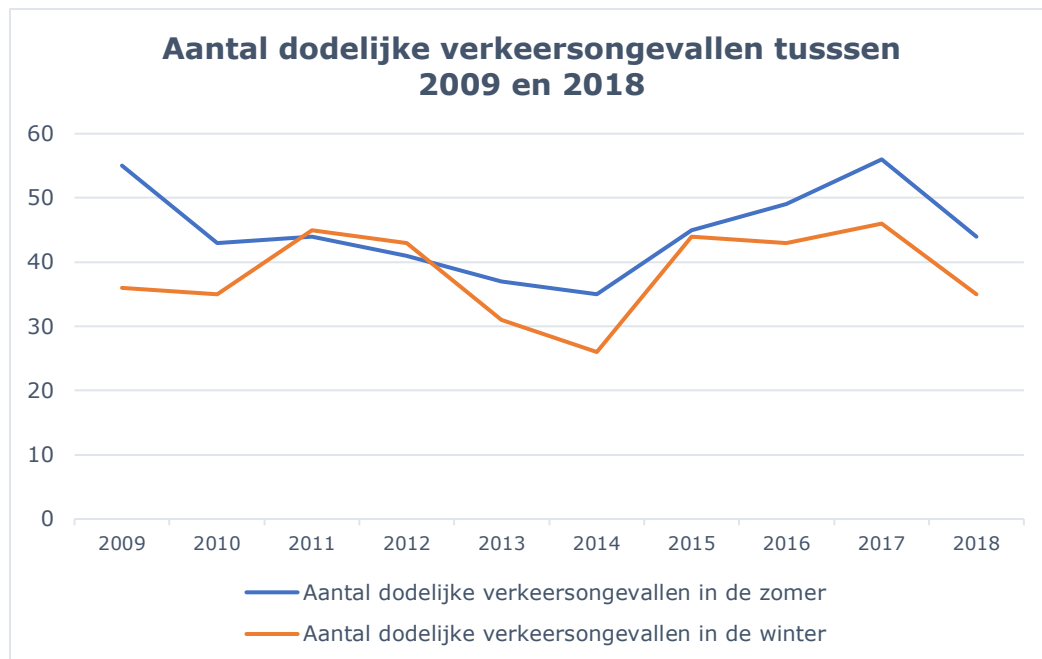
6.1.1. Dodelijke verkeersongevallen tussen 2009 en 2018

Op figuur 16 wordt duidelijk dat het aantal dodelijke verkeersongevallen tussen 2009 en 2018 zowel in de winter als in de zomer zeer fluctuerend is en er geen duidelijke trend merkbaar is. Gemiddeld vinden er 38 dodelijke verkeersongevallen plaats per jaar in winter tussen 2009 en 2018. In de zomer ligt dit aantal 17% hoger. Tijdens dit seizoen vinden er gemiddeld 45 dodelijke verkeersongevallen per jaar plaats.

Een van de verklaringen voor dit hoger aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer is de frequentere aanwezigheid van motorrijders, fietsers en voetgangers in het wegbeeld. Dit doordat deze weggebruikers zich nu eenmaal meer verplaatsen in de zomer dan in de winter en deze meer kwetsbaar zijn opgesteld dan pakweg een auto (Lequeux & Leblud, 2019). Deze theorie kan tevens bevestigd worden door het feit dat er tussen 2009 en 2018 in de vijf betrokken provincies in Nederland tijdens de zomer 51% meer zwakke weggebruikers en motorrijders betrokken waren bij de dodelijke verkeersongevallen.

“Ook slapen mensen in de zomermaanden minder lang en zijn ze minder alert door dit slaapttekort of door het feit dat de mensen een glas alcohol meer drinken”, aldus Stef Willems, woordvoerder van VIAS Institute (Redactie24., 2019).

Voor het absoluut aantal dodelijke verkeersongevallen per jaar, per provincie en per seizoen wordt er doorverwezen naar bijlage 3 van deze masterproef.



FIGUUR 16 Aantal dodelijke verkeersongevallen tussen 2009 en 2018 (eigen werk)

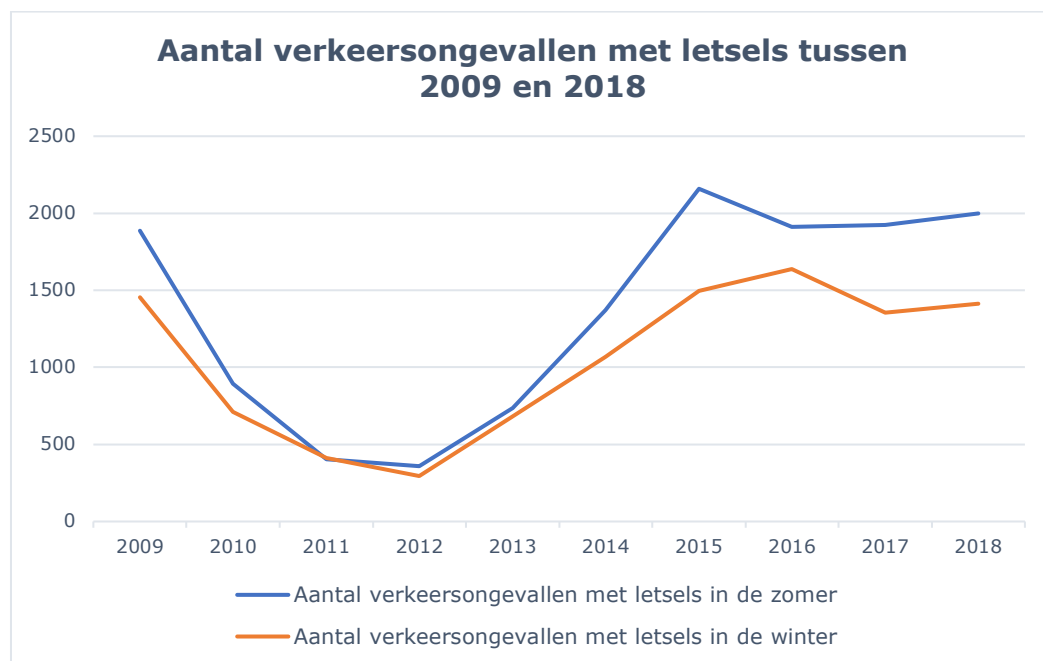
6.1.2. Verkeersongevallen met letsels tussen 2009 en 2018

Wat het aantal verkeersongevallen met letsels betreft is er zowel in de zomer als winter een gelijkaardige trend merkbaar. Er is tot en met 2012 een daling van dit soort verkeersongevallen waarna er een stijging plaatsvindt. Het aantal verkeersongevallen met letsels per jaar in de zomer ligt ook hoger dan deze in de winter. In de zomer vinden er namelijk gemiddeld 29% meer verkeersongevallen met letsels plaats dan in de winter (1364 in vergelijking met 1053).

Een van de verklaringen voor dit hoger aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer is de frequentere aanwezigheid van motorrijders, fietsers en voetgangers in het wegbeeld. Dit doordat deze weggebruikers zich nu eenmaal meer verplaatsen in de zomer dan in de winter en deze meer kwetsbaar zijn opgesteld dan pakweg een auto (Lequeux & Leblud, 2019). Uit de onderzoeksperiode blijkt eveneens dat in de zomer 55% meer fietsers, voetgangers en motorrijders zijn betrokken bij verkeersongevallen met letsels.

“Ook slapen mensen in de zomermaanden minder lang en zijn ze minder alert door dit slaapttekort of door het feit dat de mensen een glas alcohol meer drinken”, aldus Stef Willems, woordvoerder van VIAS Institute (Redactie24., 2019).

Voor het absoluut aantal verkeersongevallen met letsels per jaar, per provincie en per seizoen wordt er doorverwezen naar bijlage 4 van deze masterproef.



FIGUUR 17 Aantal verkeersongevallen met letsels tussen 2009 en 2018 (eigen werk)

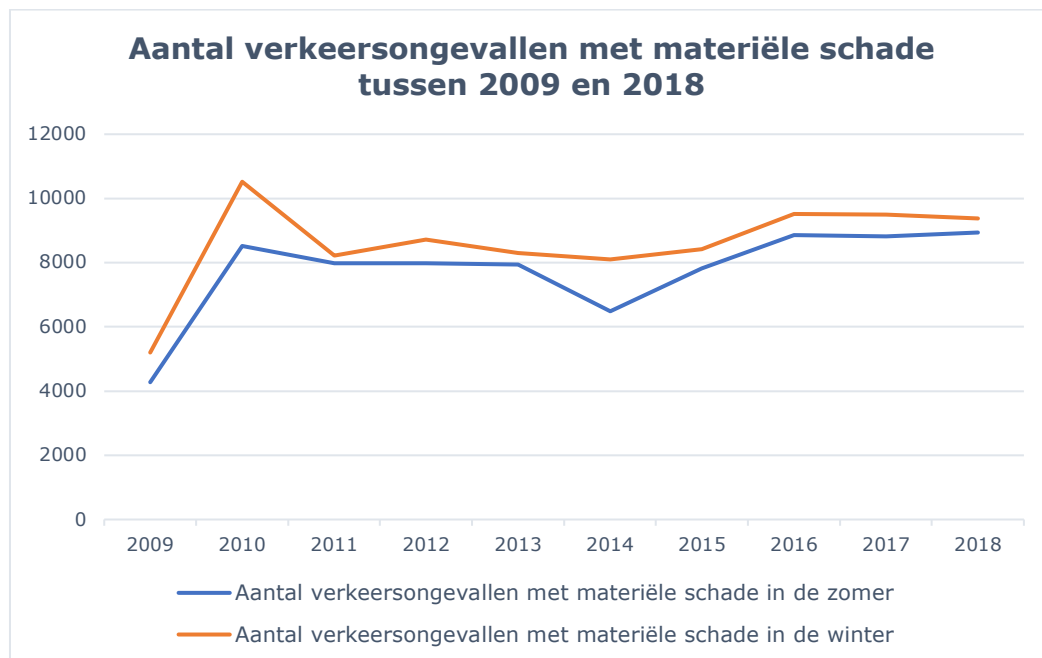
6.1.3. Verkeersongevallen met materiële schade tussen 2009 en 2018

In vergelijking met de dodelijke verkeersongevallen alsook de verkeersongevallen met letsels is op te merken dat in de winter verkeersongevallen met slechts materiële schade meer plaatsvinden in vergelijking met de zomer. Toch is er een eenzelfde trend merkbaar bij beide seizoenen zoals bij de verkeersongevallen met letsels. Zo is er in 2010 een sterke stijging ten opzichte van 2009 en dit zowel in de winter als in de zomer terwijl er na 2010 in beide seizoenen een daling in het aantal verkeersongevallen met materiële schade plaatsvindt.

In de winter vinden er tijdens de onderzoeksperiode 11% meer verkeersongevallen plaats met enkel materiële schade dan in de zomer (8.587 in vergelijking met 7.761).

Een van de redenen waarvoor het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter hoger ligt dan in de zomer is het feit dat het in de wintermaanden het aantal uren daglicht beperkt is en hierdoor de snelheid van de voertuigen lager ligt omdat bestuurders hun rijgedrag aanpassen aan deze omstandigheden. Door deze lagere snelheid zal de ernst van de afloop van het verkeersongeval hier positieve effecten van ondervinden, namelijk een grotere kans op slechts materiële schade na het verkeersongeval (Advocatenkantoor IntoLaw, sd).

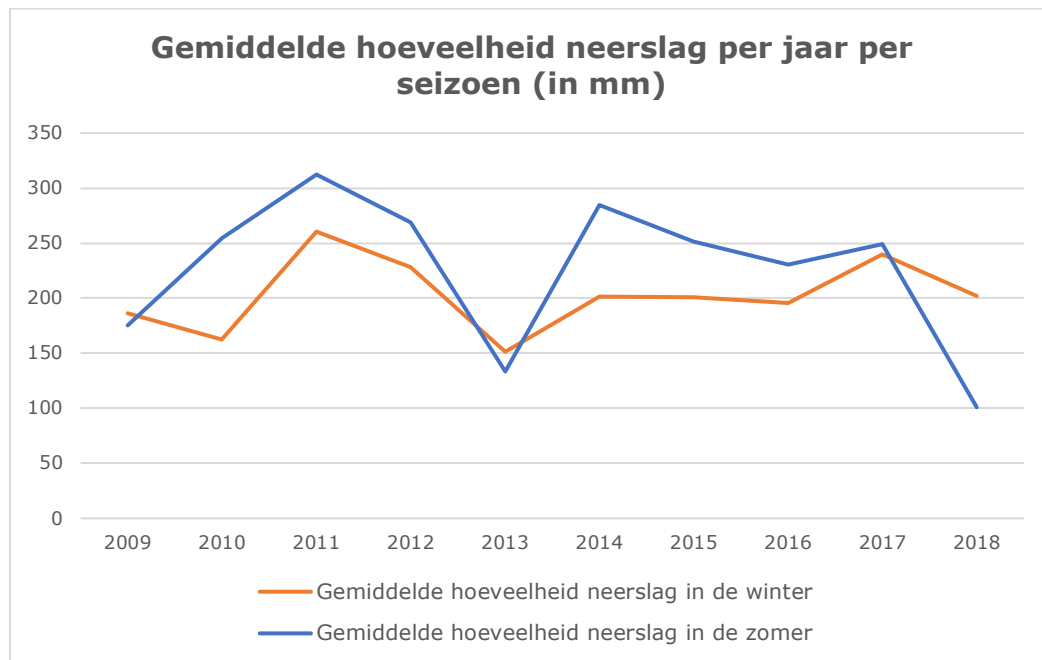
Voor het absoluut aantal verkeersongevallen met materiële schade per jaar, per provincie en per seizoen wordt er doorverwezen naar bijlage 5 van deze masterproef.



FIGUUR 18 Aantal verkeersongevallen met materiële schade tussen 2009 en 2018 (eigen werk)

6.1.4. Hoeveelheid neerslag tussen 2009 en 2018

Met behulp van meteogegevens van het KNMI is figuur 19 opgesteld. Er is zowel in de winter als zomer geen eenduidige trend merkbaar in de voorbije tien jaar. Vanaf 2014 is er voor beide seizoenen wel een bepaald patroon waarneembaar. In de winter is er een stijging te merken van de hoeveelheid neerslag terwijl in de zomer deze hoeveelheid afneemt. Dit is ook conform de bevindingen uit de eerder gevoerde literatuurstudie. Uit deze literatuurstudie is namelijk gebleken dat klimaatverandering "nattere winters" en "drogere zomers" veroorzaakt.



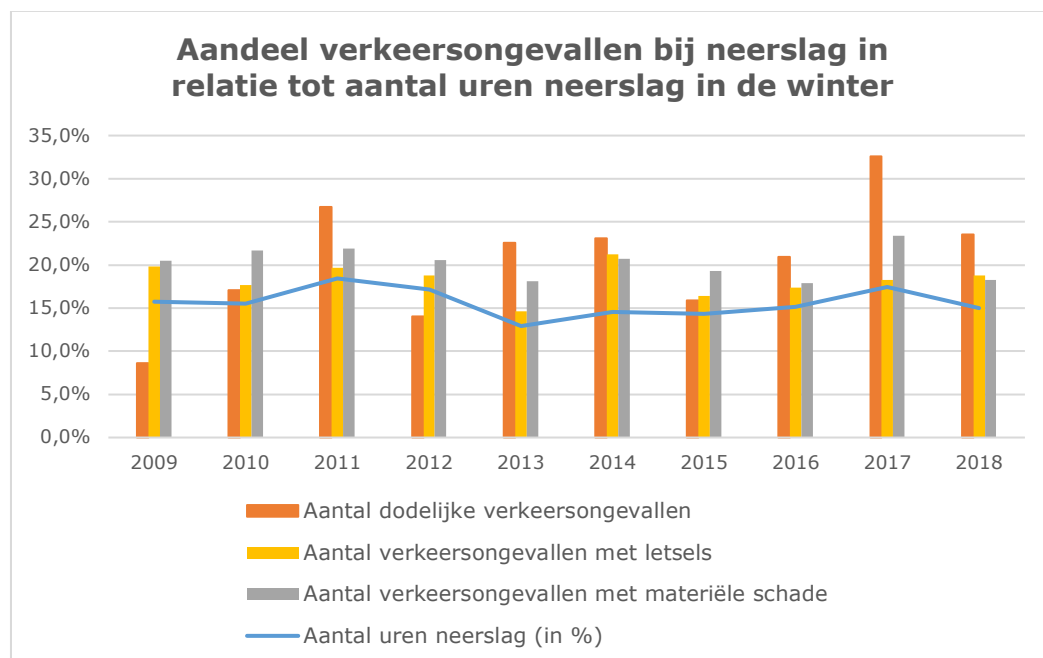
FIGUUR 19 Gemiddelde hoeveelheid neerslag per jaar per seizoen (eigen werk)

6.1.5. Aantal uren neerslag in de winter tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen

Het aantal uur intervallen waar er neerslag aanwezig is, is voor de winter zeer fluctuerend doorheen de onderzoeksperiode (2009 – 2018). In de winter van 2013 is er een sterke daling merkbaar in het aantal uren neerslag. Dit was te verklaren door het feit dat 2013 een droog en zonnig jaar was in vergelijking met de andere jaren (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, sd). Vanaf 2014 is er in de winter een stijging op te merken van het aantal uur intervallen met neerslag.

Het aantal verkeersongevallen die plaatsvinden in de winter tussen 2009 en 2018, ongeacht de ernst ervan, kennen een zeer fluctuerend verloop. In 2011 en 2017 is er bijvoorbeeld een stijging merkbaar in het aantal uren neerslag (zie figuur 20) alsook in het aantal dodelijke verkeersongevallen. In 2013 is er eveneens een stijging van het aantal dodelijke verkeersongevallen, terwijl het aantal uren neerslag een daling kende ten opzichte van 2012. In 2013 kende het aantal verkeersongevallen met letsels en verkeersongevallen met materiële schade dan weer wel een daling.

Op basis van dergelijke tegenstrijdigheden kan er aangenomen worden dat er op basis van deze gegevens geen eenduidige uitspraken gedaan kunnen worden wat betreft een toename/afname in aantal uren neerslag in de winter in relatie met positieve/negatieve effecten op verkeersveiligheid.



FIGUUR 20 Aandeel verkeersongevallen (in %) bij neerslag in de winter (eigen werk)

6.1.5.1. Het relatieve risico van verkeersongevallen bij neerslag in de winter

Het relatieve risico op verkeersongevallen bij uren waarbij er neerslag gemeten is, is groter dan bij uren waarbij er geen neerslag waargenomen is. Dit kan worden aangetoond via de odds-ratio, een methode die Black, Villarini, & Mote (2017) ook hanteerden in hun studie (zie hoofdstuk '4.2.2.1. Invloed van weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen').

Uit de berekening van deze odds-ratio wordt duidelijk dat het relatieve risico groter is bij verkeersongevallen met neerslag in de winter dan deze zonder neerslag. Dit kan aangetoond worden met behulp van de waarde van de odds-ratio die groter is dan 1 (met uitzondering het risico van de dodelijke verkeersongevallen in 2009, 2010 en 2015). De odds-ratio kent in deze drie jaren een waarde die kleiner is dan 1 wat betekent dat het relatieve risico op dodelijke verkeersongevallen bij neerslag in de winter kleiner was dan het risico op een dodelijk verkeersongeval wanneer er geen neerslag viel.

TABEL 2 Odds-ratio per type verkeersongeval met/zonder neerslag in de winter

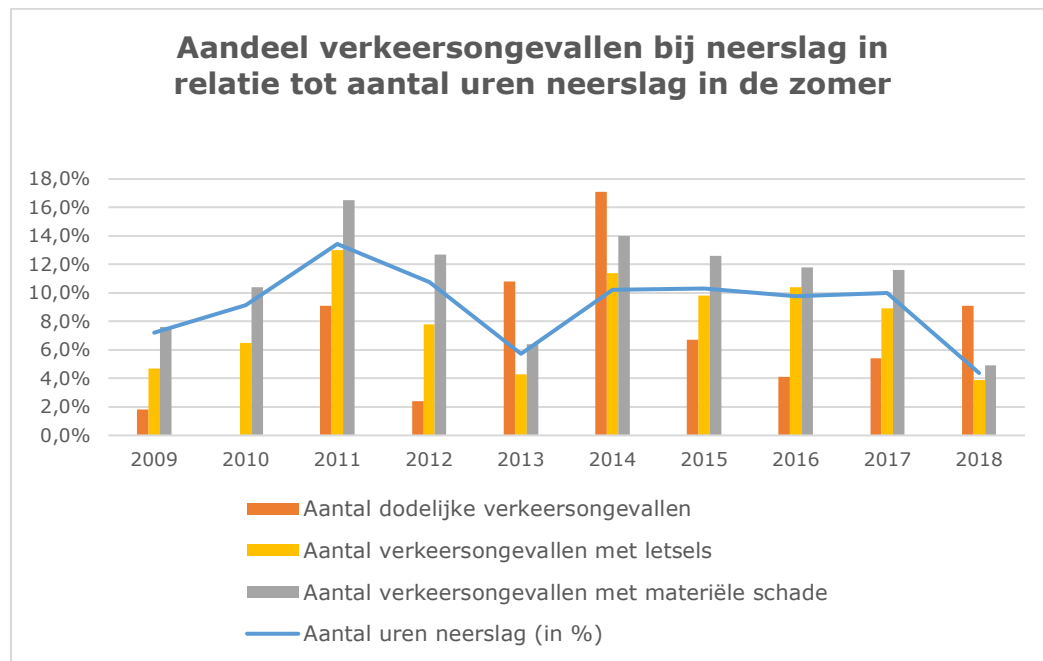
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Odds-ratio dodelijke verkeersongevallen	0,52	0,77	2,22	1,12	1,35	1,69	0,94	1,06	2,46	2,00
Odds-ratio verkeersongevallen met letsels	1,25	1,16	1,05	1,39	1,17	1,43	1,22	1,23	1,12	1,29
Odds-ratio verkeersongevallen met materiële schade	1,40	1,50	1,29	1,36	1,56	1,55	1,45	1,23	1,47	1,32

Wanneer in de toekomst het aantal uren neerslag en de hoeveelheid neerslag in de winter zal stijgen, zoals de toekomstige klimaatscenario's voorschrijven, zal dit een negatief effect hebben op de verkeersveiligheid aangezien het relatieve risico bij uren met neerslag groter is dan deze die gekenmerkt worden zonder neerslag. Het aantal verkeersongevallen zal in de toekomst dus toenemen naarmate er meer neerslaguren aanwezig zijn in de winter.

De benodigde gegevens alsook de uitgebreide berekeningen van de odds-ratio's, ingedeeld per ernst van het verkeersongeval, per jaar en per provincie zijn opgenomen in bijlage 6 van deze masterproef.

6.1.6. Aantal uren neerslag in de zomer tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen

Het aantal uur intervallen waar er neerslag aanwezig is, is voor zowel de winter als de zomer zeer fluctuerend doorheen de onderzoeksperiode (2009 – 2018). Net zoals in de winter is er in de zomer in het jaar 2013 een sterke daling merkbaar in het aantal uren neerslag. Dit was te verklaren door het feit dat 2013 een droog en zonnig jaar was in vergelijking met de andere jaren (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, sd). Vanaf 2014 is er in de zomer een daling van het aantal uur intervallen met neerslag, terwijl er in de winter vanaf 2014 net een stijging is van dit aantal uur intervallen.



FIGUUR 21 Aandeel verkeersongevallen (in %) bij neerslag in de zomer (eigen werk)

Het aantal verkeersongevallen in de zomer die plaatsvinden bij neerslag vertoont een soortgelijk patroon als het aantal uren waarbij er neerslag valt.

In 2011 en 2014 zijn er twee pieken op te merken waar er meer uren zijn dat er neerslag valt. Ook het aantal verkeersongevallen stijgen in deze jaren gevoelig.

In 2012 en 2013 is er een daling op te merken van het aantal uren neerslag en dit is ook te merken in het aantal verkeersongevallen met letsels alsook deze met materiële schade. Het aantal dodelijke verkeersongevallen stijgt dan wel weer in 2013 en dit is in contrast met voorgaande bevindingen. Ook in 2017 en 2018 zijn deze omgekeerde patronen te vinden. In deze twee jaren dalen het aantal uren neerslag alsook de verkeersongevallen met letsels en materiële schade. Het aantal dodelijke verkeersongevallen stijgt dan weer.

6.1.6.1. Het relatieve risico van verkeersongevallen bij neerslag in de zomer

Het relatieve risico op verkeersongevallen met materiële schade bij uren waarbij er neerslag gemeten is, is groter dan bij uren waarbij er geen neerslag

waargenomen is. Verder is het relatieve risico op verkeersongevallen met letsels bij uren waarbij er neerslag gemeten is, kleiner dan bij uren waarbij er geen neerslag gemeten is (met uitzondering van de jaren 2011, 2014 en 2016). Tot slot is het relatieve risico op dodelijke verkeersongevallen bij uren waarbij er neerslag valt over het algemeen kleiner dan bij uren waarbij er geen neerslag valt (de jaren 2013, 2014 en 2018 zijn hier de uitzondering).

Deze relatieve risico's worden aangetoond via de odds-ratio, een methode die Black, Villarini, & Mote (2017) ook hanteerden in hun studie (zie hoofdstuk '4.2.2.1. Invloed van weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen'). Indien de odds-ratio een waarde heeft groter dan 1 betekent dit dat het risico op verkeersongevallen bij neerslag groter is dan wanneer er geen neerslag is. Is de waarde van de odds-ratio kleiner dan 1 dan betekent dit dat het relatieve risico op verkeersongevallen bij neerslag kleiner is dan wanneer er geen neerslag valt.

TABEL 3 Odds-ratio per type verkeersongeval met/zonder neerslag in de zomer

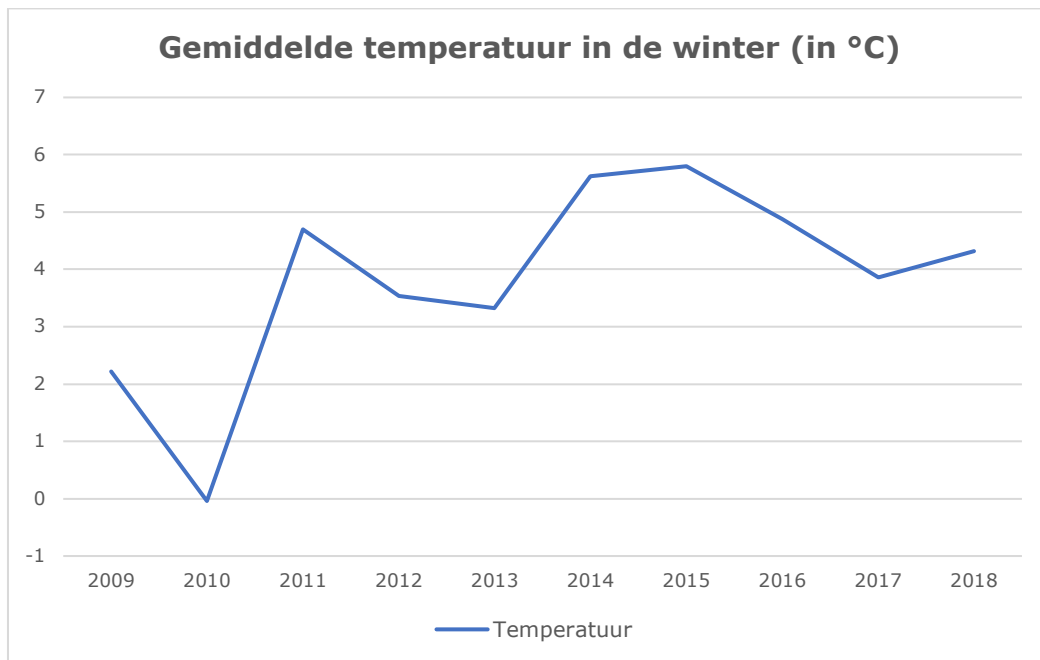
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Odds-ratio dodelijke verkeersongevallen	0,18	0,00	0,77	0,34	2,65	1,43	0,99	0,61	0,53	2,18
Odds-ratio verkeersongevallen met letsels	0,74	0,80	1,01	0,77	0,74	1,07	0,96	1,20	0,93	0,86
Odds-ratio verkeersongevallen met materiële schade	1,17	1,12	1,25	1,21	1,19	1,39	1,24	1,29	1,23	1,14

Wanneer in de toekomst het aantal uren neerslag en de hoeveelheid neerslag in de zomer zal dalen, zoals de toekomstige klimaatscenario's voorschrijven, zal dit enerzijds een negatief effect hebben op het aantal dodelijke verkeersongevallen alsook op het aantal verkeersongevallen met letsels, anderzijds een positief effect op het aantal verkeersongevallen met materiële schade.

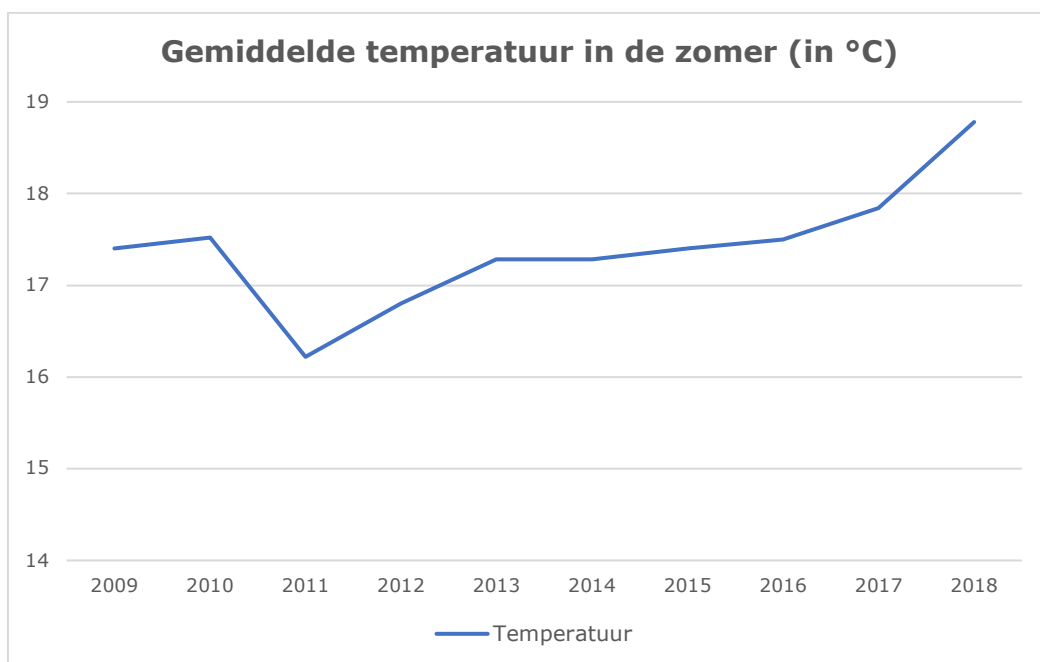
De benodigde gegevens alsook de uitgebreide berekeningen van de odds-ratio's, ingedeeld per ernst van het verkeersongeval, per jaar en per provincie zijn opgenomen in bijlage 7 van deze masterproef.

6.1.7. Gemiddelde temperatuur tussen 2009 en 2018

Uit de voorspellingen van de toekomstige klimaatscenario's van Nederland is gebleken dat de temperatuur zowel in de winter als zomer gestegen zijn in 2050 ten opzichte van de jaren 2000 (zie hoofdstuk '4.1.6.1. Temperatuur'). Ook uit de data-analyse is er een stijgende tendens in temperatuur op te merken en dit voor beide seizoenen. Voor de winter zijn er tussen 2009 en 2018 enkele pieken en dalen op te merken terwijl deze pieken en dalen in de zomer vanaf 2011 veel minder uitgesproken zijn.



FIGUUR 22 Gemiddelde temperatuur per jaar in de winter (eigen werk)

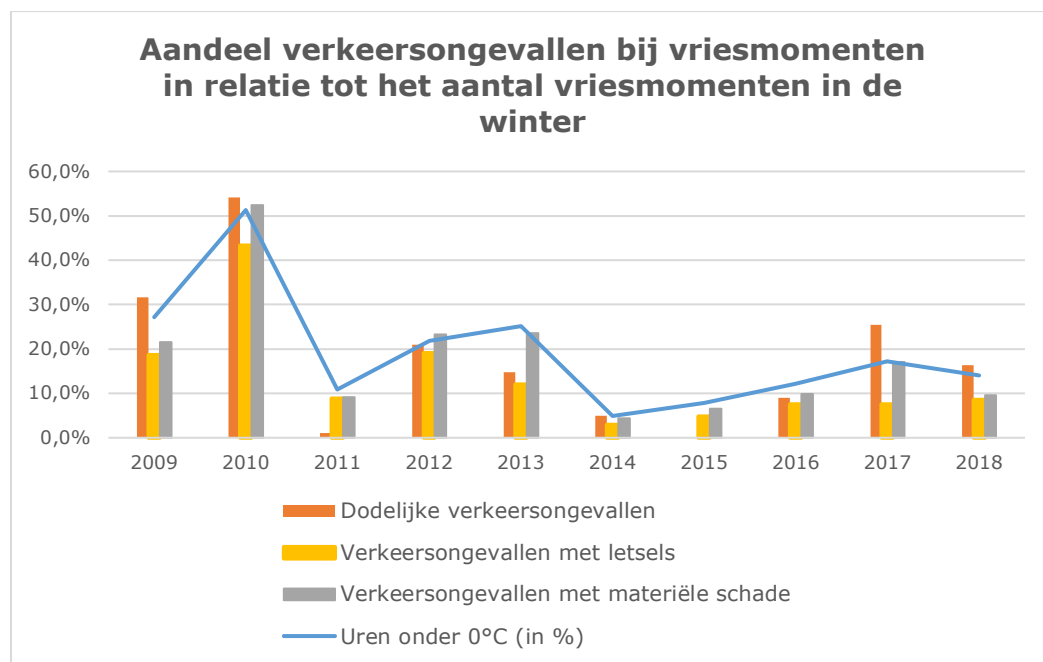


FIGUUR 23 Gemiddelde temperatuur per jaar in de zomer (eigen werk)

6.1.7.1. Wintergladheid en het relatieve risico bij vorsturen in de winter

Het aantal dagen dat de veiligheidsdiensten zout moeten strooien in de toekomst zouden volgens de toekomstige klimaatscenario's in Nederland ook sterk dalen tegen 2050 (zie hoofdstuk '4.1.6.2. Wintergladheid'). Dit zou een positief gevolg zijn van de klimaatverandering aangezien er dan minder kans is op verkeersongevallen veroorzaakt door gladde wegen die op hun beurt veroorzaakt zijn door aanvriezende neerslag, vorst of ijzel.

Uit de data-analyse blijkt dat er in de voorbije tien jaar een dalende trend op te merken is in Nederland, wat betekent dat de theorie van de toekomstige klimaatscenario's bevestigd kan worden.



FIGUUR 24 Aandeel verkeersongevallen (in %) bij temperatuur onder 0°C in de winter (eigen werk)

Wat betreft het aantal verkeersongevallen die plaatsvinden indien de temperatuur onder 0°C gelegen is, is een soortgelijk patroon waar te nemen. Indien het aantal vorsturen daalt, dalen ook het aantal verkeersongevallen (zie figuur 24). Concreet betekent dit dat wanneer er minder vorsturen zijn, er ook minder verkeersongevallen plaatsvinden, ongeacht de ernst van de afloop van het verkeersongeval.

Zoals op figuur 24 te merken is, zal in de toekomst het aantal vorsturen dalen, op voorwaarde dat de trend tussen 2009 en 2018 aangehouden blijft. Dit is conform de bevindingen van de klimaatwetenschappers die melden dat in de toekomst er minder negatieve temperaturen zullen voorkomen gedurende de winter (European Environment Agency, 2016).

Verder is het relatieve risico bij uren waarbij er vorst waargenomen is, doorgaans kleiner dan bij uren waarbij er geen vorst waargenomen is. Dit wordt aangetoond

via de odds-ratio, een methode die Black, Villarini, & Mote (2017) ook hanteerden in hun studie (zie hoofdstuk '4.2.2.1. Invloed van weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen'). Wanneer in de toekomst het aantal vorsturen zal dalen, zal dit dus een negatief effect hebben op de verkeersveiligheid aangezien het relatieve risico bij uren zonder vorst groter is dan deze die gekenmerkt worden met vorst (de waarde van de odds zijn kleiner dan 1). Het aantal verkeersongevallen zal dus in de toekomst stijgen naarmate er minder vorsturen aanwezig zijn in de winter. Voornamelijk het risico op verkeersongevallen met letsels alsook verkeersongevallen met materiële schade bij negatieve temperaturen is kleiner dan dergelijke verkeersongevallen bij positieve temperaturen. Het relatieve risico op dodelijke verkeersongevallen bij negatieve temperaturen is fluctuerend per jaar dus hierover kan er geen eenduidige conclusie genomen worden.

TABEL 4 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van vorsturen in de winter

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Odds-ratio dodelijke verkeersongevallen	1,25	0,77	0,08	0,98	0,51	1,02	0,00	0,72	1,64	1,21
Odds-ratio verkeersongevallen met letsels	0,62	0,71	0,80	0,85	0,41	0,58	0,60	0,59	0,40	0,57
Odds-ratio verkeersongevallen met materiële schade	0,74	1,05	0,84	1,09	0,92	0,89	0,84	0,79	0,99	0,65

De benodigde gegevens alsook de uitgebreide berekeningen van de odds-ratio's, ingedeeld per ernst van het verkeersongeval, per jaar en per provincie zijn opgenomen in bijlage 8 van deze masterproef.

6.1.7.2. Het relatieve risico van verkeersongevallen bij een gemiddelde temperatuur in de winter

In dit hoofdstuk wordt het relatieve risico op verkeersongevallen onderzocht indien de temperatuur boven of onder de gemiddelde temperatuur gelegen is in de winter. De gemiddelde temperatuur in Nederland in de winter bedraagt 3,0°C²⁰ (Weerstatistieken, sd).

Om dit relatieve risico te berekenen wordt er zoals in voorgaande hoofdstukken gebruik gemaakt van de methode die odds-ratio berekent. Uit de berekeningen is gebleken dat het risico op verkeersongevallen met letsels in de winter groter is wanneer de temperatuur hoger is dan de gemiddelde temperatuur aangezien de odds-ratio een waarde kent hoger dan 1 (met uitzondering van het jaar 2012). Wat betreft het aantal dodelijke verkeersongevallen en verkeersongevallen met materiële schade in de winter is er geen eenduidige trend op te merken.

Eenzijds is het risico op een dodelijk verkeersongeval of verkeersongeval met materiële schade groter (wanneer de waarde van de odds-ratio groter is dan 1) als de temperatuur boven de gemiddelde temperatuur gelegen is. Anderzijds is het risico op een dodelijk verkeersongeval of verkeersongeval met materiële schade kleiner wanneer de temperatuur onder de gemiddelde temperatuur gelegen is (wanneer waarde van de odds-ratio kleiner is dan 1).

Volgens de toekomstige klimaatscenario's in Nederland zal de temperatuur in de winter stijgen (zie hoofdstuk '4.1.6.1. Temperatuur'). Dit betekent dat op basis van de berekende odds-ratio's meer uur intervallen boven de gemiddelde temperatuur gelegen zullen zijn. Aangezien het risico op verkeersongevallen bij een temperatuur hoger dan de gemiddelde temperatuur groter wordt geacht heeft een toename in temperatuur in de winter negatieve gevolgen voor de verkeersveiligheid (er is een grotere kans op verkeersongevallen).

TABEL 5 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van gemiddelde temperatuur in de winter

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Odds-ratio dodelijke verkeersongevallen	0,97	0,55	1,44	1,00	0,95	0,82	2,00	0,87	1,02	1,04
Odds-ratio verkeersongevallen met letsels	1,36	1,31	1,00	0,90	2,13	1,32	1,31	1,19	1,36	1,25
Odds-ratio verkeersongevallen met materiële schade	1,19	0,79	1,03	0,87	0,98	1,14	1,10	1,12	0,93	1,30

De benodigde gegevens alsook de uitgebreide berekeningen van de odds-ratio's, ingedeeld per ernst van het verkeersongeval, per jaar en per provincie zijn opgenomen in bijlage 9 van deze masterproef.

²⁰ Deze gemiddelde temperatuur in de winter is gebaseerd op de gemiddelde maandtemperaturen in december, januari en februari sinds 1901 tot en met 2018 (Weerstatistieken, sd).

6.1.7.3. Het relatieve risico van verkeersongevallen bij een gemiddelde temperatuur in de zomer

In dit hoofdstuk wordt het relatieve risico op verkeersongevallen onderzocht indien de temperatuur boven of onder de gemiddelde temperatuur gelegen is in de zomer. De gemiddelde temperatuur in Nederland in de zomer bedraagt 16,3°C²¹ (Weerstatistieken, sd).

Om dit relatieve risico te berekenen wordt er zoals in voorgaande hoofdstukken gebruik gemaakt van de methode die odds-ratio berekent. Vanuit de waarden van de odds-ratio's die berekend zijn voor elk type verkeersongeval kan er een eenduidige conclusie opgemaakt worden. Indien de temperatuur in de zomer boven de gemiddelde temperatuur van 16,3°C gelegen is, is het risico op een verkeersongeval (ongeacht het type) groter dan wanneer de temperatuur onder de gemiddelde temperatuur gelegen is. Dit kan worden aangetoond door het feit dat de waarden van de odds-ratio's allemaal een waarde groter dan 1 bedragen (zie onderstaande tabel).

Volgens de toekomstige klimaatscenario's in Nederland zal de temperatuur in de zomer stijgen (zie hoofdstuk '4.1.6.1. Temperatuur'). Dit betekent dat op basis van de berekende odds-ratio's meer uur intervallen boven de gemiddelde temperatuur gelegen zullen zijn. Aangezien het risico op verkeersongevallen bij een temperatuur hoger dan de gemiddelde temperatuur groter wordt geacht heeft een toename in temperatuur in de zomer negatieve gevolgen voor de verkeersveiligheid (er is een grotere kans op verkeersongevallen).

TABEL 6 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van gemiddelde temperatuur in de zomer

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Odds-ratio dodelijke verkeersongevallen	1,84	1,46	1,39	1,50	1,73	1,88	3,34	1,65	2,68	0,78
Odds-ratio verkeersongevallen met letsels	1,94	1,73	1,89	1,73	2,09	1,81	1,95	2,08	2,34	2,19
Odds-ratio verkeersongevallen met materiële schade	1,55	1,83	1,73	1,65	1,79	1,72	1,60	1,87	2,13	1,85

De benodigde gegevens alsook de uitgebreide berekeningen van de odds-ratio's, ingedeeld per ernst van het verkeersongeval, per jaar en per provincie zijn opgenomen in bijlage 10 van deze masterproef.

²¹ Deze gemiddelde temperatuur in de zomer is gebaseerd op de gemiddelde maandtemperaturen in juni, juli en augustus sinds 1901 tot en met 2018 (Weerstatistieken, sd).

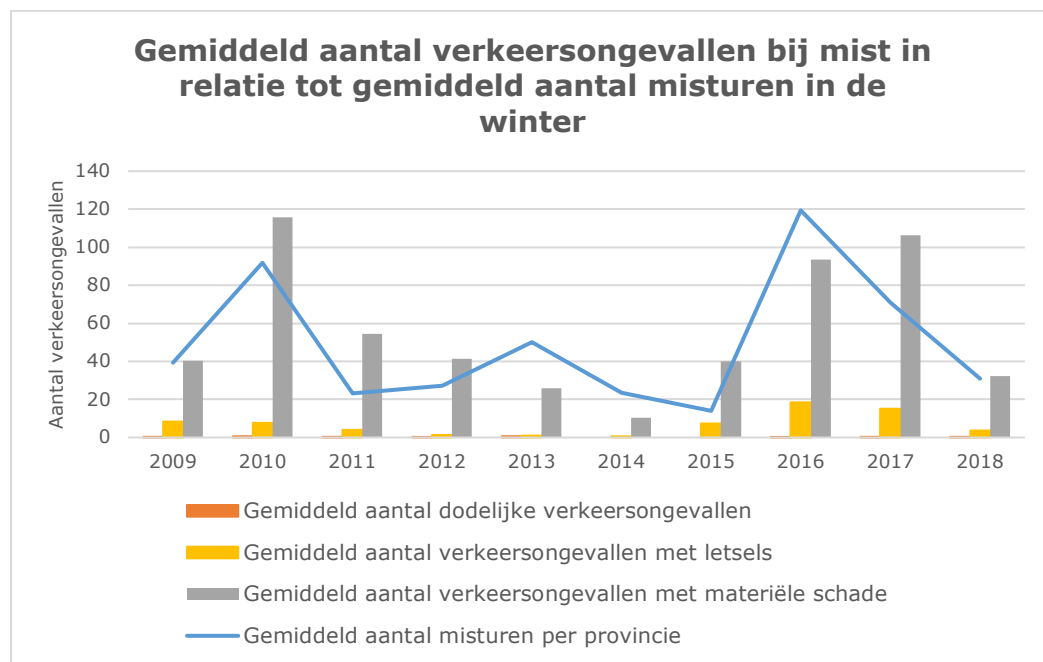
6.1.8. Aantal uren mist in de winter tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen²²

Het aantal uren waarbij er mist aanwezig is in de winter is fluctuerend overheen de jaren van de onderzoeksperiode (2009-2018). Er zijn gedurende de onderzoeksperiode drie pieken op te merken (2010, 2013 en 2016), met de grootste piek in 2016. In dat jaar waren er tijdens de winter gemiddeld 120 misturen per provincie geregistreerd.

Tevens zijn de pieken in 2010 en 2016 waar te nemen in het aantal verkeersongevallen met letsels alsook in het aantal verkeersongevallen met materiële schade.

Een duidelijke trend voor het aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de winter is niet aanwezig.

In bijlage 11 van deze masterproef zijn de absolute gegevens (aantal uren mist alsook aantal verkeersongevallen, ingedeeld per type) per provincie in de winter opgenomen.



FIGUUR 25 Gemiddeld aantal verkeersongevallen per provincie bij mist in de winter (eigen werk)

²² Mist wordt gedefinieerd als zichtbaarheid <1 km (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015).

6.1.8.1. Het relatieve risico van verkeersongevallen bij mist in de winter

Volgens berekeningen in de toekomstige klimaatscenario's van Nederland zal het aantal uren mist drastisch dalen tegen 2050 (zie hoofdstuk '4.1.6.4. Zichtbaarheid en mist'). In dit hoofdstuk zal er aan de hand van het gebruik van odds-ratio worden onderzocht of het risico op verkeersongevallen bij mist in de winter groter of kleiner is dan het risico op verkeersongevallen zonder mist in de winter. Indien dit risico in de winter groter is, heeft dit positieve gevolgen op de verkeersveiligheid aangezien het aantal uren mist zal afnemen in de toekomst en dit de kans op verkeersongevallen zal doen afnemen.

In 2009, 2010, 2011 en 2012 is het relatieve risico op een verkeersongeval (ongeacht de ernst) bij mist groter dan wanneer er geen mist aanwezig is aangezien de waarde van de odds-ratio's groter zijn dan 1. In 2016 is dit net het omgekeerde. In dat jaar is het risico op een verkeersongeval kleiner wanneer er mist aanwezig is. Het risico op een verkeersongeval bij afwezigheid van mist is bijgevolg groter aangezien de odds-ratio's een waarde kennen dat kleiner is dan 1. Voor de odds-ratio met een waarde groter dan 1 kan de oorzaak van het verkeersongeval bij mist te wijten zijn aan het feit dat mist aquaplaning veroorzaakt doordat de waterdruppels een dunne waterlaag vormen op het wegdek en dit het risico op een verkeersongeval kan vergroten aangezien de banden hierdoor minder grip hebben op het wegdek (Terpstra, 1995). Een mogelijke verklaring voor het verminderd risico van verkeersongevallen bij aanwezigheid van mist is het feit dat bestuurders en andere weggebruikers de rijstijl aanpassen bij slechtere weersomstandigheden, in dit geval verminderd zicht veroorzaakt door mist (Oppe, 1988)

Tot slot is er geen duidelijke evolutie doorheen de jaren op te merken en kan er op basis van de gegevens die zijn opgenomen in tabel 7 geen eenduidige conclusie gemaakt worden betreffende de invloed van een vermindering in aantal misturen in de winter op de verkeersveiligheid.

De benodigde gegevens alsook de uitgebreide berekeningen van de odds-ratio's, ingedeeld per ernst van het verkeersongeval, per jaar en per provincie zijn opgenomen in bijlage 13 van deze masterproef.

TABEL 7 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van mist in de winter

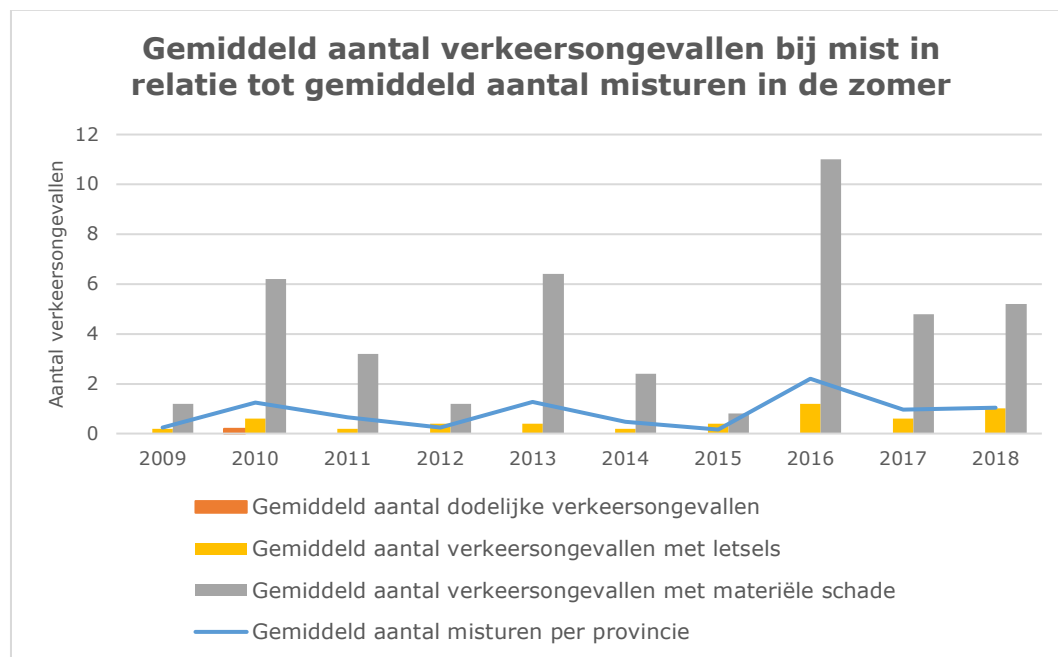
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Odds-ratio dodelijke verkeersongevallen	1,61	1,70	1,86	3,12	1,55	0,00	0,00	0,44	0,39	2,68
Odds-ratio verkeersongevallen met letsels	1,46	1,18	4,52	3,63	0,31	0,41	4,03	0,87	1,99	0,79
Odds-ratio verkeersongevallen met materiële schade	2,75	1,41	4,89	15,88	1,70	2,32	7,32	0,82	2,07	1,55

6.1.9. Aantal uren mist in de zomer tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen²³

Het aantal uren waarbij er mist aanwezig is in de zomer is net zoals in de winter fluctuerend overheen de jaren van de onderzoeksperiode (2009-2018). In de jaren 2010, 2013 en 2016 zijn er net zoals in de winter meer uren aanwezig waarbij er mist waargenomen is. Deze trend is eveneens waar te nemen in het aantal verkeersongevallen met materiële schade en ook in het aantal verkeersongevallen met letsels, weliswaar in mindere mate. Er kan dus op basis van figuur 26 worden geconcludeerd dat meer misturen in de zomer meer verkeersongevallen met materiële schade en meer verkeersongevallen met letsels veroorzaken (zie ook volgend hoofdstuk '6.1.9.1. Het relatieve risico van verkeersongevallen bij mist in de zomer').

Een duidelijke trend voor het aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de zomer is net zoals in de winter niet aanwezig.

In bijlage 12 van deze masterproef zijn de absolute gegevens (aantal uren mist alsook aantal verkeersongevallen, ingedeeld per type) per provincie in de zomer opgenomen.



FIGUUR 26 Gemiddeld aantal verkeersongevallen per provincie bij mist in de zomer (eigen werk)

²³ Mist wordt gedefinieerd als zichtbaarheid <1 km (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015).

6.1.9.1. Het relatieve risico van verkeersongevallen bij mist in de zomer

Volgens berekeningen in de toekomstige klimaatscenario's van Nederland zal het aantal uren mist drastisch dalen tegen 2050 (zie hoofdstuk '4.1.6.4. Zichtbaarheid en mist'). In dit hoofdstuk zal er aan de hand van het gebruik van odds-ratio worden onderzocht of het risico op verkeersongevallen bij mist in de zomer groter of kleiner is dan het risico op verkeersongevallen zonder mist in de zomer. Indien dit risico in de zomer groter is, heeft dit positieve gevolgen op de verkeersveiligheid aangezien het aantal uren mist zal afnemen in de toekomst en dit de kans op verkeersongevallen zal doen afnemen.

In vergelijking met de odds-ratio's in de winter met betrekking tot aan-en afwezigheid van mist kan er in de zomer wel een duidelijke conclusie gevormd worden wat betreft het relatieve risico op verkeersongevallen bij mist in de zomer.

Het relatieve risico op verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de zomer is kleiner dan het risico op verkeersongevallen met materiële schade bij afwezigheid van mist aangezien de odds-ratio's een waarde kennen dat kleiner is dan 1.

Het relatieve risico op dodelijke verkeersongevallen en verkeersongevallen met letsels is tevens kleiner wanneer er mist aanwezig is. Enkel de jaren 2010 en 2015 zijn hierop een uitzondering. Deze twee jaren kennen een odds-ratio met een waarde die groter is dan 1.

Er kan op basis van de gegevens uit tabel 8 worden gesteld dat indien het aantal misturen in de zomer zouden dalen, dit een negatieve invloed zou kunnen hebben op de verkeersveiligheid aangezien het risico op verkeersongevallen bij afwezigheid van mist groter is dan wanneer er wel mist aanwezig is.

De benodigde gegevens alsook de uitgebreide berekeningen van de odds-ratio's, ingedeeld per ernst van het verkeersongeval, per jaar en per provincie zijn opgenomen in bijlage 14 van deze masterproef.

TABEL 8 Odds-ratio per type verkeersongeval op basis van mist in de zomer

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Odds-ratio dodelijke verkeersongevallen	0,00	1,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Odds-ratio verkeersongevallen met letsels	0,03	0,15	0,27	0,58	0,86	0,14	6,21	0,20	0,08	0,14
Odds-ratio verkeersongevallen met materiële schade	0,29	0,31	0,14	0,07	0,43	0,28	0,10	0,59	0,26	0,27

6.2. Inferentiële statistiek²⁴

In dit hoofdstuk worden de relaties tussen weersvariabelen en het aantal verkeersongevallen onderzocht. Er zal onderzocht worden of neerslag, temperatuur en/of mist een invloed hebben op het aantal verkeersongevallen. Als één of meerdere van deze weersvariabelen een invloed hebben op het aantal verkeersongevallen kan er in het volgende hoofdstuk berekend worden wat het (geschat) aantal verkeersongevallen zal zijn in 2050. Dit zal berekend worden voor elk van de vier klimaatscenario's die zijn opgesteld voor Nederland.

Het aantal verkeersongevallen per provincie per jaar zal gedeeld worden door het aantal kilometer weglengte in de betreffende provincie om zo de blootstelling aan verkeersongevallen gelijk te stellen voor elke provincie (per kilometer). Het aantal kilometer weglengte per provincie is opgenomen in bijlage 15 van deze masterproef. Tevens worden de drie types verkeersongevallen (dodelijke verkeersongevallen, verkeersongevallen met letsels en verkeersongevallen met materiële schade) apart onderzocht.

Bij het uitvoeren van lineaire regressie worden het aantal verkeersongevallen gedefinieerd als de afhankelijke variabele. De hoeveelheid neerslag, de gemiddelde maandtemperatuur of het aantal uren mist vormen de onafhankelijke variabelen.

Het beschrijven van de analyses zal telkens gebeuren via drie tabellen. Deze zijn opgenomen in de bijlagen van deze masterproef. De eerste tabel betreft een samenvattende tabel die de correlatiecoëfficiënt R en R -kwadraat weergeeft. De tweede tabel (ANOVA) beschrijft de variantieanalyse waarbij er wordt gekeken of het regressiemodel het aantal verkeersongevallen significant goed kan voorspellen (indien waarde $<0,05$). Indien de waarde $>0,05$, wordt aangenomen dat de cijfers op toeval berusten en de onafhankelijke variabele geen goede voorspeller is voor het aantal verkeersongevallen en er op basis van dat model geen voorspelling gedaan kan worden voor het aantal verkeersongevallen in 2050. Indien de waarde $>0,05$ wordt H_0 , de nulhypothese²⁵, niet verworpen op het 95% betrouwbaarheidsinterval. In dat geval wordt de alternatieve hypothese verworpen²⁶.

Met de gegevens uit de derde en laatste tabel kan het regressiemodel worden opgesteld. Dit zal enkel gebeuren indien de gegevens uit de tweede tabel aangeven dat de onafhankelijke variabele een goede voorspeller is van het aantal verkeersongevallen (dus indien significantiewaarde $<0,05$).

²⁴ Bij beschrijvende statistieken worden gegevens voorgesteld aan de hand van grafieken en tabellen. Inferentiële statistieken zullen hierop verder gaan en trachten voorspellingen te doen aan de hand van deze gegevens (Statistics How To, 2015).

²⁵ De nulhypothese stelt dat er geen verband is tussen de afhankelijke en de onafhankelijke variabele. De alternatieve hypothese stelt dat er wel een verband is tussen beide variabelen.

6.2.1. Neerslag in de winter

6.2.1.1. Dodelijke verkeersongevallen

De correlatiecoëfficiënt R bedraagt 0,303. Dit betekent dat er een beperkte samenhang is tussen de hoeveelheid neerslag in de winter en het aantal dodelijke verkeersongevallen. R-kwadraat daarentegen kent een waarde van 0,092. Iets meer dan 9% van de dodelijke verkeersongevallen kan verklaard worden door een stijging in hoeveelheid neerslag.

Het opgestelde regressiemodel verklaard het aantal dodelijke verkeersongevallen significant goed aangezien de waarde 0,032 bedraagt, een waarde dat kleiner is dan 0,05. De nulhypothese, die stelt dat er geen verband is tussen een toename in hoeveelheid neerslag in de winter en het aantal dodelijke verkeersongevallen wordt dus verworpen op het 95% betrouwbaarheidsinterval. Dit regressiemodel kan in een volgend hoofdstuk gebruikt worden om het aantal dodelijke verkeersongevallen in 2050 te kunnen schatten op basis van hoeveelheid neerslag in de winter. Het regressiemodel dat hiervoor gebruikt zal worden, wordt hieronder weergegeven:

$$\begin{aligned} & \text{Aantal dodelijke verkeersongevallen per km in de winter in 2050} \\ & = \\ & (0,000001361 * \text{hoeveelheid neerslag in de winter}) - 0,00007109 \end{aligned}$$

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 16 van deze masterproef.

6.2.1.2. Verkeersongevallen met letsels

De correlatiecoëfficiënt R bedraagt 0,127. Er is met andere woorden niet echt een samenhang tussen de hoeveelheid neerslag in de winter en het aantal verkeersongevallen met letsels. De waarde van R-kwadraat (0,016) kan dit tevens bevestigen. Maar liefst 98% van de verkeersongevallen met letsels in de winter wordt verklaard door andere variabelen dan neerslag.

De nulhypothese die stelt dat er geen verband is tussen het aantal verkeersongevallen met letsels in de winter en de hoeveelheid neerslag wordt niet verworpen aangezien de significantiewaarde 0,38 bedraagt (wat groter is dan 0,05). De alternatieve hypothese, die stelt dat er wel een verband is tussen beide variabelen, wordt wel verworpen. Het regressiemodel kan dus niet gebruikt worden om het aantal letselongevallen in de winter te voorspellen in 2050 op basis van de hoeveelheid neerslag.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 17 van deze masterproef.

6.2.1.3. Verkeersongevallen met materiële schade

Het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter kent geen samenhang met de hoeveelheid neerslag aangezien de correlatiecoëfficiënt 0,064 bedraagt en R-kwadraat een waarde heeft van 0,004. Bijna 100% van de verkeersongevallen met materiële schade in de winter wordt dus verklaard door een andere variabele dan neerslag.

De ANOVA-tabel, de tabel die de variantieanalyse weergeeft, toont aan dat het regressiemodel het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter op basis van neerslag niet significant goed kan voorspellen aangezien de significantiewaarde groter is dan 0,05 (0,657). Aangezien hiermee de nulhypothese niet verworpen kan worden, kan op basis van de hoeveelheid neerslag het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter in 2050 niet geschat worden. De verkeersongevallengegevens die verkregen zijn vanuit de afgelopen tien jaar uit vijf provincies in Nederland in de maanden december, januari en februari met bijhorende maandelijkse neerslag berusten dus op toeval aangezien er geen verband is tussen beide variabelen.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 18 van deze masterproef.

6.2.2. Neerslag in de zomer

6.2.2.1. Dodelijke verkeersongevallen

Het aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer kent geen samenhang met de hoeveelheid neerslag aangezien de correlatiecoëfficiënt 0,053 bedraagt en R-kwadraat een waarde heeft van 0,003. Bijna 100% van de dodelijke verkeersongevallen in de zomer wordt dus verklaard door andere variabelen, maar niet door neerslag.

De nulhypothese die stelt dat er geen verband is tussen het aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer en de hoeveelheid neerslag wordt niet verworpen aangezien de significantiewaarde 0,717 bedraagt (wat groter is dan 0,05). De alternatieve hypothese, die stelt dat er wel een verband is tussen beide variabelen, wordt wel verworpen. Het regressiemodel kan dus niet gebruikt worden om het aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer te voorspellen in 2050 op basis van de hoeveelheid neerslag.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 19 van deze masterproef.

6.2.2.2. Verkeersongevallen met letsels

De correlatiecoëfficiënt R bedraagt 0,108. Er is met andere woorden niet echt een samenhang tussen de hoeveelheid neerslag in de zomer en het aantal verkeersongevallen met letsels. De waarde van R-kwadraat (0,012) kan dit tevens bevestigen. Bijna 99% van de verkeersongevallen met letsels in de zomer wordt verklaard door andere variabelen, maar niet door neerslag.

Uit de cijfers die zijn opgesteld in de ANOVA-tabel, wordt duidelijk dat het regressiemodel het aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer op basis van neerslag niet significant goed kan voorspellen aangezien de significantiewaarde groter dan 0,05 is (0,454).

Aangezien hiermee de nulhypothese niet verworpen kan worden, kan op basis van de hoeveelheid neerslag het aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer van 2050 niet geschat worden.

De verkeersongevallengegevens die verkregen zijn vanuit de afgelopen tien jaar uit vijf provincies in Nederland in de maanden juni, juli en augustus met bijhorende maandelijkse neerslag berusten dus op toeval aangezien er geen verband is tussen beide variabelen.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 20 van deze masterproef.

6.2.2.3. Verkeersongevallen met materiële schade

De correlatiecoëfficiënt R bedraagt 0,589. Dit betekent dat er een samenhang is tussen de hoeveelheid neerslag in de zomer en het aantal verkeersongevallen met materiële schade. De waarde van R-kwadraat duidt tevens aan dat bijna 35% van dergelijke verkeersongevallen in de zomer wordt verklaard door de hoeveelheid neerslag, wat toch een aanzienlijk aandeel is.

Het opgestelde regressiemodel verklaard het aantal verkeersongevallen met materiële schade significant goed aangezien de significantiewaarde 0,000 bedraagt, wat beduidend kleiner is dan 0,05. De nulhypothese, die stelt dat er geen verband is tussen hoeveelheid neerslag in de zomer en het aantal verkeersongevallen met materiële schade wordt dus verworpen op het 95% betrouwbaarheidsinterval. Dit regressiemodel kan in een volgend hoofdstuk gebruikt worden om het aantal verkeersongevallen met materiële schade in 2050 te kunnen schatten op basis van hoeveelheid neerslag in de zomer. Het regressiemodel dat hiervoor gebruikt zal worden, wordt hieronder weergegeven:

$$\begin{aligned} & \text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km in de zomer in 2050} \\ & = \\ & (0,00007928 * \text{hoeveelheid neerslag in de zomer}) + 0,002 \end{aligned}$$

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 21 van deze masterproef.

6.2.3. *Temperatuur in de winter*

6.2.3.1. *Dodelijke verkeersongevallen*

Uit de lineaire regressie die is uitgevoerd blijkt dat er geen grote samenhang is tussen de gemiddelde maandtemperatuur in de winter en het aantal dodelijke verkeersongevallen aangezien de waarde van de correlatiecoëfficiënt 0,205 bedraagt. Tevens wordt amper 4% van de dodelijke verkeersongevallen in de winter verklaard door de temperatuur, wat betrekkelijk weinig is.

Uit de cijfers die in de ANOVA-tabel worden geraadpleegd, wordt duidelijk dat het regressiemodel het aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter op basis van de gemiddelde maandtemperatuur niet significant goed kan voorspellen aangezien de significantiewaarde groter is dan 0,05 (0,153). Hierdoor kan op basis van de gemiddelde maandtemperatuur in de winter de nulhypothese niet verworpen worden. Er kan in volgend hoofdstuk dus geen predictie uitgevoerd worden wat betreft het aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter als de gemiddelde maandtemperatuur in de winter als onafhankelijke variabele wordt gebruikt.

De verkeersongevallengegevens die verkregen zijn vanuit de afgelopen tien jaar uit de vijf betrokken provincies in Nederland in de maanden december, januari en februari met bijhorende maandelijkse neerslag berusten dus op toeval aangezien er geen verband is tussen beide variabelen.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 22 van deze masterproef.

6.2.3.2. *Verkeersongevallen met letsels*

Net zoals bij de dodelijke verkeersongevallen in de winter, is er amper of geen correlatie tussen verkeersongevallen met letsels in de winter en de gemiddelde maandtemperatuur aangezien de waarde van de correlatiecoëfficiënt 0,226 bedraagt. Verder wordt amper 5% van de letselongevallen in de winter verklaard door de gemiddelde temperatuur.

De nulhypothese, die stelt dat er geen verband is tussen het aantal verkeersongevallen met letsels en de gemiddelde temperatuur in de winter wordt niet verworpen op het 95% betrouwbaarheidsinterval aangezien de significantiewaarde van het regressiemodel groter is dan 0,05 (0,114) en dus niet statistisch significant is. Dit heeft als gevolg dat op basis van deze onafhankelijke variabele in de winter en het bijhorend regressiemodel het aantal letselongevallen in de winter in 2050 niet geschat kan worden.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 23 van deze masterproef.

6.2.3.3. Verkeersongevallen met materiële schade

De gemiddelde maandtemperatuur in de winter kent helemaal geen correlatie met het aantal verkeersongevallen met materiële schade (R-waarde bedraagt 0,099). Tevens wordt slechts 1% van de verkeersongevallen met materiële schade in de winter verklaard door de gemiddelde maandtemperatuur.

Het opgestelde regressiemodel is geen goede voorspeller voor het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter aangezien de significantiewaarde 0,495 bedraagt en de nulhypothese dus niet verworpen kan worden op het 95% betrouwbaarheidsinterval. Net zoals bij de dodelijke verkeersongevallen en verkeersongevallen met letsels in de winter kan er geen predictie worden gedaan over het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter in 2050 op basis van de onafhankelijke variabele "gemiddelde maandtemperatuur".

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 24 van deze masterproef.

6.2.4. *Temperatuur in de zomer*

6.2.4.1. *Dodelijke verkeersongevallen*

Net zoals bij alle verkeersongevallen in de winter is er tussen de dodelijke verkeersongevallen in de zomer en de gemiddelde temperatuur geen correlatie. De correlatiecoëfficiënt bedraagt namelijk 0,070. De waarde van R-kwadraat toont bovendien aan dat de gemiddelde temperatuur in de zomer het aantal dodelijke verkeersongevallen voor slechts een marginaal deel verklaard, namelijk 0,5%, wat verwaarloosbaar is. Er zijn dus andere (weers)variabelen die een invloed hebben op het aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer.

Uit de ANOVA-tabel wordt duidelijk dat de nulhypothese niet verworpen kan worden op het 95% betrouwbaarheidsinterval wegens het feit dat de significantiewaarde van het regressiemodel 0,629 bedraagt. Het regressiemodel kan bijgevolg niet dienen om het aantal dodelijke verkeersongevallen te schatten op basis van de gemiddelde temperatuur in de zomer.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 25 van deze masterproef.

6.2.4.2. *Verkeersongevallen met letsels*

Tussen beide variabelen, het aantal verkeersongevallen met letsels enerzijds en de gemiddelde temperatuur in de zomer anderzijds is er slechts een kleine correlatie wegens het feit dat de correlatiecoëfficiënt 0,159 bedraagt. Daarentegen wordt het aantal letselongevallen in de zomer voor slechts 2,5% verklaard door de temperatuur, wat betrekkelijk weinig is.

Uit de gegevens in de ANOVA-tabel blijkt tevens dat het regressiemodel het aantal letselongevallen niet significant goed kan voorspellen aangezien de significantiewaarde groter is dan 0,05 (0,269). De nulhypothese kan dus niet verworpen worden op het 95% betrouwbaarheidsinterval met als gevolg dat de alternatieve hypothese wel verworpen wordt. Er is met andere woorden geen verband tussen het aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer en de gemiddelde maandelijkse temperatuur in de maanden juni, juli en augustus. Dit heeft als gevolg dat het regressiemodel niet gebruikt kan worden om dit soort verkeersongevallen te schatten voor het jaar 2050 in Nederland.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 26 van deze masterproef.

6.2.4.3. Verkeersongevallen met materiële schade

De correlatiecoëfficiënt R bedraagt 0,087. Dit betekent dat er geen samenhang is tussen de gemiddelde temperatuur in de zomer en het aantal verkeersongevallen met materiële schade. De waarde van R -kwadraat (0,008) kan dit tevens bevestigen. Meer dan 99% van de verkeersongevallen met materiële schade in de zomer wordt verklaard door andere variabelen dan temperatuur.

Het regressiemodel kan bovendien het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de zomer op basis van gemiddelde temperatuur niet significant goed voorspellen aangezien de significantiewaarde groter is dan 0,05 (namelijk 0,546). De nulhypothese die stelt dat er geen verband is tussen beide variabelen kan dus niet verworpen worden op het 95% betrouwbaarheidsinterval. Het gevolg hiervan is dat dit regressiemodel niet gebruikt kan worden om het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de zomer te schatten voor het jaar 2050 in Nederland.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 27 van deze masterproef.

6.2.5. Mist in de winter

6.2.5.1. Dodelijke verkeersongevallen

Tussen de onafhankelijke variabele 'mist in de winter' en de afhankelijke variabele 'aantal dodelijke verkeersongevallen', is er een kleine correlatie aangezien de waarde van de correlatiecoëfficiënt 0,177 bedraagt. Daarentegen wordt het aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter voor slechts 3% verklaard door de aanwezigheid van mist, wat verwaarloosbaar is.

Het regressiemodel wordt niet bruikbaar geacht voor een predictie te doen voor het aantal dodelijke verkeersongevallen die veroorzaakt worden door de aanwezigheid van mist. De significantiewaarde van het model bedraagt namelijk 0,219 wat er op duidt dat de nulhypothese niet verworpen kan worden op het 95% betrouwbaarheidsinterval.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 28 van deze masterproef.

6.2.5.2. Verkeersongevallen met letsels

22% van de verkeersongevallen met letsels in de winter wordt verklaard door de aanwezigheid van mist. Bovendien bedraagt de waarde van de correlatiecoëfficiënt 0,470. Er is dus weldegelijk een correlatie tussen beide variabelen.

Uit de gegevens van de ANOVA-tabel kan worden besloten dat het regressiemodel significant goed is om een predictie te doen over het aantal verkeersongevallen met letsels wegens het feit dat de significantiewaarde 0,001 bedraagt en dus kleiner is dan 0,05. De nulhypothese wordt dus verworpen op het 95% betrouwbaarheidsinterval en de alternatieve hypothese wordt aangenomen.

Dit regressiemodel kan in een volgend hoofdstuk gebruikt worden om het aantal verkeersongevallen met letsels in de winter in 2050 te kunnen schatten op basis van het aantal uren mist. Het regressiemodel dat hiervoor gebruikt zal worden, wordt hieronder weergegeven:

$$\begin{aligned} & \text{Aantal verkeersongevallen met letsels per km in de winter in 2050} \\ & = \\ & (0,00001181 * \text{aantal uren mist in de winter}) + 0,000 \end{aligned}$$

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 29 van deze masterproef.

6.2.5.3. Verkeersongevallen met materiële schade

Uit de lineaire regressie blijkt dat er een verband is tussen het aantal verkeersongevallen met materiële schade en het aantal uren mist in de winter aangezien de correlatiecoëfficiënt 0,528 bedraagt. Bovendien wordt bijna 28% van dergelijke verkeersongevallen in de winter verklaard door mist.

Het opgestelde regressiemodel verklaard het aantal verkeersongevallen met materiële schade significant goed aangezien de significantiewaarde 0,000 bedraagt, wat beduidend kleiner is dan 0,05. De nulhypothese, die stelt dat er geen verband is tussen aantal uren mist in de winter en het aantal verkeersongevallen met materiële schade wordt dus verworpen op het 95% betrouwbaarheidsinterval. Dit regressiemodel kan in een volgend hoofdstuk gebruikt worden om het aantal verkeersongevallen met materiële schade in 2050 te kunnen schatten op basis van het aantal uren mist in de winter. Het regressiemodel dat hiervoor gebruikt zal worden, wordt hieronder weergegeven:

$$\begin{aligned} & \text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km in de winter in 2050} \\ & = \\ & (0,00007498 * \text{aantal uren mist in de winter}) + 0,003 \end{aligned}$$

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 30 van deze masterproef.

6.2.6. Mist in de zomer

6.2.6.1. Dodelijke verkeersongevallen

Tussen de onafhankelijke variabele 'mist in de zomer' en de afhankelijke variabele 'aantal dodelijke verkeersongevallen', is er een kleine correlatie aangezien de waarde van de correlatiecoëfficiënt 0,230 bedraagt. Daarentegen wordt het aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer voor slechts 5,3% verklaard door de aanwezigheid van mist, wat verwaarloosbaar is. Dit wordt aangetoond door de waarde van R-kwadraat.

Het regressiemodel is niet bruikbaar voor een predictie te doen voor het aantal dodelijke verkeersongevallen die veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van mist. De significantiewaarde van het model bedraagt 0,112 wat er op duidt dat de nulhypothese niet verworpen kan worden op het 95% betrouwbaarheidsinterval. Dit regressiemodel kan dus niet gebruikt worden om het aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer te voorspellen in 2050 op basis van de aanwezigheid van mist.

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 31 van deze masterproef.

6.2.6.2. Verkeersongevallen met letsels

De waarde van de correlatiecoëfficiënt bedraagt 0,318. Er is dus een kleine correlatie tussen de variabelen 'letselongevallen' en 'mist in de zomer'. Bovendien wordt volgens de waarde van R-kwadraat 10,1% van de letselongevallen in de zomer verklaard door de aanwezigheid van mist.

Het verkregen regressiemodel verklaard het aantal verkeersongevallen met letsels significant goed aangezien de significantiewaarde 0,026 bedraagt, wat kleiner is dan 0,05. De nulhypothese, die stelt dat er geen verband is tussen aantal uren mist in de zomer en het aantal verkeersongevallen met letsels wordt dus verworpen op het 95% betrouwbaarheidsinterval. Dit regressiemodel kan in een volgend hoofdstuk gebruikt worden om het aantal verkeersongevallen met letsels in 2050 te kunnen schatten op basis van het aantal uren mist in de zomer. Het regressiemodel dat hiervoor gebruikt zal worden, wordt hieronder weergegeven:

$$\begin{aligned} & \text{Aantal verkeersongevallen met letsels per km in de zomer in 2050} \\ & = \\ & (0,000002267 * \text{aantal uren mist in de zomer}) + 0,00002125 \end{aligned}$$

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 32 van deze masterproef.

6.2.6.3. Verkeersongevallen met materiële schade

De correlatiecoëfficiënt R bedraagt 0,725. Dit betekent dat er een vrij sterke samenhang is tussen mist in de zomer en het aantal verkeersongevallen met materiële schade. R-kwadraat daarenboven kent een waarde van 0,526. Dit betekent dat bijna 53% van de verkeersongevallen met materiële schade in de zomer wordt verklaard door de aanwezigheid van mist.

Het verkregen regressiemodel verklaard het aantal verkeersongevallen met materiële schade significant goed aangezien de waarde 0,000 bedraagt, een waarde dat kleiner is dan 0,05. De nulhypothese, die stelt dat er geen verband is tussen een toename in hoeveelheid neerslag in de winter en het aantal dodelijke verkeersongevallen wordt dus verworpen op het 95% betrouwbaarheidsinterval. Dit regressiemodel kan in een volgend hoofdstuk gebruikt worden om het aantal verkeersongevallen met materiële schade in 2050 te kunnen schatten op basis van aanwezigheid van mist in de zomer. Het regressiemodel dat hiervoor gebruikt zal worden, wordt hieronder weergegeven:

$$\begin{aligned} & \text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km in de zomer in 2050} \\ & = \\ & (0,00002888 * \text{aantal uren mist in de zomer}) + 0,00003338 \end{aligned}$$

De output die verkregen is uit het softwareprogramma IBM SPSS Statistics is opgenomen in bijlage 33 van deze masterproef.

6.3. Conclusie data-analyse

Om in hoofdstuk '7. Predictie van het aantal verkeersongevallen op basis van de vier klimaatscenario's in 2050 in Nederland' het aantal verkeersongevallen te berekenen, zijn er in de tweede voorgaande hoofdstukken enkele theorieën ontwikkeld die kunnen helpen bij deze predictie.

Eerst en vooral kunnen er met behulp van odds-ratio's enkele conclusies genomen worden. Onderstaande tabel vormt een samenvatting van deze berekeningen.

TABEL 9 Samenvatting odds-ratio's

Conclusie odds-ratio's	Neerslag	Temperatuur	Mist
Dodelijke verkeersongevallen in de winter	Verhoogd risico bij toename hoeveelheid	Geen eenduidige trend	Geen eenduidige trend
Dodelijke verkeersongevallen in de zomer	Geen eenduidige trend	Verhoogd risico indien temperatuur > gemiddelde temperatuur (16,3°C)	Verlaagd risico indien er mist aanwezig is
Verkeersongevallen met letsels in de winter	Verhoogd risico bij toename hoeveelheid	Verhoogd risico indien temperatuur > gemiddelde temperatuur (3,0°C)	Geen eenduidige trend
Verkeersongevallen met letsels in de zomer	Geen eenduidige trend	Verhoogd risico indien temperatuur > gemiddelde temperatuur (16,3°C)	Verlaagd risico indien er mist aanwezig is
Verkeersongevallen met materiële schade in de winter	Verhoogd risico bij toename hoeveelheid	Geen eenduidige trend	Verhoogd risico indien er mist aanwezig is
Verkeersongevallen met materiële schade in de zomer	Verhoogd risico bij toename hoeveelheid	Verhoogd risico indien temperatuur > gemiddelde temperatuur (16,3°C)	Verlaagd risico indien er mist aanwezig is

Bovendien zijn er zes regressiemodellen significant bevonden om voorspellingen uit te voeren voor het jaar 2050, gegeven de opgestelde klimaatscenario's:

- Het aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter op basis van neerslag;
- Het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de zomer op basis van neerslag;
- Het aantal verkeersongevallen met letsels in de winter op basis van mist;
- Het aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer op basis van mist;
- Het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter op basis van mist;
- Het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de zomer op basis van mist.

Op basis van temperatuur zijn er geen significante regressiemodellen gevonden met als gevolg dat er op basis van temperatuur geen predicties gedaan kunnen worden. Wel kan er besloten worden dat het risico op een verkeersongeval doorgaans vergroot indien de temperatuur boven de gemiddelde temperatuur ligt en dit zowel in de winter als in de zomer.

7. Predictie van het aantal verkeersongevallen op basis van de vier klimaatscenario's in 2050 in Nederland

7.1. Weersvoorspellingen in 2050

Voor 2050 zijn er vier klimaatscenario's opgesteld met elks hun specifieke kenmerken op vlak van hoeveelheid neerslag, temperatuur, aantal uren mist, etc. (zie hoofdstuk '4.1.6. Toekomstige klimaatscenario's in Nederland'). In tabel 10 wordt er een samenvatting gegeven van de toekomstige weersvoorspellingen die als basis dient om voorspellingen te kunnen doen over het aantal verkeersongevallen in 2050 in Nederland.

TABEL 10 Voorspellingen weersvariabelen in 2050 (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015)

Scenario	Neerslag in de winter	Neerslag in de zomer	Temperatuur in de winter	Temperatuur in de zomer	Mist in de winter	Mist in de zomer
Scenario 1 ²⁶	+ 3,0%	+ 1,2%	+ 1,1°C	+ 1,0°C	- 36,0%	- 36,0%
Scenario 2 ²⁷	+ 8,0%	- 8,0%	+ 1,6°C	+ 1,4°C	- 36,0%	- 36,0%
Scenario 3 ²⁸	+ 8,0%	+ 1,4%	+ 2,1°C	+ 1,7°C	- 36,0%	- 36,0%
Scenario 4 ²⁹	+ 17,0%	- 13,0%	+ 2,7°C	+ 2,3°C	- 36,0%	- 36,0%

Het aantal uren mist zal in elk scenario met 36% dalen wegens het feit dat er geen onderscheid gemaakt is tussen de seizoenen bij de telling van het aantal uren mist. Volgens het KNMI zal in 2050 op jaarbasis het aantal uren mist met 110 uren gedaald zijn ten opzichte van de referentieperiode 1981-2010. In deze periode waren er gemiddeld 300 uur intervallen mist overheen heel het jaar. Dit komt overeen met een daling van 36%. Bijgevolg zullen het aantal uren mist in de onderzoeksperiode van deze masterproef (2009-2018) per seizoen bekeken worden en wordt er aangenomen dat er eveneens een daling met 36% in het aantal uur intervallen met mist plaatsvindt (Klein Tank, Beersma, Bessembinder, van den Hurk, & Lenderink, 2015).

²⁶ Scenario 1 betreft een temperatuurstijging die gecategoriseerd wordt als "gematigd" en een lage waarde wat betreft verandering in luchtstromingspatronen.

²⁷ Scenario 2 betreft een temperatuurstijging die gecategoriseerd wordt als "gematigd" en een hoge waarde wat betreft verandering in luchtstromingspatronen.

²⁸ Scenario 3 betreft een temperatuurstijging die gecategoriseerd wordt als "warm" en een lage waarde wat betreft verandering in luchtstromingspatronen.

²⁹ Scenario 4 betreft een temperatuurstijging die gecategoriseerd wordt als "warm" en een hoge waarde wat betreft verandering in luchtstromingspatronen.

Wegens het feit dat er slechts zes significante regressiemodellen zijn gevonden in de data-analyse moet er slechts rekening gehouden worden met de weersvariabelen neerslag en mist.

In volgende hoofdstukken zal er telkens geschat worden hoeveel soorten verkeersongevallen per kilometer er zullen plaatsvinden gegeven een bepaalde weersvariabele. Hierna zullen het aantal verkeersongevallen per provincie weergegeven worden aan de hand van dat cijfer, vermenigvuldigd met het aantal kilometer wegen dat kenmerkend is voor desbetreffende provincie. Het aantal kilometer wegen is weergegeven in de tabel die terug te vinden is in bijlage 15 van deze masterproef.

7.2. Dodelijke verkeersongevallen in de winter op basis van neerslag³⁰

Het regressiemodel dat het aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter in het jaar 2050 kan schatten is:

$$\begin{aligned} & \text{Aantal dodelijke verkeersongevallen per km in de winter in 2050} \\ & = \\ & (0,000001361 * \text{hoeveelheid neerslag in de winter}) - 0,00007109 \end{aligned}$$

De hoeveelheid neerslag in de winter die geschat wordt voor het jaar 2050 betreft 209,09 mm volgens scenario 1. Dit betekent dat er 0,00021348 dodelijke verkeersongevallen plaatsvinden per kilometer op basis van de hoeveelheid neerslag. Volgens scenario 2 zal er 219,24 mm neerslag gemeten worden in de winter in 2050. Er zullen bijgevolg 0,00022730 dodelijke verkeersongevallen per kilometer plaatsvinden. Scenario 3 is identiek aan scenario 2 aangezien de hoeveelheid neerslag eveneens met 8,0% zal toenemen in de winter. Tot slot zal in de winter van 2050 de hoeveelheid neerslag toenemen met 17,0% in klimaatscenario 4. In totaal zal er in dat seizoen 237,51 mm neerslag vallen. Deze toename zorgt ervoor dat er 0,00025216 dodelijke verkeersongevallen per kilometer plaatsvinden.

Onderstaande tabel toont het aantal (voorspelde) dodelijke verkeersongevallen per provincie. Deze aantallen zijn bekomen door het vermenigvuldigen van de waarden die beschreven staan in bovenstaande paragraaf en deze die zijn opgenomen in bijlage 15 van deze masterproef (het aantal kilometer wegen per provincie).

TABEL 11 Aantal (voorspelde) dodelijke verkeersongevallen in de winter in 2050 in Nederland op basis van hoeveelheid neerslag

Scenario	Utrecht	Noord-Holland	Groningen	Zeeland	Limburg	Totaal	Toe/afname
Scenario 1	1,48	2,59	1,43	0,71	2,44	8,65	+ 9,5%
Scenario 2	1,58	2,76	1,52	0,76	2,60	9,22	+ 16,7%
Scenario 3	1,58	2,76	1,52	0,76	2,60	9,22	+ 16,7%
Scenario 4	1,75	3,06	1,69	0,84	2,88	10,22	+ 29,4%

Het gemiddeld aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter per jaar in de onderzoeksperiode bedroeg 7,9. In tabel 11 is duidelijk te zien dat elk scenario in 2050 een stijging zal veroorzaken in het aantal dodelijke verkeersongevallen.

Tot slot is er 95% kans dat het exacte aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter in 2050 tussen het voorspellingsinterval [-5,67;22,98] voor scenario 1, [-5,13;23,56] voor scenario 2 en scenario 3 en [-4,21;24,65] voor scenario 4 zal liggen³¹.

³⁰ De gemiddelde hoeveelheid neerslag in de winter binnen de onderzoeksperiode betreft 203 mm per jaar.

³¹ De intervallen zijn berekend op basis van de standaard error, het voorspeld aantal dodelijke verkeersongevallen, de kans (0,05) en het aantal vrijheidsgraden (in dit geval 48) (Zaiontz, sd).

7.3. Verkeersongevallen met materiële schade in de zomer op basis van neerslag³²

Het regressiemodel dat het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de zomer in het jaar 2050 kan schatten is:

$$\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km in de zomer in 2050}$$

$$= (0,00007928 * \text{hoeveelheid neerslag in de zomer}) + 0,002$$

De hoeveelheid neerslag in de zomer die geschat wordt voor het jaar 2050 betreft 228,7 mm volgens scenario 1. Dit betekent dat er 0,02013133 verkeersongevallen met materiële schade plaatsvinden per kilometer op basis van de hoeveelheid neerslag. Volgens scenario 2 zal er 207,91 mm neerslag gemeten worden in de zomer. Er zullen bijgevolg 0,01848310 verkeersongevallen met materiële schade per kilometer plaatsvinden. De hoeveelheid neerslag in de zomer volgens scenario 3 wordt geschat op 229,15 mm. Volgens dat scenario zullen er 0,02016701 verkeersongevallen met materiële schade plaatsvinden. Tot slot zal in de zomer van 2050 de hoeveelheid neerslag afnemen met 13,0%. In totaal zal er in dat seizoen 196,61 mm neerslag vallen. Deze afname zorgt ervoor dat er 0,01758724 verkeersongevallen met materiële schade per kilometer plaatsvinden.

Tabel 12 toont het aantal (voorspelde) verkeersongevallen in 2050 met materiële schade per provincie. Deze aantallen zijn bekomen door de vermenigvuldiging van de waarden die beschreven staan in bovenstaande paragraaf en deze die zijn opgenomen in bijlage 15 van deze masterproef (het aantal kilometer wegen per provincie).

TABEL 12 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met materiële schade in de zomer in 2050 in Nederland op basis van hoeveelheid neerslag

Scenario	Utrecht	Noord-Holland	Groningen	Zeeland	Limburg	Totaal	Toe/afname
Scenario 1	139,89	244,17	134,68	67,12	230,52	816,38	- 3,4%
Scenario 2	128,44	224,18	123,65	61,62	211,65	750,01	- 11,2%
Scenario 3	140,14	244,61	134,92	67,24	230,93	817,84	- 3,2%
Scenario 4	122,21	213,32	117,66	58,64	201,39	713,22	- 15,6%

Tussen 2009 en 2018, de onderzoeksperiode, vonden er 845 verkeersongevallen met materiële schade plaats per jaar. Volgens de verschillende klimaatscenario's zal zowel een kleine stijging als een sterke daling in hoeveelheid neerslag in de zomer voor een daling zorgen in het aantal verkeersongevallen met materiële schade in dat seizoen.

Tot slot is er 95% kans dat het exacte aantal verkeersongevallen met materiële schade in de zomer bij aanwezigheid van neerslag in 2050 tussen het voorspellingsinterval [88,97;1566,98] voor scenario 1, [21,77;1500,49] voor scenario 2, [90,41;1568,43] voor scenario 3 en [-15,16;1464,76] voor scenario 4 zal liggen³³.

³² De gemiddelde hoeveelheid neerslag in de zomer binnen de onderzoeksperiode betreft 226 mm per jaar.

³³ De intervallen zijn berekend op basis van de standaard error, het voorspeld aantal verkeersongevallen met materiële schade, de kans (0,05) en het aantal vrijheidsgraden (in dit geval 48) (Zaiontz, sd).

7.4. Verkeersongevallen met letsels in de winter op basis van mist³⁴

Het regressiemodel dat het aantal verkeersongevallen met letsels in de winter in het jaar 2050 kan schatten is:

$$\text{Aantal verkeersongevallen met letsels per km in de winter in 2050} \\ = \\ (0,00001181 * \text{aantal uren mist in de winter}) + 0,000$$

Het aantal uren mist in de winter in 2050 wordt geschat op 31,4. Deze schatting is voor alle toekomstige klimaatscenario's in Nederland van toepassing. In totaal zullen er bijgevolg per kilometer 0,00037083 verkeersongevallen met letsels plaatsvinden op basis van het aantal uur intervallen mist in de winter.

In tabel 13 worden het aantal (voorspelde) verkeersongevallen met letsels per provincie weergegeven. Deze aantallen zijn bekomen door de vermenigvuldiging van de waarde die beschreven staat in bovenstaande paragraaf en deze die zijn opgenomen in bijlage 15 van deze masterproef (het aantal kilometer wegen per provincie).

TABEL 13 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met letsels in de winter in 2050 in Nederland op basis van het aantal uur intervallen mist

Scenario	Utrecht	Noord-Holland	Groningen	Zeeland	Limburg	Totaal	Toe/afname
Scenario 1	2,57	4,50	2,48	1,24	4,25	15,04	- 55,8%
Scenario 2	2,57	4,50	2,48	1,24	4,25	15,04	- 55,8%
Scenario 3	2,57	4,50	2,48	1,24	4,25	15,04	- 55,8%
Scenario 4	2,57	4,50	2,48	1,24	4,25	15,04	- 55,8%

Elk jaar vonden er in de winter tussen 2009 en 2018 34 verkeersongevallen met letsels plaats wanneer er mist aanwezig was. Indien het aantal misturen zal dalen in de toekomst, zal dit een positief effect teweegbrengen voor dit soort verkeersongevallen. Er zal volgens schattingen in 2050 een daling van meer dan 55% zijn in het aantal letselongevallen bij mist in de winter.

Wat betreft het 95% voorspellingsinterval; er is 95% kans dat het exact aantal verkeersongevallen met letsels in de winter op basis van de aanwezigheid van mist in 2050 tussen het interval [-50,28;96,16] zal liggen³⁵. Dit interval geldt voor elk van de vier scenario's.

³⁴ Het gemiddeld aantal uren mist in de winter binnen de onderzoeksperiode bedraagt 49 uren per jaar.

³⁵ Het interval is berekend op basis van de standaard error, het voorspeld aantal verkeersongevallen met letsels, de kans (0,05) en het aantal vrijheidsgraden (in dit geval 48) (Zaiontz, sd).

7.5. Verkeersongevallen met materiële schade in de winter op basis van mist³⁶

Het regressiemodel dat het aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter in het jaar 2050 kan schatten is:

$$\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km in de winter in 2050}$$

=

$$(0,00007498 * \text{aantal uren mist in de winter}) + 0,003$$

Net zoals in het vorige hoofdstuk wordt het aantal uren mist in de winter in 2050 geschat op 31,4. Deze schatting is voor alle toekomstige klimaatscenario's in Nederland. In totaal zullen er bijgevolg 0,00535437 verkeersongevallen met materiële schade per kilometer plaatsvinden op basis van de aantal uur intervallen mist in de winter.

Tabel 14 toont het aantal (voorspelde) verkeersongevallen met materiële schade per provincie. Deze aantallen zijn bekomen door de vermenigvuldiging van de waarde die beschreven staat in bovenstaande paragraaf en deze die zijn opgenomen in bijlage 15 van deze masterproef (het aantal kilometer wegen per provincie).

TABEL 14 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met materiële schade in de winter in 2050 in Nederland op basis van het aantal uur intervallen mist

Scenario	Utrecht	Noord-Holland	Groningen	Zeeland	Limburg	Totaal	Toe/afname
Scenario 1	37,21	64,94	35,82	17,85	61,31	217,13	- 22,5%
Scenario 2	37,21	64,94	35,82	17,85	61,31	217,13	- 22,5%
Scenario 3	37,21	64,94	35,82	17,85	61,31	217,13	- 22,5%
Scenario 4	37,21	64,94	35,82	17,85	61,31	217,13	- 22,5%

Binnen de onderzoeksperiode 2009 tot en met 2018 vonden er jaarlijks 280 verkeersongevallen met materiële schade plaats in de winter wanneer er mist aanwezig was. Volgens de vier opgestelde klimaatscenario's voor Nederland zal het aantal uren mist in de toekomst dalen. Dit zal een positief effect met zich meebrengen. Maar liefst 22,5% van de verkeersongevallen met materiële schade zou vermeden kunnen worden in de toekomst.

Tot slot is er 95% kans dat het exacte aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter bij aanwezigheid van mist in 2050 tussen het voorspellingsinterval [-179,98;616,10] zal liggen en dit geldt voor alle klimaatscenario's³⁷.

³⁶ Het gemiddeld aantal uren mist in de winter binnen de onderzoeksperiode bedraagt 49 uren per jaar.

³⁷ Het interval is berekend op basis van de standaard error, het voorspeld aantal verkeersongevallen met materiële schade, de kans (0,05) en het aantal vrijheidsgraden (in dit geval 48) (Zaiontz, sd).

7.6. Verkeersongevallen met letsels in de zomer op basis van mist³⁸

Het regressiemodel dat het aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer in het jaar 2050 kan schatten is:

$$\begin{aligned} & \text{Aantal verkeersongevallen met letsels per km in de zomer in 2050} \\ & = \\ & (0,000002267 * \text{aantal uren mist in de zomer}) + 0,00002125 \end{aligned}$$

Het gemiddeld aantal uur intervallen in de zomer waarbij er mist gemeten is tussen 2009 en 2018, bedraagt jaarlijks 17. Volgens de voorgeschreven klimaatscenario's zal dit aantal dalen met 36%. In 2050 zullen er dus nog 10,85 uur intervallen per jaar zijn met mist. In totaal zullen er tijdens deze uren volgens het regressiemodel 0,00004584 verkeersongevallen met letsels per kilometer plaatsvinden in Nederland.

Tabel 15 toont het aantal (voorspelde) verkeersongevallen met letsels per provincie in de zomer waarbij mist de afhankelijke variabele is. Deze aantallen zijn bekomen door de vermenigvuldiging van de waarde die beschreven staat in bovenstaande paragraaf en deze die zijn opgenomen in bijlage 15 van deze masterproef (het aantal kilometer wegen per provincie).

TABEL 15 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met letsels in de zomer in 2050 in Nederland op basis van het aantal uur intervallen mist

Scenario	Utrecht	Noord-Holland	Groningen	Zeeland	Limburg	Totaal	Toe/afname
Scenario 1	0,31	0,55	0,31	0,15	0,52	1,84	- 29,2%
Scenario 2	0,31	0,55	0,31	0,15	0,52	1,84	- 29,2%
Scenario 3	0,31	0,55	0,31	0,15	0,52	1,84	- 29,2%
Scenario 4	0,31	0,55	0,31	0,15	0,52	1,84	- 29,2%

Het gemiddeld aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer per jaar in de onderzoeksperiode bij mist bedroeg 2,6. In bovenstaande tabel is duidelijk te zien dat een daling in het aantal uur intervallen mist in de zomer een daling veroorzaakt in het aantal verkeersongevallen met letsels.

Wat betreft het 95% voorspellingsinterval; er is 95% kans dat het exact aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer op basis van de aanwezigheid van mist in 2050 tussen het interval [-6,96;10,67] zal liggen³⁹. Dit interval geldt voor elk van de vier scenario's.

³⁸ Het gemiddeld aantal uren mist in de zomer binnen de onderzoeksperiode bedraagt 17 uren per jaar.

³⁹ Het interval is berekend op basis van de standaard error, het voorspeld aantal verkeersongevallen met letsels, de kans (0,05) en het aantal vrijheidsgraden (in dit geval 48) (Zaiontz, sd).

7.7. Verkeersongevallen met materiële schade in de zomer op basis van mist

Uit hoofdstuk '6.2.6.3. Verkeersongevallen met materiële schade' is volgend significant regressiemodel verkregen:

$$\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km in de zomer in 2050}$$

=

$$(0,00002888 * \text{aantal uren mist in de zomer}) + 0,00003338$$

Tussen 2009 en 2018 vonden er in de zomer jaarlijks gemiddeld 17 uur intervallen plaats waarbij er mist gemeten was. Tegen 2050 zou dit aantal uren dalen met 36%, wat betekent dat in 2050 slechts 10,85 uur intervallen met mist waargenomen zullen worden. In totaal zullen er in dat jaar in de zomer bij mist 0,00034672 verkeersongevallen met materiële schade plaatsvinden volgens het significant bevonden regressiemodel.

Tabel 16 toont het aantal (voorspelde) verkeersongevallen met materiële schade per provincie in de zomer waarbij mist de afhankelijke variabele is. Deze aantallen zijn bekomen door de vermenigvuldiging van de waarde die beschreven staat in bovenstaande paragraaf en deze die zijn opgenomen in bijlage 15 van deze masterproef (het aantal kilometer wegen per provincie).

TABEL 16 Aantal (voorspelde) verkeersongevallen met materiële schade in de zomer in 2050 in Nederland op basis van het aantal uur intervallen mist

Scenario	Utrecht	Noord-Holland	Groningen	Zeeland	Limburg	Totaal	Toe/afname
Scenario 1	2,41	4,21	2,32	1,16	3,97	14,07	- 33,0%
Scenario 2	2,41	4,21	2,32	1,16	3,97	14,07	- 33,0%
Scenario 3	2,41	4,21	2,32	1,16	3,97	14,07	- 33,0%
Scenario 4	2,41	4,21	2,32	1,16	3,97	14,07	- 33,0%

Tussen 2009 en 2018 vonden er jaarlijks gemiddeld 21 verkeersongevallen met materiële schade plaats in de zomer. Bij het plaatsvinden van deze verkeersongevallen was er binnen dat uur interval mist aanwezig. Indien het aantal uur intervallen mist met 36% zal tegen in de zomer in 2050, zal dit een positief effect teweegbrengen op vlak van verkeersveiligheid. Er zou een daling zijn van maar liefst 33,0% van het aantal verkeersongevallen met materiële schade die mist als onafhankelijke variabele kennen.

Tot slot is er 95% kans dat het exacte aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter bij aanwezigheid van mist in 2050 tussen het voorspellingsinterval [-21,75;49,84] zal liggen. Dit interval geldt voor elk van de vier scenario's.

Discussie

Eerst en vooral moet er de assumptie gemaakt worden dat de onderzoeksgegevens enkel data betreft uit vijf provincies in Nederland. Aangezien deze zeer verspreid liggen over het gehele land, wordt er aangenomen dat deze vijf provincies representatief genoeg zijn om een aanname te maken voor heel Nederland. De keuze voor het betrekken van deze vijf provincies ligt voornamelijk bij het feit dat de weerstations die in deze provincies gelegen zijn, niet onderworpen zijn aan inhomogeniteiten.

Verder zijn de verkeersongevallendata geregistreerd per minuut terwijl de meteogegevens op uurbasis zijn gerapporteerd. Dit brengt met zich mee dat indien een verkeersongeval plaatsvond om 15:34u, het wordt gekoppeld aan de meteogegevens van het uur interval [15:00u;16:00u]. Het is dus mogelijk dat er in dat interval pas om 15:40u neerslag gemeten is en dat het verkeersongeval, ook al heeft het plaatsgevonden om 15:34u, wordt geregistreerd als een verkeersongeval bij neerslag. Bovendien wordt het verkeersongeval geregistreerd op het tijdstip wanneer de hulpdiensten arriveren om vaststellingen te doen. Bij deze rapportage zit doorgaans ook een marge van 10 minuten (de tijd die nodig is voor de verplaatsing van de hulpdiensten tot de plaats van het verkeersongeval) waardoor bijvoorbeeld een verkeersongeval dat plaatsvond om 15:57u wordt geregistreerd om 16:05u waardoor dit verkeersongeval in een ander uur interval wordt geplaatst bij het koppelen aan de meteo-data. Tevens wordt bij de rapportage van het verkeersongeval doorgaans de weersomstandigheden genoteerd maar dit kan zeer subjectief zijn. Indien de hulpdiensten ter plaatse komen na het verkeersongeval en er geen neerslag valt op het ogenblik van het onderzoek terwijl het wel regende op het moment wanneer het verkeersongeval plaatsvond is natuurlijk de vraag hoe het gerapporteerd zal worden. Vandaar dat dit toch een belangrijk aandachtspunt is binnen deze masterproef.

Bij de berekeningen van de odds-ratio's is duidelijk dat er bij elke paramater (neerslag, temperatuur en mist) in een bepaald seizoen een vergroot/verlaagd risico voor verkeersongevallen geldt. Zo zal mist in de winter het relatieve risico op het aantal verkeersongevallen met materiële schade doen toenemen terwijl in de zomer dit risico zal afnemen indien het aantal uren mist stijgt. Tevens zal een verhoging van de gemiddelde temperatuur zowel in de winter als zomer een verhoging in het aantal verkeersongevallen met letsels met zich teweegbrengen. Dit is conform de theorieën over de invloed van temperatuur op het aantal verkeersongevallen. De achterliggende reden voor dit verhoogde risico is dat de bestuurders een vermindering in concentratieniveau hebben, versuft kunnen raken en/of emotioneler reageren op bepaalde gebeurtenissen in het verkeer (De Roy, 2017).

Rijden in een (te) heet voertuig kan vergeleken worden met rijden wanneer de bestuurder zich slaperig voelt. Hierdoor hebben de bestuurders (en de inzittenden) al 2,5 keer meer kans om betrokken te raken in een dodelijk ongeval dan wanneer

er gereden wordt in een koele wagen. Bovendien zal het concentratievermogen dalen naarmate het warmer wordt in het voertuig. De kans bestaat dat de bestuurder emotioneler zal reageren in bepaalde verkeerssituaties en roekelozer rijdt, wat meer risico's met zich meebrengt met bijgevolg een grotere kans op betrokkenheid in een verkeersongeval (De Roy, 2017).

Tevens zullen de mensen tijdens hittegolven minder kwalitatieve nachtrust hebben (veroorzaakt door de tropische nachten) waardoor ze alreeds vermoeider deelnemen aan het verkeer (Laadi & Laadi, 2002). Deze indirecte effecten van temperatuur op de verkeersveiligheid haalde Minhans & Shahid eveneens aan in het onderzoek dat zij hebben uitgevoerd. Zij concludeerden dat de gemoedstoestand van de bestuurder wordt beïnvloedt door de temperatuur en de beslissingen van de bestuurder hiervan hinder ondervinden. Het is dus zeer moeilijk om deze beslissingen te kunnen schatten met behulp van dit onderzoek (Minhans & Shahid, 2015).

De hoeveelheid neerslag in de winter zal in de toekomst toenemen en dit bij alle klimaatscenario's. Dit zal resulteren in een toename van het aantal dodelijke verkeersongevallen tussen 9,5% en 29,4%. Hambly, Andrey, Mills, & Fletcher (2012) vonden gelijkaardige cijfers in hun studiegebied Vancouver (Canada). Daar zal het aantal verkeersongevallen toenemen met 17 tot 28% indien de neerslaghoeveelheid zal toenemen in de toekomst. Voornamelijk de intervallen met hevige neerslag vormen een verhoogd risico. Dit verhoogd risico is ook gebleken uit de resultaten van de odds-ratio's die berekend zijn in deze masterproef. Tevens is er uit deze masterproef gebleken dat temperatuur geen significante relatie kent met het aantal verkeersongevallen. Deze conclusie wordt bekrachtigd met de resultaten die in hun onderzoek eveneens verkregen zijn (Hambly, Andrey, Mills, & Fletcher, 2012).

In deze masterproef is er gebruik gemaakt van enkelvoudige lineaire regressie. De reden hiervoor is omdat de toekomstige klimaatscenario's bepaalde voorspellingen geven voor het jaar 2050 en er niet bepaald kan worden in hoeverre een combinatie van de factoren aanwezig zullen zijn. Verder was het niet mogelijk om via de verkregen datafiles meervoudige regressie toe te passen. Zo is er bijvoorbeeld geanalyseerd hoeveel uren neerslag er jaarlijks was binnen de onderzoeksperiode per seizoen en werden hieraan het aantal verkeersongevallen gekoppeld. De verkeersongevallen die plaatsvonden zonder dat er neerslag gemeten was, zijn buiten beschouwing gelaten bij deze analyse. Het is dus mogelijk dat bijvoorbeeld temperatuur weldegelijk significante effecten teweegbrengt op het aantal verkeersongevallen in combinatie met andere paramaters hoewel temperatuur op zichzelf geen significant effect heeft op het aantal verkeersongevallen. Het is dan ook van belang dat voor verder onderzoek eventueel onderzocht wordt welke resultaten meervoudige regressie zou bekomen.

De reden dat er geen significante regressiemodellen zijn gevonden bij de dodelijke verkeersongevallen tijdens de aanwezigheid van mist is wellicht te wijten aan het feit dat er niet voldoende gegevens zijn om bruikbare analyses te voeren op dit vlak. Het aantal uren mist is sowieso al niet erg groot, gecombineerd met het feit dat er tijdens deze uren ook amper of zelfs geen dodelijke verkeersongevallen plaatsvinden (zowel in de winter als in de zomer) maakt dat er geen significante regressiemodellen opgesteld kunnen worden. Het is dan ook nog maar de vraag indien de onderzoeksperiode een groter interval zou betreffen, er in dat geval überhaupt wel significante modellen gevonden kunnen worden bij dergelijke verkeersongevallen wanneer er mist aanwezig is.

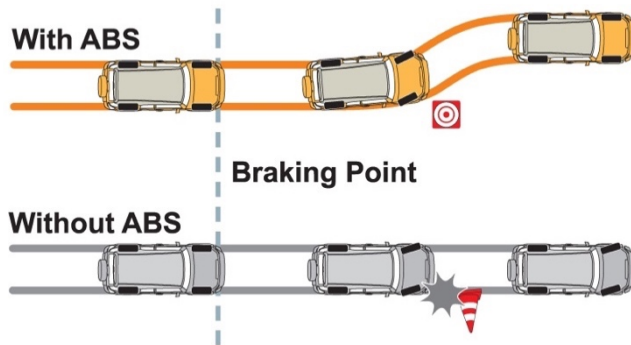
Bij het rapporteren van de predicties voor het jaar 2050 werd telkens het 95%-voorspellingsinterval weergegeven. Dit interval toont de 95% kans dat het werkelijk aantal verkeersongevallen binnen dat interval zal liggen in 2050. Het valt op dat in sommige gevallen de ondergrens negatief is. Dit is een van de limitaties van de lineaire regressie, met name dat de waarden van de voorspellingen negatief kunnen worden. Uiteraard heeft dit op het aantal verkeersongevallen geen invloed, aangezien er geen -1 verkeersongevallen kunnen plaatsvinden. In het geval dat deze ondergrens negatief is, kan er worden aangenomen dat de ondergrens 0 zal zijn.

Een ander belangrijk aandachtspunt in deze masterproef is de rol van de zelfrijdende auto. Wanneer de zelfrijdende auto prominent aanwezig zal zijn in het wegbeeld is nog moeilijk te schatten, aldus verschillende experts. Verder is het ook nog maar de vraag of de mensen zelf bereid zijn om het stuur uit handen te geven. Volgens Lieselot Vanhaverbeke, onderzoeker aan de Vrije Universiteit Brussel (VUB), "wordt er een doorbraak verwacht in 2030 wat betreft de zelfrijdende auto's maar blijft het zeer moeilijk te voorspellen in welke mate de mensen een aankoop hiervan zullen overwegen en uiteindelijk zullen doen" (Huyghebaert, Beeckman, & Van Den Heuvel, 2018).

Volgens een studie uit 2018, uitgevoerd door de Michigan State University, toonde aan dat regen een verstorende factor is voor zelfrijdende auto's. Hoe meer neerslag er viel, hoe moeilijker de technologie het kreeg om objecten in de nabije omgeving in beeld te brengen. Hiernaast waren koude temperaturen ook nefast voor deze technologie. De technologie kan op dit ogenblik een zomers landschap herkennen, maar dit landschap krijgt een heel ander uitzicht in de winter waar de technologie nog niet, of niet voldoende, op aangepast is (The Newswheel, 2018). De toekomst van de zelfrijdende auto en zijn invloed op het aantal verkeersongevallen, in relatie met de klimaatverandering, wordt als een belangrijke onbekende factor gedefinieerd in deze masterproef en dient verder onderzocht te worden.

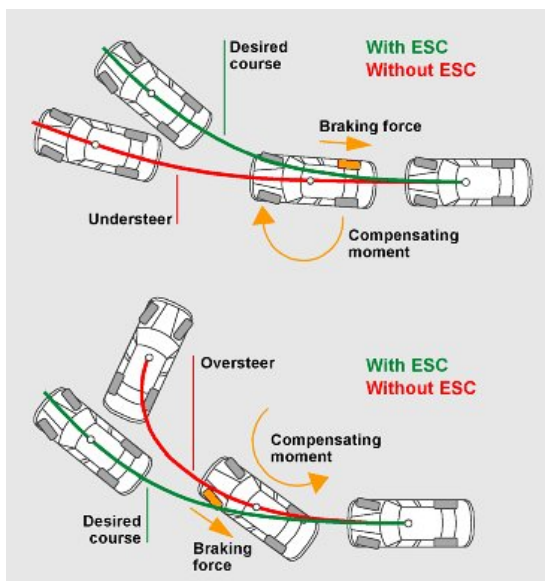
Tot slot is er nog het aspect van de veiligheidssystemen in voertuigen. De nieuwe voertuigen worden de dag van vandaag niet alleen krachtiger en zuiniger maar zullen ook veel veiliger zijn dan hun voorgangers. Airbags, gordelverkliekers,

energie absorberende stuurkolommen en impactresistentie van de voorruit zijn enkele voorbeelden van systemen die de veiligheid van voertuigen verbeteren (zowel voor, tijdens als na het verkeersongeval) (Beusen & Denys, 2008). ABS (Antilock Braking System) is een systeem dat het slippen van de wielen voorkomt. Dit resulteert in een kortere stopafstand van het voertuig, wat vooral zeer wenselijk is bij natte weersomstandigheden.



FIGUUR 27 Voorstelling ABS (Automotivexist, 2013)

Naast ABS zijn er tot op heden nog enkele andere systemen die de stabiliteit van het voertuig verbeteren. Een voorbeeld hiervan is ESP (Electronic Stability Program). Dit systeem zal meerdere keren per seconde nagaan of het voertuig zich in een onder- of overstuursituatie verkeert, waarna er eventueel ingegrepen wordt door het systeem door één of meerdere wielen af te remmen. De onder- of overstuursituatie kan optreden wanneer de bestuurder een onaangepaste snelheid hanteert in een bocht, bij een uitwijkmanoeuvre of bij gladde wegomstandigheden (Denys, 2006).



FIGUUR 28 Voorstelling ESP (Canadian Association of Road Safety Professionals, sd)

Dat de technologie alsmaar meer vorderingen maakt, maken bovenstaande paragrafen duidelijk. Het staat dan ook vast dat dergelijke veiligheidssystemen in voertuigen de verkeersveiligheid positief beïnvloeden (Lie, Tingvall, Krafft, & Kullgren, 2006). Of deze veiligheidssystemen ook bestand zijn tegen meer extremere weersomstandigheden, kan nog niet met zekerheid worden geconcludeerd. Volgens de studies van Islam, Alharthi, & Alam (2019) en Hambly, Andrey, Mills, & Fletcher (2012) zullen deze technologieën, samen met wegmarkeringen, dynamische verkeersborden, verandering in rijopleiding, etc. weldegelijk een positief effect teweegbrengen op verkeersveiligheid aangezien klimaatverandering een traaggroeiend fenomeen is en dat deze ingrepen succesvol kunnen zijn om de verkeersveiligheid te verbeteren.

Hoewel een afname in aantal uren mist en een wijziging in hoeveelheid neerslag in de zomer positieve effecten teweegbrengt wat betreft aantal verkeersongevallen, kan er bovendien de vraag worden gesteld of het gedrag van de bestuurders al die tijd onveranderd zal blijven. Hiermee wordt bedoeld dat de omstandigheden veiliger worden (minder mist en minder neerslag in de zomer in klimaatscenario 2 en 4), maar dit niet meteen automatisch zorgt voor meer veiligheid op de weg. Visuele prikkels zijn namelijk zeer bepalend voor het rijgedrag. Indien de zichtbaarheid beter wordt bestaat de kans dat de bestuurder het gevoel krijgt dat hij/zij sneller of beter zal kunnen reageren op verkeerssituaties net omdat de zichtbaarheid beter is. Door deze (foute) redenering zullen bestuurders sneller geneigd zijn om risico's te nemen, de snelheid op te voeren, etc. (Huyghebaert T. , 2020).

Dat de klimaatverandering een invloed heeft op de verkeersveiligheid staat vast maar het is echter niet mogelijk om na te gaan in hoeverre dit wordt beïnvloedt aangezien ook veranderingen in het gedrag (veroorzaakt door de klimaatverandering), een grote impact heeft op de verkeersveiligheid, zo concludeerde ook Minhans & Shahid.

Aanbevelingen

Uit de resultaten van deze masterproef is gebleken dat in de toekomst het aantal uren mist zal dalen, zowel in de zomer als in de winter. Dit zou een daling teweegbrengen in het aantal verkeersongevallen. De oorzaak van deze daling in het aantal uren mist is voornamelijk te wijten aan enkele belangrijke stappen die de industrie heeft gezet in strijd tegen de luchtvervuiling. De industriële vervuiling leidt tot fijne partikels in de lucht en indien er op deze deeltjes vocht gaat hechten kan mist ontstaan. Aangezien de industrie deze vervuiling heeft kunnen terugdringen, is er minder mist aanwezig (Vandervelden, 2019).

Een belangrijke kanttekening bij mist is het feit dat het zeer grote regionale verschillen kent. Zo is de omgeving rond een autosnelweg vaak bestand tegen de vorming van mistlagen doordat de voertuigen warmte en bewegingen veroorzaken die (een deel van de) de mist kunnen doen oplossen. Omwille van deze reden is het zeer moeilijk om goede representatieve metingen te doen in de toekomst (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, sd). Algemeen kan er wel gesteld worden dat indien de uitstoot van industrie en de transport verminderd of "schoner" wordt, er een verminderde kans is op het ontstaan van mist wegens het feit dat er minder fijne partikels in de luchtlaag terecht komen waarop vochtdeeltjes kunnen binden.

Om de luchtvervuiling tegen te gaan op vlak van vervoer en transport kan de overheid verschillende maatregelen doorvoeren. De invoering van lage emissiezones, een lagere parkeerkost voor voertuigen die minder vervuilend zijn en rekeningrijden zijn enkele voorbeelden die het gebruik van milieuvriendelijke voertuigen stimuleren. Tevens kan de overheid ook investeren in elektrische of hybride bussen voor het openbaar vervoer (Rijksoverheid, sd).

Tijdens de rijopleiding kan de nadruk leggen op de principes van duurzaam rijden ook een goede manier zijn om de uitstoot te verlagen. Op het juiste moment schakelen en rijden met een correcte bandenspanning zijn enkele voorbeelden hiervan. Door duurzaam te rijden kan het brandstofgebruik namelijk met maar liefst 10% dalen, wat de kans tot vorming van mist weer doet verkleinen (Federale Overheid, 2008).

Betere fietspaden, meer fietsstraten en fietssnelwegen en/of een verhoging van de fietsvergoeding zijn dan weer maatregelen die genomen kunnen worden om een modal shift teweeg te brengen bij de bevolking.

Bij het doorlopen van al deze verschillende maatregelen is het van belang om de hoeveelheid luchtvervuiling te monitoren. Doormiddel van deze monitoring kunnen de overheidsinstanties tijdig bijsturen en indien nodig bepaalde maatregelen bijstellen (Rijksoverheid, sd).

Uiteraard zijn er niet enkel voordelen verbonden aan het minder voorkomen van mist. Het grote nadeel van minder mist is het sneller opwarmen van de aarde omdat mist net zorgt voor de afkoeling van de onderste luchtlaag (Vandervelden, 2019). Bovendien zal wind ook zijn rol spelen in de wisselwerking tussen mist en temperatuur. Een oostenwind zorgt voor meer luchtvervuiling aangezien in het oosten meer industrieën gelegen zijn. Westenwind daarentegen is schoner en zorgt voor een vermindering in aantal uren mist. Dergelijke wind komt voor tijdens zachte winters. Het gevolg hiervan is dat zachte winters het effect van minder mist zullen versterken en de klimaatopwarming toch weer optreedt aangezien zachte winters frequenter voorkomen zoals de toekomstige klimaatscenario's voorschrijven (Vandervelden, 2019).

Om bestand te kunnen zijn tegen meer hevige neerslag in de zomer (volgens de klimaatscenario's) zullen technologische voorzieningen zoals beschreven in de discussie, moeten kunnen anticiperen op deze extreme neerslagperiodes. Onderzoekers en wetenschappers zullen testcases moeten opstellen waarbij de voertuigen en zijn technologieën worden onderworpen aan deze grotere hoeveelheden neerslag op een kortere tijd. Enkel en alleen dan zal er met een grotere zekerheid geconcludeerd kunnen worden dat de technologieën in voertuigen een meerwaarde zijn voor de verkeersveiligheid in de toekomst. Tevens kan het verplichten van een slipcursus tijdens de rijopleiding ook een manier zijn om de beginnende bestuurders kennis te laten maken met het voertuig indien door hevige neerslag de wegomstandigheden niet gunstig meer zijn.

Tot slot zal meer waterdamp in de atmosfeer leiden tot intensere neerslagmomenten. Dit wordt veroorzaakt doordat hogere temperaturen een toename in luchtvochtigheid teweegbrengen. Door de maatregelen, die genomen kunnen worden om de kans op mist te doen dalen, door te voeren, zal er een temperatuurstijging teweeg worden gebracht wat de kans op hevige neerslag zal doen toenemen (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, 2011).

Uiteindelijk is het dus zeer moeilijk om een duidelijke aanbeveling te geven wegens het feit dat bepaalde maatregelen negatieve effecten met zich teweegbrengen voor andere factoren en vice versa. Er zal dus met name een combinatie van maatregelen nodig zijn om de negatieve effecten in balans te houden zodat de verkeersveiligheid zoveel mogelijk positieve effecten hiervan ondervindt.

Conclusie

In deze masterproef is er gebruik gemaakt van zowel odds-ratio's als regressievergelijkingen. Uit de waarden van de odds-ratio's blijkt dat de neerslag in de winter een stijging van het relatieve risico op het aantal verkeersongevallen veroorzaakt. In de zomer is dit enkel voor de verkeersongevallen met materiële schade. Voor de andere types verkeersongevallen fluctueert dit jaarlijks. Verder zal een stijging van de temperatuur in de winter het relatieve risico voor verkeersongevallen met letsels verhogen. In de zomer daarentegen zal een verhoging van de temperatuur een vergroting van het relatieve risico op elk verkeersongeval teweegbrengen.

Wat betreft de aanwezigheid van mist zal in de zomer het relatieve risico op een verkeersongeval verlagen indien er mist is. In de winter zal dit risico dan weer een stijgen bij verkeersongevallen met materiële schade. Bij dodelijke verkeersongevallen en verkeersongevallen met letsels fluctueren de waarden van de odds jaarlijks.

Uit deze masterproef en de onderzochte meteo- en verkeersongevallendata blijkt dat er op basis van zes significant bevonden regressievergelijkingen enkele conclusies genomen kunnen worden. Hiervoor wordt doorverwezen naar tabel 17.

TABEL 17 Conclusie predicties 2050 per klimaatscenario

Type verkeersongeval	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
Dodelijke verkeersongevallen in de winter bij neerslag	+ 9,5%	+ 16,7%	+ 16,7%	+29,4%
Verkeersongevallen met materiële schade in de zomer bij neerslag	-3,4%	-11,2%	-3,2%	-15,6%
Verkeersongevallen met letsels in de winter bij mist	-55,8%	-55,8%	-55,8%	-55,8%
Verkeersongevallen met materiële schade in de winter bij mist	-22,5%	-22,5%	-22,5%	-22,5%
Verkeersongevallen met letsels in de zomer bij mist	-29,2%	-29,2%	-29,2%	-29,2%
Verkeersongevallen met materiële schade in de zomer bij mist	-33,0%	-33,0%	-33,0%	-33,0%

Op basis van de toekomstige klimaatscenario's die zijn voorgeschreven voor Nederland in het jaar 2050 kan er gesteld worden dat hoe meer neerslag er in de winter zal vallen, hoe groter de stijging zal zijn in het (geschatte) aantal dodelijke verkeersongevallen. Indien de toename in hoeveelheid neerslag in de winter minimaal is, zal dit bijgevolg zorgen voor een minimale toename van dit soort verkeersongevallen. Klimaatscenario 1 biedt dus op dat vlak de zogenaamd "beste" oplossing, met een toename in hoeveelheid neerslag in de winter van 3,0% met bijgevolg een geschatte toename van 9,5% in het aantal dodelijke verkeersongevallen.

In de zomer daarentegen zorgen zowel een kleine toename als grote afname in hoeveelheid neerslag voor een daling in het aantal verkeersongevallen met

materiële schade. Bij een kleine toename in hoeveelheid neerslag zal er een kleine afname zijn bij dat soort verkeersongevallen. Indien de neerslag, zoals voorgeschreven in klimaatscenario's 2 en 4 met respectievelijk 8,0% en 13,0% zal dalen in de zomer, zal dit voor een daling zorgen van 11,2% en 15,6% (geschat) in het aantal verkeersongevallen met materiële schade. Op basis van deze gegevens wordt scenario 4 geacht als scenario die het meeste kans biedt om het aantal verkeersongevallen (met materiële schade weliswaar) te doen dalen, wat positief is voor de verkeersveiligheid. Een belangrijke kanttekening die bij dit scenario gesteld moet worden is dat in de winter dan het aantal dodelijke verkeersongevallen met maar liefst 29,4% zou stijgen. Hierbij is het ook van belang te melden dat de hoeveelheid neerslag nauw samenhangt met de temperatuur. Hierbij zou een toenemende temperatuur ook een toename in luchtvochtigheid met zich meebrengen wat op zijn beurt leidt tot heftigere neerslagmomenten. Dit staat haaks op de maatregelen die genomen worden met de maatregelen om het aantal uren mist te doen dalen aangezien minder mist significant minder verkeersongevallen zou veroorzaken.

Er kan op basis van de gegevens uit tabel 17 dus geen scenario gekozen waarbij alle verkeersongevallen zullen dalen in de toekomst.

Indien er dan toch een zogenaamd "ideaal" klimaatscenario moet worden gekozen zal er gekozen worden voor scenario 1. Bij dit interval zal een lichte toename in hoeveelheid neerslag, een temperatuurstijging van 1°C en een afname in hoeveelheid mist in de meeste gevallen positieve effecten teweegbrengen wat betreft verkeersveiligheid. Enkel en alleen het aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter zal stijgen met 9,5% indien er een toename zal zijn in de hoeveelheid neerslag, maar dit is slechts een schatting op basis van de significant bevonden regressievergelijking die verkregen is uit de verkeersongevallendata en meteogegevens van 1 januari 2009 tot en met 31 december 2018. Het is van belang te melden dat er niet specifiek gekozen kan worden voor dat scenario. Er wordt gesteld dat idealiter klimaatscenario 1 wordt gekozen maar hiermee wordt bedoeld dat er maatregelen genomen moeten worden die de toekomstige weersvoorspellingen binnen dat scenario in de hand moeten werken. Hiervoor moet er nauw samengewerkt worden tussen overheden, wetenschappers en de bevolking.

Om de toename in het aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter zo minimaal mogelijk te houden, moet er getracht worden om de hoeveelheid neerslag te beperken. Dit kan bekomen worden door de temperatuurstijging eveneens te minimaliseren. Door de aanbevelingen die reeds gegeven zijn, uit te voeren, zal de wereldwijde temperatuurstijging onderdrukt kunnen worden waardoor de kans bestaat dat de toename van hevige neerslagmomenten vermeden kan worden. Hierbij is het van belang te melden dat de kans op mistvorming dan op zijn beurt weer toeneemt, maar het effect hiervan op het aantal verkeersongevallen kan worden opgevangen.

Binnen deze masterproef is er gefocust op vijf Nederlandse provincies. Nederland wordt gekenmerkt door een gematigd zeeklimaat dat het te danken heeft aan de invloed van de Noordzee. Landen zoals Groot-Brittannië, Frankrijk, Duitsland alsook België worden eveneens gekenmerkt door een dergelijk zeeklimaat. Daarom kan deze masterproef ook in grote lijnen bruikbaar zijn voor deze landen als vertrekpunt om dergelijk onderzoek te voeren.

Deze conclusie vormt samen met de aanbevelingen een louter theoretisch kader. Een belangrijk aspect dat niet opgenomen wordt in deze masterproef zijn de menselijke gedragingen in het verkeer in de toekomst als de weersomstandigheden veranderen. Het is dus mogelijk dat minder mist net zorgt voor meer verkeersongevallen omdat bestuurders een foutief beeld schetsen over de rijcapaciteiten en sneller en/of meer risico's gaan nemen omdat de zichtbaarheid significant verbetert.

Tevens bestaat de kans dat de bestuurders bij een toename in hoeveelheid neerslag net minder risico's zullen nemen omdat de weersomstandigheden niet gunstig zijn. Dit zijn belangrijke aandachtspunten waarmee rekening dient gehouden te worden indien overheden en/of lokale besturen maatregelen wil doorvoeren in strijd tegen de risico's die verbonden zijn aan de klimaatverandering op vlak van verkeersveiligheid.

Bibliografie

- Aarts, S., & Wouters, E. (2018). *Regressie-analyse*. Maastricht University. Advocatenkantoor IntoLaw. (sd). *Meer ongevallen bij switch naar winteruur?* Opgehaald van www.intolaw.be: <https://www.intolaw.be/verkeersrecht/meer-ongevallen-bij-switch-naar-winteruur#.XoMDTy2YM1J>
- Agarwal, M., Maze, T., & Souleyrette, R. (2005). *Impact of weather on urban freeway traffic flow characteristics and facility capacity*. Ames: Iowa State University, Center for Transportation Research and Education.
- Automotivexist. (2013). *Fungsi ABS Anti Lock Braking System*. Opgehaald van www.automotivexist.blogspot.com: <https://automotivexist.blogspot.com/2016/01/fungsi-abs-anti-lock-braking-system.html>
- Beusen, B., & Denys, T. (2008). *Verband tussen rijparameters en verkeersveiligheid: Identificatie van de parameters veilig versus onveilig rijgedrag*. Diepenbeek: Steunpunt Mobiliteit & Openbare Werken – Spoor Verkeersveiligheid.
- Bijleveld, F., & Churchill, T. (2009). *The influence of weather conditions on road safety. An assesement of the effect of precipitation and temperature*. Leidschendam (The Netherlands): Swov Institute for Road Safety Research.
- Black, A., & Mote, T. (2015). Characteristics of winter- precipitation-related transportation fatalities in the United States. *Wea. Climate Soc.*, 133-145.
- Bos, J. (2001). *Door weer en wind: gevolgen van perioden met extreem weer voor de verkeersveiligheid*. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- Brijs, T., Hermans, E., Stiers, T., & Offermans, C. (2007). *The Impact of Weather Conditions on Road Safety Investigated on an Hourly Basis* . Diepenbeek (Belgium).
- Brijs, T., Karlis, D., & Wets, G. (2007). *STUDYING THE EFFECT OF WEATHER CONDITIONS ON DAILY CRASH COUNTS*. Diepenbeek (Belgium), Athens (Greece) .
- Canadian Association of Road Safety Professionals. (sd). *HIGH-TECH VEHICLE SAFETY SYSTEMS: Electronic Stability Control* . Opgehaald van www.carsp.ca: <http://www.carsp.ca/research/resources/high-tech-vehicle-safety-systems/electronic-stability-control/>
- CBS. (2017). *Weglengte*. Opgehaald van www.waarstaatjeprovincie.nl: <http://www.waarstaatjeprovincie.nl/Paginas/Verkeer%20en%20vervoer/Weglengte.aspx>
- Chapman, L., & Andersson, A. K. (2011). *The impact of climate change on winter road maintenance and traffic accidents in West Midlands, UK*.
- Committee on Climate Change and U.S. Transportation. (2008). *Potential Impacts of Climate Change on U.S. Transportation*. Washington, D.C.

- Cools, M., Creemers, L., Moons, E., & Wets, G. (2010). *CHANGES IN TRAVEL BEHAVIOR IN RESPONSE TO WEATHER CONDITIONS: WHETHER TYPE OF WEATHER AND TRIP PURPOSE MATTER?* Diepenbeek.
- Cools, M., Moons, E., & Wets, G. (2009). *Assessing the impact of weather on traffic intensity*. Transportation Research Institute, Hasselt University, Diepenbeek (Belgium).
- Couderé, K. (2017). *Guidance klimaat: Klimaat in milieueffectrapportage*. Tractebel. Antwerpen: DG Leefmilieu van FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu.
- De Roy, L. (2017, mei 29). "Warmtezombies" even gevaarlijk als dronken bestuurders. Opgehaald van www.vrt.be: https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2017/05/29/_warmtezombies_evengevaarlijk_kalsdronkenbestuurders-1-2992209/
- den Boer, E., & Vermeulen, J. (2004). *Snelheid en milieu: eindnotitie*. Delft.
- Denys, T. (2006). *Voertuigtechniek ter verhoging van de baanvastheid en de voertuigstabiliteit*. Diepenbeek: Steunpunt Verkeersveiligheid.
- Elvik, R., Christensen, P., & Amundsen, A. (2004). *Speed and road accidents: An evaluation of the Power Model*. Oslo, Norway: The Institute of Transport Economics (TOI).
- Europa Nu. (n.d.). *Klimaatverandering*. Opgehaald van www.europa-nu.nl : <https://www.europa-nu.nl/id/vhurdyxq5fv8/klimaatverandering>
- European Environment Agency. (2016). *Climate Change, impacts and vulnerability in Europe: an indicator-based report*. Copenhagen, Denmark. Opgehaald van <https://www.milieurapport.be/milieuthemas/klimaatverandering/temperatuur/seizoenen-temperatuur>
- F. Stocker, T., Plattner, G.-K., Nauels, A., M.B. Tignor, M., Xia, Y., Qin, D., . . . M. Midgley, P. (2013). *CLIMATE CHANGE 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York,.
- Federale Overheid. (2008). *Federale bijdrage tot de strijd tegen luchtvervuiling*.
- Focant, N., & Martensen, H. (2014). *Zijn er meer verkeersongevallen als het regent? Verkennende analyse van de invloed van de weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen in België*. Brussel: Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid - Kenniscentrum.
- Godding, J.-W. (2017). *Lineaire regressie*. Opgehaald van www.excelstatistiek.nl: <http://excelstatistiek.femplaza.nl/analyse/schema2/LineaireRegressie.html>
- Hambly, D., Andrey, J., Mills, B., & Fletcher, C. (2012). *Projected implications of climate change for road safety in Greater Vancouver, Canada*. Canada: Springer Science + Business Media B.V.
- Hermans, E., Brijs, T., Stiers, T., & Offermans, C. (2005). *The Impact of Weather Conditions on Road Safety Investigated on an Hourly Basis*. Hasselt University, Diepenbeek (Belgium).

- Hermans, E., Wets, G., & Van den Bossche, F. (2006). Frequency and Severity of Belgian Road Traffic Accidents Studied by State Space Methods. *Journal of Transportation and Statistics*, 63-76.
- Hermes, J. (2012). How Traffic Jams Effect Air Quality. *Environment + Energy Leader*.
- Huyghebaert, P. (2018, Juli 3). *Dit kan de hitte met onze infrastructuur doen: van kapotte waterleiding tot smeltende wegen*. Opgehaald van www.vrt.be: <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2018/07/02/dit-kan-de-hitte-met-onze-infrastructuur-doen-van-kapotte-water/>
- Huyghebaert, P., Beeckman, H., & Van Den Heuvel, R. (2018, November 26). *De zelfrijdende auto: hoelang duurt het nog vooraleer we het stuur letterlijk uit handen geven?* Opgehaald van www.vrt.be: <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2018/11/02/zelfrijdende-auto-dag-1/>
- Huyghebaert, T. (2020, Mei 18). De helft minder ongevallen, en toch evenveel doden. *Het nieuwsblad*.
- Islam, M., Alharthi, M., & Alam, M. (2019). *The impacts of Climate Change on Road Traffic Accidents in Saudi Arabia*. Saudi Arabia.
- Jacobs, I. (2017, Juni 16). 'Zelfrijdende auto zal nooit kunnen omgaan met gedrag fietser'. Opgehaald van www.zelfrijdendvervoer.nl: <https://www.zelfrijdendvervoer.nl/verkeersveiligheid/2017/06/16/zelfrijdend-auto-zal-nooit-kunnen-omgaan-met-gedrag-fietser/>
- Klein Tank, A., Beersma, J., Bessembinder, J., van den Hurk, B., & Lenderink, G. (2015). *KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*. De Bilt: KNMI.
- Klimaat.be. (n.d.). *Het klimaat: het klimaat versus het weer*. Opgehaald van www.klimaat.be: <https://www.klimaat.be/nl-be/klimaatverandering/het-kort/het-klimaat>
- Klimaat.be. (n.d.). *Impact op het vervoer*. Opgehaald van www.klimaat.be: <https://www.klimaat.be/nl-be/klimaatverandering/gevolgen/transport>
- Klimaat.be. (n.d.). *Klimaatverandering*. Opgehaald van www.klimaat.be: <https://www.klimaat.be/nl-be/klimaatverandering/het-kort/klimaatverandering>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (2011). *Intensiteit van extreme neerslag in een veranderend klimaat*. Opgehaald van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/intensiteit-van-extreme-neerslag-in-een-veranderend-klimaat>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (sd). *Jaar 2013: Vrij koud, droog en vrij zonnig*. Opgehaald van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/2013/jaar>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (sd). *Mist*. Opgehaald van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/mist>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (n.d.). *Gehomogeniseerde tijdreeksen dagwaarden*. Opgehaald van www.knmi.nl:

- <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/gehomogeniseerde-tijdreeksen-dagwaarden>
Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (n.d.). *Over het KNMI*. Opgehaald van www.knmi.nl: <https://www.knmi.nl/home>
- KU Leuven. (sd). *MEETNIVEAU VAN DE VARIABELEN*. Opgehaald van www.kuleuven.be:
<https://admin.kuleuven.be/icts/onderzoek/enqueteservice/werken-met-limesurvey/meetniveau-SPSS-variabelen>
- Laadi, K., & Laadi, M. (2002). *Météorologie et sécurité routière*. *Via Secura*, vol. 56, 22-24.
- Lequeux, Q., & Leblud, J. (2019). *Statistisch Rapport 2018: Verkeersongevallen 2017*. Brussel: Vias institute - Kenniscentrum Verkeersveiligheid.
- Lie, A., Tingvall, C., Krafft, M., & Kullgren, A. (2006). The effectiveness of ESC (Electronic Stability Control) in reducing real life crashes and injuries. *Traffic Injury Prevention*, 38-43.
- Lobo, A., Ferreira, S., Iglesias, I., & Couto, A. (2019). *Urban Road Crashes and Weather Conditions: Untangling the Effects*. Porto, Portugal: Faculty of Engineering of the University of Porto, Research Centre for Territory, Transports and Environment.
- Michiels, B. (2014). *Relatief risico versus odds ratio*.
- Microsoft Office. (sd). *Inleiding tot query's*. Opgehaald van www.support.office.com: <https://support.office.com/nl-nl/article/inleiding-tot-query-s-a9739a09-d3ff-4f36-8ac3-5760249fb65c>
- Microsoft. (sd). *What is Access*. Opgehaald van www.support.office.com: <https://support.office.com/nl-nl/article/video-wat-is-access-f2338765-ff59-4cfc-b8ba-74059fcb1874>
- Mills., B., Andrey, J., & Hambly, D. (2011). Analysis of precipitation-related motor vehicle collision and injury risk using insurance and police record information for Winnipeg, Canada. *J. Safety Res.*, 383-390.
- Minhans, A., & Shahid, S. (2015). *Climate change and road safety: a review to assess impacts in malaysia*. Johor (Malaysia): Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia.
- Nederland-kaart.nl. (n.d.). *Kaart Nederland provincies*. Opgehaald van <http://www.nederland-kaart.nl/kaart-nederland-provincies/>
- Neven, A., Wets, G., Brijs, T., & Janssens, D. (2019). Leidraad voor de Masterproef. Hasselt, Limburg, België.
- Oppe, S. (1988). *Verkeersonveiligheid bij mist*. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- Otten, M., & van Essen, H. (2009). *Langzamer is zuiniger: verkenning van klimaatwinst van snelheidsverlaging op de snelweg*. Delft : Milieudefensie.
- Pohlert, T. (2020). *Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection*.
- Redactie24. (2019, Juli 30). *Woordvoerder van VIAS is er niet over te spreken: "Je kan dat niet goedkeuren in het verkeer, zo veroorzaak je heel wat mensenleed"*. Opgehaald van www.redactie24.be: <https://www.redactie24.be/news/21357/woordvoerder-van-vias-is-er->

- niet-over-te-spreken-je-kan-dat-niet-goedkeuren-in-het-verkeer-zo-
veroorzaak-je-heel-wat-mensenleed
- Rietveld, P., van Binsbergen, A., & Peeters, P. (1996). *Optimal speed limits for various types of roads*. Rotterdam; Amsterdam: Tinbergen Institute.
- Rijksoverheid. (sd). *Maatregelen tegen luchtvervuiling*. Opgehaald van www.rijksoverheid.nl:
<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/luchtkwaliteit/maatregelen-tegen-luchtvervuiling>
- Rijkswaterstaat - CIV. (2019). *Handleiding product Bestand geRegistreerde Ongevallen Nederland (BRON)*.
- Rijkswaterstaat . (n.d.). *Onze organisatie* . Opgehaald van www.rijkswaterstaat.nl
: <https://www.rijkswaterstaat.nl/over-ons/onze-organisatie>
- Rijkswaterstaat. (n.d.). *Nationaal Wegenbestand en WEGGEG*. Opgehaald van www.rijkswaterstaat.nl:
<https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen-met-rijkswaterstaat/werkwijzen/werkwijze-in-gww/data-eisen-rijkswaterstaatcontracten/nationaal-wegenbestand.aspx>
- Statistics How To. (2015, December 15). *What is Inferential Statistics?* . Opgehaald van www.statisticshowto.com:
<https://www.statisticshowto.com/inferential-statistics/>
- Stiers, T. (2007). *Impact van weersfactoren op het verkeer* .
- Terpstra, J. (1995). *Over slecht zicht, bewolking, windstoten en gladheid*. De Bilt: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut.
- The Newswheel. (2018, December 27). *Rainy Weather Confounds Self-Driving Cars in Michigan State Study*. Opgehaald van www.thenewswheel.com:
<https://thenewswheel.com/rainy-weather-confounds-self-driving-cars-in-michigan-state-study/>
- Theofilatos, A., & Yannis, G. (2014). A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety. *Accident analysis and prevention*, 244-256.
- Uytterhoeven, K., Ver Heyen, K., & Schepers, W. (2016). *Introductieweek Faculteit Bewegings-en Revalidatiewetenschappen: Chemie*. KU Leuven, Faculteit Bewegings-en Revalidatiewetenschappen, Leuven.
- VAB Magazine. (2018, Juni 23). *Opgepast voor hitte in de auto*. Opgehaald van www.magazine.be: <https://magazine.vab.be/op-weg/mobiliteit/opgepast-voor-hitte-de-auto/>
- van Lipzig, N., & Willems, P. (2015). *Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij*.
- Vandervelden, J. (2019, Maart 22). Aantal mistdagen keldert door steeds schonere lucht. *VRT NWS*.
- Vanhove, F. (2009). *Impact van maximumsnelheid op autosnelwegen*. Brussel: Transport & Mobility Leuven.
- W. Black , A., Villarini, G., & L. Mote, T. (2017). *Effects of Rainfall on Vehicle Crashes in Six U.S. States*. Iowa, Georgia: American Meteorological Society.

Weerstatistieken. (sd). *Weergegevens vanaf 1901*. Opgehaald van [www.weerstatistieken.nl](https://weerstatistieken.nl): <https://weerstatistieken.nl>

Wikipedia. (2019, Juli 17). *Atmosferische circulatie*. Opgehaald van [www.wikipedia.org](https://nl.wikipedia.org/wiki/Atmosferische_circulatie): https://nl.wikipedia.org/wiki/Atmosferische_circulatie

World Health Organization. (n.d.). *Transport: health and sustainable development*. Opgehaald van [www.who.int](https://www.who.int/sustainable-development/transport/health-risks/climate-impacts/en/): <https://www.who.int/sustainable-development/transport/health-risks/climate-impacts/en/>

WWF; Studio Globo; Erasmushogeschool Brussel; Vrije Universiteit Brussel. (2013). Opgeroepen op Oktober 10, 2019, van www.climatechange.be: <http://www.climatechallenge.be/nl/>

Zaiontz, C. (sd). *Confidence and prediction intervals for forecasted values*. Opgehaald van www.real-statistics.com: <http://www.real-statistics.com/regression/confidence-and-prediction-intervals/>

Bijlagen

Bijlage 1: Fysische benadering van de remafstand van het motorvoertuig

De remafstand wordt volgens Elvik, Christensen, & Amundsen (2004) beschreven als ' $S = v_0^2 / 2fg$ ' waarbij v_0 de initiële snelheid van het voertuig is, f de wrijvingscoëfficiënt en g de gravitatieconstante die $9,81\text{m/s}^2$ bedraagt. Tijdens het remmen kunnen er twee soorten wrijvingen onderscheiden worden. Enerzijds is er de statische wrijving, die optreedt wanneer de banden nog rollen tijdens de remfase. Anderzijds is er ook nog de kinetische wrijving. Deze treedt op wanneer de banden blokkeren tijdens het remmen en het voertuig begint te slippen. Deze kinetische wrijvingscoëfficiënt is kleiner dan de statische wrijvingscoëfficiënt voor hetzelfde wegdek en dezelfde soort band. Concreet betekent dit dat wanneer een voertuig slipt, de remafstand groter is (Beusen & Denys, 2008).

Indien er sprake is van droge weersomstandigheden, zal de statische wrijvingscoëfficiënt tussen het wegdek en de band een waarde hebben van ongeveer 0,8. Bij natte weersomstandigheden (regen of zelfs ijsvorming), ligt de wrijvingscoëfficiënt een stuk lager, waardoor het voertuig sneller zal slippen indien het voertuig remt. Dit is dan ook de reden waarom de stopafstand op een nat wegdek groter is dan op een droog wegdek. Bovendien kan er op extreem natte wegen een laagje water gevormd worden tussen het wegdek en de banden van het voertuig waardoor zo goed als alle wrijving verdwijnt. Dit gebeurt wanneer het bandenprofiel niet diep genoeg is. Dit fenomeen wordt aquaplaning genoemd (Beusen & Denys, 2008). In bijlage 2 van dit rapport is bovendien een rekenvoorbeeld opgenomen om deze theorie te duiden.

Naast de invloed van neerslag kan ook de temperatuur een invloed hebben op de wrijving tussen de banden van het voertuig en het wegdek. Bij koude temperaturen bestaat er de kans dat er zich rijm- en ijsplekken vormen wat zorgt voor een glad wegdek met een zeer sterk verminderde wrijvingscoëfficiënt wat op zijn beurt resulteert in een verminderde grip van de banden op het wegdek. Bij dergelijke temperaturen (7°C of minder) wordt het rubber van de banden zodanig hard dat de grip afneemt en de remafstand vergroot. Tevens zal de bestuurbaarheid van het voertuig ook afnemen. Een goede oplossing om dit tegen te gaan zijn winterbanden aangezien dit gemaakt is uit een rubbermengsel dat bij lagere temperaturen soepeler blijft. Ook hebben winterbanden een extra diep profiel om grote hoeveelheden water en sneeuw af te voeren (Denys, 2006).

Hoge temperaturen daarentegen kunnen ervoor zorgen dat het wegdek uitzet en zachter wordt. Hierdoor zijn er op bepaalde plaatsen zones op het wegdek waar de banden een verminderde grip kunnen vertonen. Van zodra de temperatuur weer daalt, kunnen er scheuren en breuken in het wegdek ontstaan (zie ook hoofdstuk '4.1.5.2. Gevolgen van de klimaatverandering toegepast op het wegvervoer') (Denys, 2006).

Bijlage 2: Rekenvoorbeeld berekening remafstand (eigen werk)

Remafstand = $S = v_0^2 / 2fg$ (Elvik, Christensen, & Amundsen, 2004)

Gegeven:

- $V_0 = 50 \text{ km/u (13,88 m/s)}$
- $V_0^2 = 2500 \text{ km/u (192,65 m/s)}$
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- $f \text{ (droog weg)} = 0,8$
- $f \text{ (nat wegdek)} = 0,6$

Gevraagd:

- Remafstand bij droog wegdek
- Remafstand bij nat wegdek

Berekening:

- Droog wegdek

$$S = \frac{192,65 \text{ m/s}}{2 \cdot 0,8 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$S = 12,27 \text{ m}$$

- Nat wegdek

$$S = \frac{192,65 \text{ m/s}}{2 \cdot 0,6 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$S = 16,37 \text{ m}$$

Conclusie:

De remafstand op een nat wegdek bij 50 km/u is 33% langer in vergelijking met de remafstand op een droog wegdek bij diezelfde snelheid.

Bijlage 3: Absoluut aantal dodelijke verkeersongevallen tussen 2009 en 2018 per provincie per jaar

TABEL 18 Aantal dodelijke verkeersongevallen in de winter per provincie per jaar

Aantal dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	3	5	7	6	4	2	6	15	9	4
Noord-Holland	14	14	20	13	9	12	24	14	16	10
Groningen	6	4	5	7	8	3	4	3	6	4
Zeeland	3	6	2	3	1	5	3	4	7	7
Limburg	9	6	11	14	9	4	7	7	8	9
TOTAAL	35	35	45	43	31	26	44	43	46	34

TABEL 19 Aantal dodelijke verkeersongevallen in de zomer per provincie per jaar

Aantal dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	14	8	4	6	4	6	7	6	10	5
Noord-Holland	19	13	15	14	13	12	17	17	19	13
Groningen	6	8	6	3	9	2	6	4	8	9
Zeeland	7	5	8	5	5	8	4	9	6	2
Limburg	9	9	11	13	6	7	11	13	13	15
TOTAAL	55	43	44	41	37	35	45	49	56	44

Bijlage 4: Absoluut aantal verkeersongevallen met letsels tussen 2009 en 2018 per provincie per jaar

TABEL 20 Aantal verkeersongevallen met letsels in de winter per provincie per jaar

Aantal verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	329	163	52	47	181	283	345	396	337	326
Noord-Holland	708	309	223	169	305	518	788	872	672	746
Groningen	146	87	17	18	61	122	156	160	142	114
Zeeland	87	52	26	11	54	55	53	68	73	82
Limburg	186	101	95	50	83	91	155	142	131	146
TOTAAL	1.456	712	413	295	684	1.069	1.497	1.638	1.355	1.414

TABEL 21 Aantal verkeersongevallen met letsels in de zomer per provincie per jaar

Aantal verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	386	215	43	55	150	308	523	441	415	394
Noord-Holland	916	396	222	191	383	681	1.082	978	988	1.075
Groningen	197	32	17	18	48	153	226	200	162	165
Zeeland	146	87	35	18	47	63	149	117	123	141
Limburg	240	163	87	77	110	165	179	176	235	222
TOTAAL	1.885	893	404	359	738	1.370	2.159	1.912	1.923	1.997

Bijlage 5: Absoluut aantal verkeersongevallen met materiële schade tussen 2009 en 2018 per provincie per jaar

TABEL 22 Aantal verkeersongevallen met materiële schade in de winter per provincie per jaar

Aantal verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	794	2.633	1.992	2.156	2.111	1.661	1.666	1.871	1.908	2.111
Noord-Holland	2.116	4.124	3.332	3.749	3.405	3.479	3.753	4.321	4.274	4.386
Groningen	853	1.153	959	956	824	822	772	832	808	746
Zeeland	258	815	613	633	572	450	480	540	530	431
Limburg	1.173	1.795	1.333	1.231	1.394	1.689	1.750	1.943	1.976	1.694
TOTAAL	5.194	10.520	8.229	8.725	8.306	8.101	8.421	9.507	9.496	9.368

TABEL 23 Aantal verkeersongevallen met materiële schade in de zomer per provincie per jaar

Aantal verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	655	2.135	1.777	1.902	1.661	1.236	1.383	1.620	1.710	1.837
Noord-Holland	1.625	3.491	3.419	3.333	3.467	2.755	3.392	3.978	4.028	4.202
Groningen	723	816	794	881	806	562	696	652	657	663
Zeeland	271	758	719	705	665	514	588	643	661	544
Limburg	947	1.327	1.266	1.162	1.336	1.412	1.762	1.966	1.764	1.693
TOTAAL	4.231	8.527	7.975	7.983	7.935	6.479	7.821	8.859	8.820	8.939

Bijlage 6: Odds-ratio (relatieve risico) bij neerslag in de winter⁴⁰

TABEL 24 Aantal uren met neerslag in de winter (in %)

Neerslag	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	16,3%	13,7%	18,1%	17,3%	14,4%	15,2%	15,0%	16,7%	18,7%	16,4%
Noord-Holland	16,8%	16,0%	16,9%	14,7%	10,6%	16,8%	14,1%	14,8%	17,2%	13,4%
Groningen	17,5%	15,0%	18,9%	17,9%	13,8%	15,7%	15,9%	16,1%	17,6%	16,8%
Zeeland	13,3%	14,6%	18,6%	16,3%	12,3%	14,7%	13,5%	14,0%	16,2%	14,2%
Limburg	14,9%	18,2%	19,7%	19,6%	13,5%	10,4%	13,3%	14,2%	17,5%	14,2%
Gemiddeld	15,8%	15,5%	18,5%	17,1%	12,9%	14,5%	14,4%	15,2%	17,4%	15,0%

TABEL 25 Aantal uren zonder neerslag in de winter (in %)

Geen neerslag	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	83,7%	86,3%	81,9%	82,7%	85,6%	84,8%	85,0%	83,3%	81,3%	83,6%
Noord-Holland	83,2%	84,0%	83,1%	85,3%	89,4%	83,2%	85,9%	85,2%	82,8%	86,6%
Groningen	82,5%	85,0%	81,1%	82,1%	86,3%	84,3%	84,1%	83,9%	82,4%	83,2%
Zeeland	86,7%	85,4%	81,4%	83,7%	87,7%	85,3%	86,5%	86,0%	83,8%	85,8%
Limburg	85,1%	81,8%	80,3%	80,4%	86,5%	89,6%	86,7%	85,8%	82,5%	85,8%
Gemiddeld	84,3%	84,5%	81,5%	82,9%	87,1%	85,5%	85,6%	84,8%	82,6%	85,0%

TABEL 26 Aantal dodelijke verkeersongevallen die plaatsvinden bij neerslag in de winter (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,0%	0,0%	14,3%	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	33,3%	25,0%
Noord-Holland	0,0%	28,6%	25,0%	7,7%	22,2%	25,0%	20,8%	21,4%	31,3%	30,0%
Groningen	33,3%	0,0%	60,0%	28,6%	50,0%	66,7%	0,0%	0,0%	66,7%	50,0%
Zeeland	0,0%	16,7%	50,0%	33,3%	0,0%	20,0%	33,3%	25,0%	14,3%	14,3%
Limburg	11,1%	16,7%	18,2%	7,1%	11,1%	0,0%	14,3%	0,0%	25,0%	11,1%
Gemiddeld	8,9%	12,4%	33,5%	18,7%	16,7%	22,3%	13,7%	16,0%	34,1%	26,1%

TABEL 27 Aantal dodelijke verkeersongevallen die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de winter (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	100,0%	100,0%	85,7%	83,3%	100,0%	100,0%	100,0%	66,7%	66,7%	75,0%
Noord-Holland	100,0%	71,4%	75,0%	92,3%	77,8%	75,0%	79,2%	78,6%	68,8%	70,0%
Groningen	66,7%	100,0%	40,0%	71,4%	50,0%	33,3%	100,0%	100,0%	33,3%	50,0%
Zeeland	100,0%	83,3%	50,0%	66,7%	100,0%	80,0%	66,7%	75,0%	85,7%	85,7%
Limburg	88,9%	83,3%	81,8%	92,9%	88,9%	100,0%	85,7%	100,0%	75,0%	88,9%
Gemiddeld	91,1%	87,6%	66,5%	81,3%	83,3%	77,7%	86,3%	84,0%	65,9%	73,9%

TABEL 28 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen in de winter op basis van neerslag

Odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,00	0,00	0,76	0,96	0,00	0,00	0,00	2,49	2,17	1,70
Noord-Holland	0,00	2,10	1,64	0,48	2,41	1,65	1,60	1,57	2,19	2,77
Groningen	2,35	0,00	6,44	1,84	6,25	10,75	0,00	0,00	9,38	4,95
Zeeland	0,00	1,17	4,38	2,56	0,00	1,45	3,20	2,05	0,86	1,01
Limburg	0,71	0,90	0,91	0,31	0,80	0,00	1,09	0,00	1,57	0,75
Gemiddeld	0,52	0,77	2,22	1,12	1,35	1,69	0,94	1,06	2,46	2,00

$$OR = \frac{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij neerslag} / \text{Aantal uren neerslag}}{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij droge weersomstandigheden} / \text{Aantal uren geen neerslag}}$$

TABEL 29 Aantal verkeersongevallen met letsels die plaatsvinden bij neerslag in de winter (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	21,6%	14,7%	9,6%	21,3%	19,3%	25,4%	15,4%	18,7%	19,9%	19,0%
Noord-Holland	19,4%	17,2%	19,0%	15,0%	12,1%	21,2%	16,1%	16,2%	16,5%	18,6%
Groningen	17,8%	23,0%	11,8%	22,2%	21,3%	17,2%	22,4%	18,8%	16,2%	21,1%
Zeeland	13,8%	9,6%	30,8%	27,3%	9,3%	18,2%	17,0%	16,2%	16,4%	13,4%
Limburg	22,6%	23,8%	25,3%	26,0%	12,0%	15,4%	14,1%	20,7%	26,5%	20,4%
Gemiddeld	19,0%	17,6%	19,3%	22,3%	14,8%	19,5%	17,0%	18,1%	19,1%	18,5%

⁴⁰ Een relatief risico is de ratio van het risico op een bepaalde uitkomst (in deze masterproef: een verkeersongeval) onder bepaalde omstandigheden ten opzichte van dit risico in andere omstandigheden (Michiels, 2014). Indien de odds-ratio een waarde betreft groter dan 1, betekent dit dat het relatieve risico tijdens uren met neerslag stijgt. Een odds-ratio lager dan 1 betekent een vermindering van het relatieve risico tijdens uren met neerslag in de winter (Black & Mote, 2015).

TABEL 30 Aantal verkeersongevallen met letsels die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de winter (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	78,4%	85,3%	90,4%	78,7%	80,7%	74,6%	84,6%	81,3%	80,1%	81,0%
Noord-Holland	80,6%	82,8%	81,0%	85,0%	87,9%	78,8%	83,9%	83,8%	83,5%	81,4%
Groningen	82,2%	77,0%	88,2%	77,8%	78,7%	82,8%	77,6%	81,3%	83,8%	78,9%
Zeeland	86,2%	90,4%	69,2%	72,7%	90,7%	81,8%	83,0%	83,8%	83,6%	86,6%
Limburg	77,4%	76,2%	74,7%	74,0%	88,0%	84,6%	85,9%	79,3%	73,5%	79,6%
Gemiddeld	81,0%	82,4%	80,7%	77,7%	85,2%	80,5%	83,0%	81,9%	80,9%	81,5%

TABEL 31 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels in de winter op basis van neerslag

Odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1,41	1,09	0,48	1,29	1,42	1,90	1,03	1,15	1,08	1,20
Noord-Holland	1,19	1,09	1,15	1,02	1,16	1,33	1,17	1,11	0,95	1,48
Groningen	1,02	1,69	0,57	1,31	1,69	1,12	1,53	1,21	0,91	1,32
Zeeland	1,04	0,62	1,95	1,93	0,73	1,29	1,31	1,19	1,01	0,93
Limburg	1,67	1,40	1,38	1,44	0,87	1,57	1,07	1,58	1,70	1,55
Gemiddeld	1,25	1,16	1,05	1,39	1,17	1,43	1,22	1,23	1,12	1,29

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij neerslag} / \text{Aantal uren neerslag}}{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij droge weersomstandigheden} / \text{Aantal uren geen neerslag}}$$

TABEL 32 Aantal verkeersongevallen met materiële schade die plaatsvinden bij neerslag in de winter (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	20,9%	19,8%	20,6%	21,7%	22,6%	22,5%	21,1%	19,2%	25,8%	20,4%
Noord-Holland	18,6%	21,9%	20,6%	18,1%	14,7%	21,8%	17,9%	18,2%	21,4%	17,4%
Groningen	26,0%	22,5%	23,5%	23,0%	21,1%	23,8%	21,4%	21,0%	20,2%	20,9%
Zeeland	18,2%	18,7%	23,5%	23,5%	17,3%	20,3%	17,5%	17,4%	24,2%	19,5%
Limburg	20,0%	25,0%	25,0%	23,2%	18,0%	15,4%	20,0%	14,5%	26,5%	16,5%
Gemiddeld	20,8%	21,6%	22,6%	21,9%	18,8%	20,8%	19,6%	18,1%	23,6%	18,9%

TABEL 33 Aantal verkeersongevallen met materiële schade die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de winter (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	79,1%	80,2%	79,4%	78,3%	77,4%	77,5%	78,9%	80,8%	74,2%	79,6%
Noord-Holland	81,4%	78,1%	79,4%	81,9%	85,3%	78,2%	81,8%	81,8%	78,6%	82,6%
Groningen	74,0%	77,5%	76,5%	77,0%	78,9%	76,2%	78,6%	79,0%	79,8%	79,1%
Zeeland	74,0%	77,5%	76,5%	77,0%	78,9%	76,2%	78,6%	79,0%	79,8%	79,1%
Limburg	81,8%	81,3%	76,5%	76,5%	82,7%	79,7%	82,5%	82,6%	75,8%	80,5%
Gemiddeld	79,2%	78,4%	77,4%	78,1%	81,2%	79,2%	80,4%	81,9%	76,4%	81,1%

TABEL 34 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade in de winter op basis van neerslag

Odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1,36	1,56	1,17	1,32	1,74	1,62	1,52	1,19	1,51	1,31
Noord-Holland	1,13	1,47	1,28	1,28	1,45	1,38	1,33	1,28	1,31	1,36
Groningen	1,66	1,65	1,32	1,37	1,67	1,68	1,44	1,39	1,19	1,31
Zeeland	1,60	1,41	1,34	1,57	1,56	1,55	1,43	1,35	1,57	1,49
Limburg	1,40	1,38	1,33	1,24	1,39	1,66	1,58	1,06	1,65	1,24
Gemiddeld	1,40	1,50	1,29	1,36	1,56	1,55	1,45	1,23	1,47	1,32

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij neerslag} / \text{Aantal uren neerslag}}{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij droge weersomstandigheden} / \text{Aantal uren geen neerslag}}$$

Bijlage 7: Odds-ratio (relatieve risico) bij neerslag in de zomer⁴¹

TABEL 35 Aantal uren met neerslag in de zomer (in %)

Neerslag	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	7,7%	8,5%	14,7%	11,1%	5,5%	10,4%	11,4%	11,5%	10,8%	3,8%
Noord-Holland	5,6%	10,4%	14,4%	9,7%	4,4%	10,3%	10,8%	8,4%	9,1%	4,8%
Groningen	8,6%	10,7%	15,0%	10,9%	7,9%	9,2%	11,1%	9,7%	12,4%	6,2%
Zeeland	6,8%	8,9%	11,2%	11,1%	5,1%	9,1%	9,3%	9,1%	8,7%	3,6%
Limburg	7,3%	7,2%	11,9%	11,1%	5,7%	12,1%	8,9%	10,2%	8,9%	3,5%
Gemiddeld	7,2%	9,1%	13,4%	10,8%	5,7%	10,2%	10,3%	9,8%	10,0%	4,4%

TABEL 36 Aantal uren zonder neerslag in de zomer (in %)

Geen neerslag	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	92,3%	91,5%	85,3%	88,9%	94,5%	89,6%	88,6%	88,5%	89,2%	96,2%
Noord-Holland	94,4%	89,6%	85,6%	90,3%	95,6%	89,7%	89,2%	91,6%	90,9%	95,2%
Groningen	91,4%	89,3%	85,0%	89,1%	92,1%	90,8%	88,9%	90,3%	87,6%	93,8%
Zeeland	93,2%	91,1%	88,8%	88,9%	94,9%	90,9%	90,7%	90,9%	91,3%	96,4%
Limburg	92,7%	92,8%	88,1%	88,9%	94,3%	87,9%	91,1%	89,8%	91,1%	96,5%
Gemiddeld	92,8%	90,9%	86,6%	89,2%	94,3%	89,8%	89,7%	90,2%	90,0%	95,6%

TABEL 37 Aantal dodelijke verkeersongevallen die plaatsvinden bij neerslag in de zomer (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	7,1%	0,0%	25,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,0%	20,0%
Noord-Holland	0,0%	0,0%	6,7%	0,0%	7,7%	16,7%	0,0%	5,9%	5,3%	7,7%
Groningen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	11,1%	0,0%	16,7%	25,0%	12,5%	11,1%
Zeeland	0,0%	0,0%	12,5%	20,0%	0,0%	25,0%	25,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Limburg	0,0%	0,0%	9,1%	0,0%	0,0%	28,6%	9,1%	0,0%	0,0%	6,7%
Gemiddeld	1,4%	0,0%	10,7%	4,0%	13,8%	14,0%	10,2%	6,2%	5,6%	9,1%

TABEL 38 Aantal dodelijke verkeersongevallen die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de zomer (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	92,9%	100,0%	75,0%	100,0%	50,0%	100,0%	100,0%	100,0%	90,0%	80,0%
Noord-Holland	100,0%	100,0%	93,3%	100,0%	92,3%	83,3%	100,0%	94,1%	94,7%	92,3%
Groningen	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	88,9%	100,0%	83,3%	75,0%	87,5%	88,9%
Zeeland	100,0%	100,0%	87,5%	80,0%	100,0%	75,0%	75,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Limburg	100,0%	100,0%	90,9%	100,0%	100,0%	71,4%	90,9%	100,0%	100,0%	93,3%
Gemiddeld	98,6%	100,0%	89,3%	96,0%	86,2%	86,0%	89,8%	93,8%	94,4%	90,9%

TABEL 39 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen in de zomer op basis van neerslag

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,92	0,00	1,93	0,00	17,18	0,00	0,00	0,00	0,92	6,33
Noord-Holland	0,00	0,00	0,43	0,00	1,81	1,75	0,00	0,68	0,56	1,65
Groningen	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46	0,00	1,61	3,10	1,01	1,89
Zeeland	0,00	0,00	1,13	2,00	0,00	3,33	3,25	0,00	0,00	0,00
Limburg	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00	2,91	1,02	0,00	0,00	1,98
Gemiddeld	0,18	0,00	0,77	0,34	2,65	1,43	0,99	0,61	0,53	2,18

$$OR = \frac{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij neerslag} / \text{Aantal uren neerslag}}{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij droge weersomstandigheden} / \text{Aantal uren geen neerslag}}$$

⁴¹ Een relatief risico is de ratio van het risico op een bepaalde uitkomst (in deze masterproef: een verkeersongeval) onder bepaalde omstandigheden ten opzichte van dit risico in andere omstandigheden (Michiels, 2014). Indien de odds-ratio een waarde betreft groter dan 1, betekent dit dat het relatieve risico tijdens uren met neerslag stijgt. Een odds-ratio lager dan 1 betekent een vermindering van het relatieve risico tijdens uren met neerslag in de zomer (Black & Mote, 2015).

TABEL 40 Aantal verkeersongevallen met letsels die plaatsvinden bij neerslag in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	7,3%	5,1%	18,6%	7,3%	4,0%	16,6%	11,9%	13,6%	13,3%	5,8%
Noord-Holland	3,2%	6,8%	13,8%	5,8%	4,5%	10,3%	8,7%	8,0%	7,2%	3,5%
Groningen	6,6%	12,5%	23,5%	5,6%	6,3%	11,8%	12,0%	12,5%	11,7%	6,1%
Zeeland	4,8%	5,7%	0,0%	11,1%	2,1%	7,9%	6,7%	8,5%	7,3%	0,7%
Limburg	5,0%	6,7%	11,6%	13,0%	4,5%	7,3%	10,1%	14,7%	7,7%	2,7%
Gemiddeld	5,4%	7,4%	13,5%	8,5%	4,3%	10,8%	9,9%	11,5%	9,4%	3,8%

TABEL 41 Aantal verkeersongevallen met letsels die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	92,7%	94,9%	81,4%	92,7%	96,0%	83,4%	88,1%	86,4%	86,7%	94,2%
Noord-Holland	96,8%	93,2%	86,2%	94,2%	95,5%	89,7%	91,3%	92,0%	92,8%	96,5%
Groningen	93,4%	87,5%	76,5%	94,4%	93,8%	88,2%	88,0%	87,5%	88,3%	93,9%
Zeeland	95,2%	94,3%	100,0%	88,9%	97,9%	92,1%	93,3%	91,5%	92,7%	99,3%
Limburg	95,0%	93,3%	88,4%	87,0%	95,5%	92,7%	89,9%	85,3%	92,3%	97,3%
Gemiddeld	94,6%	92,6%	86,5%	91,5%	95,7%	89,2%	90,1%	88,5%	90,6%	96,2%

TABEL 42 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels in de zomer op basis van neerslag

Odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,94	0,58	1,33	0,63	0,72	1,71	1,05	1,21	1,27	1,56
Noord-Holland	0,56	0,63	0,95	0,57	1,02	1,00	0,79	0,95	0,78	0,72
Groningen	0,75	1,19	1,74	0,48	0,78	1,32	1,09	1,33	0,94	0,98
Zeeland	0,69	0,62	0,00	1,00	0,40	0,86	0,70	0,93	0,83	0,19
Limburg	0,67	0,93	0,97	1,20	0,78	0,57	1,15	1,52	0,85	0,77
Gemiddeld	0,74	0,80	1,01	0,77	0,74	1,07	0,96	1,20	0,93	0,86

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij neerslag} / \text{Aantal uren neerslag}}{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij droge weersomstandigheden} / \text{Aantal uren geen neerslag}}$$

TABEL 43 Aantal verkeersongevallen met materiële schade die plaatsvinden bij neerslag in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	8,7%	9,6%	18,2%	14,4%	6,4%	15,3%	12,7%	14,5%	13,5%	4,4%
Noord-Holland	4,7%	12,1%	16,7%	11,7%	6,0%	12,4%	13,8%	9,9%	10,9%	5,2%
Groningen	10,9%	14,0%	16,2%	14,3%	10,0%	10,5%	14,5%	14,3%	15,5%	6,0%
Zeeland	8,1%	8,4%	15,7%	11,0%	5,1%	11,7%	11,6%	9,7%	9,4%	5,3%
Limburg	9,0%	6,2%	14,4%	12,5%	6,1%	18,2%	10,0%	13,4%	10,8%	4,1%
Gemiddeld	8,3%	10,1%	16,2%	12,8%	6,7%	13,6%	12,5%	12,3%	12,0%	5,0%

TABEL 44 Aantal verkeersongevallen met materiële schade die plaatsvinden bij droge weersomstandigheden in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	91,3%	90,4%	81,8%	85,6%	93,6%	84,7%	87,3%	85,5%	86,5%	95,6%
Noord-Holland	95,3%	87,9%	83,3%	88,3%	94,0%	87,6%	86,2%	90,1%	89,1%	94,8%
Groningen	89,1%	86,0%	83,8%	85,7%	90,0%	89,5%	85,5%	85,7%	84,5%	94,0%
Zeeland	91,9%	91,6%	84,3%	89,0%	94,9%	88,3%	88,4%	90,3%	90,6%	94,7%
Limburg	91,0%	93,8%	85,6%	87,5%	93,9%	81,8%	90,0%	86,6%	89,2%	95,9%
Gemiddeld	91,7%	89,9%	83,8%	87,2%	93,3%	86,4%	87,5%	87,7%	88,0%	95,0%

TABEL 45 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade in de zomer op basis van neerslag

Odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1,14	1,14	1,29	1,35	1,17	1,56	1,13	1,31	1,29	1,17
Noord-Holland	0,83	1,19	1,19	1,23	1,39	1,23	1,32	1,20	1,22	1,09
Groningen	1,30	1,36	1,10	1,36	1,30	1,16	1,36	1,55	1,30	0,97
Zeeland	1,21	0,94	1,48	0,99	1,00	1,32	1,28	1,07	1,09	1,50
Limburg	1,26	0,85	1,25	1,14	1,07	1,62	1,14	1,36	1,24	1,18
Gemiddeld	1,17	1,12	1,25	1,21	1,19	1,39	1,24	1,29	1,23	1,14

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij neerslag} / \text{Aantal uren neerslag}}{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij droge weersomstandigheden} / \text{Aantal uren geen neerslag}}$$

Bijlage 8: Odds-ratio (relatieve risico) bij vorsturen⁴²

TABEL 46 Aantal uren met temperatuur <0°C in de winter (in %)

Temperatuur <0°C	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	28,8%	52,8%	10,2%	22,3%	26,7%	5,2%	8,7%	14,1%	18,8%	15,6%
Noord-Holland	21,5%	48,0%	8,4%	17,8%	22,2%	2,1%	5,0%	8,4%	15,9%	9,4%
Groningen	34,4%	68,1%	16,7%	27,6%	27,5%	12,3%	11,2%	21,6%	22,1%	18,9%
Zeeland	17,3%	34,5%	5,0%	15,7%	18,3%	1,3%	3,2%	2,8%	10,3%	6,8%
Limburg	33,4%	53,2%	13,9%	25,7%	30,7%	3,6%	11,0%	13,6%	18,8%	19,1%
Gemiddeld	27,1%	51,3%	10,8%	21,8%	25,1%	4,9%	7,8%	12,1%	17,2%	14,0%

TABEL 47 Aantal uren met temperatuur >0°C in de winter (in %)

Temperatuur >0°C	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	71,2%	47,2%	89,8%	77,7%	73,3%	94,8%	91,3%	85,9%	81,2%	84,4%
Noord-Holland	78,5%	52,0%	91,6%	82,2%	77,8%	97,9%	95,0%	91,6%	84,1%	90,6%
Groningen	65,6%	31,9%	83,3%	72,4%	72,5%	87,7%	88,8%	78,4%	77,9%	81,1%
Zeeland	82,7%	65,5%	95,0%	84,3%	81,7%	98,7%	96,8%	97,2%	89,7%	93,2%
Limburg	66,6%	46,8%	86,1%	74,3%	69,3%	96,4%	89,0%	86,4%	81,2%	80,9%
Gemiddeld	72,9%	48,7%	89,2%	78,2%	74,9%	95,1%	92,2%	87,9%	82,8%	86,0%

TABEL 48 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur <0°C in de winter (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	33,3%	100,0%	0,0%	16,7%	25,0%	0,0%	0,0%	13,3%	22,2%	25,0%
Noord-Holland	14,3%	28,6%	5,0%	23,1%	11,1%	0,0%	0,0%	0,0%	6,3%	10,0%
Groningen	33,3%	75,0%	0,0%	42,9%	37,5%	0,0%	0,0%	33,3%	16,7%	25,0%
Zeeland	33,3%	16,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Limburg	44,4%	50,0%	0,0%	21,4%	0,0%	25,0%	0,0%	0,0%	25,0%	22,2%
Gemiddeld	31,7%	50,0%	1,0%	21,4%	14,7%	5,0%	0,0%	9,0%	25,4%	16,4%

TABEL 49 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur >0°C in de winter (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	66,7%	0,0%	100,0%	83,3%	75,0%	100,0%	100,0%	86,7%	77,8%	75,0%
Noord-Holland	85,7%	71,4%	95,0%	76,9%	88,9%	100,0%	100,0%	100,0%	93,7%	90,0%
Groningen	66,7%	25,0%	100,0%	57,1%	62,5%	100,0%	100,0%	66,7%	83,3%	75,0%
Zeeland	66,7%	83,3%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Limburg	55,6%	50,0%	100,0%	78,6%	100,0%	75,0%	100,0%	100,0%	75,0%	77,8%
Gemiddeld	68,3%	50,0%	99,0%	78,6%	85,3%	95,0%	100,0%	91,0%	74,6%	83,6%

TABEL 50 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van temperatuur

Odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1,23	n.v.t	0,00	0,70	0,92	0,00	0,00	0,93	1,23	1,80
Noord-Holland	0,61	0,43	0,57	1,39	0,44	0,00	0,00	0,00	0,36	1,07
Groningen	0,95	1,41	0,00	1,97	1,58	0,00	0,00	1,81	0,71	1,43
Zeeland	2,39	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limburg	1,59	0,88	0,00	0,79	0,00	8,93	0,00	0,00	1,44	1,21
Gemiddeld	1,25	0,77	0,08	0,98	0,51	1,02	0,00	0,72	1,64	1,21

$$OR = \frac{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur } <0 / \text{Aantal uren met temperatuur } <0}{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur } >0 / \text{Aantal uren met temperatuur } >0}$$

⁴² Een relatief risico is de ratio van het risico op een bepaalde uitkomst (in deze masterproef: een verkeersongeval) onder bepaalde omstandigheden ten opzichte van dit risico in andere omstandigheden (Michiels, 2014). Indien de odds-ratio een waarde betreft groter dan 1, betekent dit dat het relatieve risico tijdens uren met vorst stijgt. Een odds-ratio lager dan 1 betekent een vermindering van het relatieve risico tijdens uren met vorst (Black & Mote, 2015).

TABEL 51 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur <0°C in de winter (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	18,2%	46,6%	11,5%	23,4%	12,2%	2,8%	6,1%	9,6%	17,5%	10,1%
Noord-Holland	14,7%	32,7%	3,2%	20,4%	11,8%	2,1%	3,7%	6,8%	14,7%	5,6%
Groningen	28,1%	62,1%	17,6%	16,7%	16,4%	8,2%	7,1%	15,0%	12,7%	13,2%
Zeeland	17,2%	28,8%	0,0%	9,1%	7,4%	0,0%	0,0%	0,0%	5,5%	4,9%
Limburg	15,1%	46,5%	11,6%	26,0%	12,0%	1,1%	7,1%	6,3%	16,0%	8,9%
Gemiddeld	18,7%	43,3%	8,8%	19,1%	12,0%	2,9%	4,8%	7,5%	7,6%	8,5%

TABEL 52 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur >0°C in de winter (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	81,8%	53,4%	88,5%	76,6%	87,8%	97,2%	93,9%	90,4%	82,5%	89,9%
Noord-Holland	85,3%	67,3%	96,8%	79,6%	88,2%	97,9%	96,3%	93,2%	85,3%	94,4%
Groningen	71,9%	37,9%	82,4%	83,3%	83,6%	91,8%	92,9%	85,0%	87,3%	86,8%
Zeeland	82,8%	71,2%	100,0%	90,9%	92,6%	100,0%	100,0%	100,0%	94,5%	95,1%
Limburg	84,9%	53,5%	88,4%	74,0%	88,0%	98,9%	92,9%	93,7%	84,0%	91,1%
Gemiddeld	81,3%	56,7%	91,2%	80,9%	88,0%	97,1%	95,2%	92,5%	92,4%	91,5%

TABEL 53 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van temperatuur

Odds-ratio van verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,55	0,78	1,14	1,06	0,38	0,53	0,68	0,65	0,92	0,61
Noord-Holland	0,63	0,53	0,36	1,18	0,47	1,00	0,73	0,80	0,91	0,57
Groningen	0,75	0,77	1,07	0,53	0,52	0,64	0,61	0,64	0,51	0,65
Zeeland	0,99	0,77	0,00	0,54	0,36	0,00	0,00	0,00	0,51	0,71
Limburg	0,35	0,76	0,81	1,02	0,31	0,30	0,62	0,43	0,82	0,41
Gemiddeld	0,62	0,71	0,80	0,85	0,41	0,58	0,60	0,59	0,40	0,57

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur } <0 / \text{Aantal uren met temperatuur } <0}{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur } >0 / \text{Aantal uren met temperatuur } >0}$$

TABEL 54 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur <0°C in de winter (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	21,0%	55,7%	8,0%	25,9%	23,7%	3,4%	7,3%	10,0%	19,2%	9,0%
Noord-Holland	16,5%	45,6%	5,0%	19,4%	22,5%	1,4%	4,3%	6,5%	15,0%	6,6%
Groningen	25,4%	67,6%	16,1%	28,7%	27,8%	14,0%	11,0%	21,0%	19,4%	14,1%
Zeeland	13,2%	36,0%	4,2%	17,4%	17,7%	1,1%	0,8%	2,4%	11,1%	3,0%
Limburg	31,2%	57,3%	12,8%	24,9%	25,8%	2,2%	9,4%	9,3%	20,6%	15,5%
Gemiddeld	21,5%	52,4%	9,2%	23,3%	23,5%	4,4%	6,6%	9,8%	17,1%	9,6%

TABEL 55 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur >0°C in de winter (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	79,0%	44,3%	92,0%	74,1%	76,3%	96,6%	92,7%	90,0%	80,8%	91,0%
Noord-Holland	83,5%	54,4%	95,0%	80,6%	77,5%	98,6%	95,7%	93,5%	85,0%	93,4%
Groningen	74,6%	32,4%	83,9%	71,3%	72,2%	86,0%	89,0%	79,0%	80,6%	85,9%
Zeeland	86,8%	64,0%	95,8%	82,6%	82,3%	98,9%	99,2%	97,6%	88,9%	97,0%
Limburg	68,8%	42,7%	87,2%	75,1%	74,2%	97,8%	90,6%	90,7%	79,4%	84,5%
Gemiddeld	78,5%	47,6%	90,8%	76,7%	76,5%	95,6%	93,4%	90,2%	82,9%	90,4%

TABEL 56 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van temperatuur

Odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,66	1,12	0,77	1,22	0,85	0,64	0,83	0,68	1,03	0,54
Noord-Holland	0,72	0,91	0,57	1,11	1,02	0,66	0,85	0,76	0,93	0,68
Groningen	0,65	0,98	0,96	1,06	1,02	1,16	0,98	0,96	0,85	0,70
Zeeland	0,73	1,07	0,83	1,13	0,96	0,84	0,24	0,85	1,09	0,42
Limburg	0,90	1,18	0,91	0,96	0,78	0,60	0,84	0,65	1,12	0,78
Gemiddeld	0,74	1,05	0,84	1,09	0,92	0,89	0,84	0,79	0,99	0,65

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur } <0 / \text{Aantal uren met temperatuur } <0}{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur } >0 / \text{Aantal uren met temperatuur } >0}$$

Bijlage 9: Odds-ratio (relatieve risico) bij gemiddelde temperatuur (3,0°C) in de winter⁴³

TABEL 57 Aantal uren met temperatuur <3°C in de winter (in %)

Temperatuur <3,0°C	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	56,9%	80,5%	29,3%	35,0%	46,8%	19,4%	25,6%	31,7%	40,9%	36,9%
Noord-Holland	50,2%	79,2%	25,9%	31,1%	41,3%	13,6%	18,2%	24,5%	31,9%	33,0%
Groningen	62,6%	90,6%	40,3%	44,0%	50,4%	31,6%	30,9%	40,5%	49,3%	45,6%
Zeeland	51,8%	70,8%	19,3%	27,9%	39,2%	7,3%	16,3%	16,2%	28,7%	23,8%
Limburg	58,6%	79,9%	34,2%	42,2%	49,6%	21,3%	34,9%	33,2%	45,6%	42,5%
Gemiddeld	56,0%	80,2%	29,8%	36,0%	45,5%	18,6%	25,2%	29,2%	39,3%	36,4%

TABEL 58 Aantal uren met temperatuur >3°C in de winter (in %)

Temperatuur >3,0°C	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	43,1%	19,5%	70,7%	65,0%	53,2%	80,6%	74,4%	68,3%	59,1%	63,1%
Noord-Holland	49,8%	20,8%	74,1%	68,9%	58,7%	86,4%	81,8%	75,5%	68,1%	67,0%
Groningen	37,4%	9,4%	59,7%	56,0%	49,6%	68,4%	69,1%	59,5%	50,7%	54,4%
Zeeland	48,2%	29,2%	80,7%	72,1%	60,8%	92,7%	83,7%	83,8%	71,3%	76,2%
Limburg	41,4%	20,1%	65,8%	57,8%	50,4%	78,7%	65,1%	66,8%	54,4%	57,5%
Gemiddeld	44,0%	19,8%	70,2%	64,0%	54,5%	81,4%	74,8%	70,8%	60,7%	63,6%

TABEL 59 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur <3°C in de winter (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	33,3%	100,0%	28,6%	16,7%	50,0%	0,0%	16,7%	33,3%	55,6%	50,0%
Noord-Holland	50,0%	57,1%	20,0%	23,1%	11,1%	0,0%	12,5%	7,1%	25,0%	30,0%
Groningen	66,7%	100,0%	20,0%	57,1%	62,5%	33,3%	0,0%	66,7%	33,3%	25,0%
Zeeland	66,7%	83,3%	0,0%	33,3%	100,0%	0,0%	0,0%	25,0%	42,9%	28,6%
Limburg	66,7%	100,0%	45,5%	50,0%	11,1%	75,0%	42,9%	28,6%	37,5%	44,4%
Gemiddeld	56,7%	88,1%	22,8%	36,0%	46,9%	21,7%	14,4%	32,1%	38,9%	35,6%

TABEL 60 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur >3°C in de winter (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	66,7%	0,0%	71,4%	83,3%	50,0%	100,0%	83,3%	66,7%	44,4%	50,0%
Noord-Holland	50,0%	42,9%	80,0%	76,9%	88,9%	100,0%	87,5%	92,9%	75,0%	70,0%
Groningen	33,3%	0,0%	80,0%	42,9%	37,5%	66,7%	100,0%	33,3%	66,7%	75,0%
Zeeland	33,3%	16,7%	100,0%	66,7%	0,0%	100,0%	100,0%	75,0%	57,1%	71,4%
Limburg	33,3%	0,0%	54,5%	50,0%	88,9%	25,0%	57,1%	71,4%	62,5%	55,6%
Gemiddeld	43,3%	11,9%	77,2%	64,0%	53,1%	78,3%	85,6%	67,9%	61,1%	64,4%

TABEL 61 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van de gemiddelde temperatuur in de winter⁴⁴

Odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	2,64	0,00	1,03	2,69	0,88	n.v.t.	1,72	0,93	0,55	0,58
Noord-Holland	1,01	2,86	1,40	1,50	5,63	n.v.t.	1,56	4,25	1,41	1,15
Groningen	0,84	0,00	2,70	0,59	0,61	0,93	n.v.t.	0,34	1,95	2,51
Zeeland	0,54	0,49	n.v.t.	0,78	0,00	n.v.t.	n.v.t.	0,58	0,54	0,78
Limburg	0,71	0,00	0,62	0,73	7,88	0,09	0,71	1,24	1,40	0,93
Gemiddeld	0,97	0,55	1,44	1,00	0,95	0,82	2,00	0,87	1,02	1,04

$$OR = \frac{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur } >3,0 / \text{Aantal uren met temperatuur } >3,0}{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur } <3,0 / \text{Aantal uren met temperatuur } <3,0}$$

⁴³ Een relatief risico is de ratio van het risico op een bepaalde uitkomst (in deze masterproef: een verkeersongeval) onder bepaalde omstandigheden ten opzichte van dit risico in andere omstandigheden (Michiels, 2014). Indien de odds-ratio een waarde betreft groter dan 1, betekent dit dat het relatieve risico stijgt indien de temperatuur in de winter hoger is dan de gemiddelde temperatuur. Een odds-ratio lager dan 1 betekent een vermindering van het relatieve risico wanneer de temperatuur in de winter lager dan het gemiddelde (Black & Mote, 2015).

⁴⁴ De inhoud van de cellen met als waarde "n.v.t." hebben betrekking op het feit dat er niet gedeeld kan worden door 0 (door het feit dat er geen dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur <3,0 plaatsvonden).

TABEL 62 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur <3°C in de winter (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	44,1%	76,1%	40,4%	36,2%	33,1%	13,1%	19,7%	27,3%	38,3%	31,0%
Noord-Holland	48,2%	76,1%	25,8%	31,7%	27,9%	11,4%	16,3%	24,2%	32,6%	26,3%
Groningen	57,5%	88,5%	47,1%	33,3%	32,8%	28,7%	27,6%	36,9%	33,8%	40,4%
Zeeland	51,7%	67,3%	7,7%	45,5%	18,5%	0,0%	7,5%	14,7%	16,4%	30,5%
Limburg	40,3%	69,3%	27,4%	46,0%	28,9%	20,9%	31,0%	25,4%	39,7%	28,8%
Gemiddeld	48,4%	75,5%	29,7%	38,5%	28,2%	14,8%	20,4%	25,7%	32,2%	31,4%

TABEL 63 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur >3°C in de winter (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	55,9%	23,9%	59,6%	63,8%	66,9%	86,9%	80,3%	72,7%	61,7%	69,0%
Noord-Holland	51,8%	23,9%	74,2%	68,3%	72,1%	88,6%	83,7%	75,8%	67,4%	73,7%
Groningen	42,5%	11,5%	52,9%	66,7%	67,2%	71,3%	72,4%	63,1%	66,2%	59,6%
Zeeland	48,3%	32,7%	92,3%	54,5%	81,5%	100,0%	92,5%	85,3%	83,6%	69,5%
Limburg	59,7%	30,7%	72,6%	54,0%	71,1%	79,1%	69,0%	74,6%	60,3%	71,2%
Gemiddeld	51,6%	24,5%	70,3%	61,5%	71,8%	85,2%	79,6%	74,3%	67,8%	68,6%

TABEL 64 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van de gemiddelde temperatuur in de winter ⁴⁵

Odds-ratio van verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1,67	1,30	0,61	0,95	1,78	1,60	1,40	1,24	1,11	1,30
Noord-Holland	1,08	1,20	1,01	0,97	1,82	1,22	1,14	1,02	0,97	1,38
Groningen	1,24	1,25	0,76	1,57	2,08	1,15	1,17	1,16	1,90	1,24
Zeeland	1,00	1,18	2,87	0,46	2,84	n.v.t.	2,40	1,12	2,05	0,71
Limburg	2,10	1,76	1,38	0,86	2,42	1,02	1,19	1,46	1,27	1,83
Gemiddeld	1,36	1,31	1,00	0,90	2,13	1,32	1,31	1,19	1,36	1,25

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur } >3,0 / \text{Aantal uren met temperatuur } > 3,0}{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur } <3,0 / \text{Aantal uren met temperatuur } < 3,0}$$

TABEL 65 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur <3°C in de winter (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	48,9%	83,6%	29,6%	38,9%	47,6%	16,7%	25,9%	27,6%	43,3%	29,6%
Noord-Holland	47,1%	82,2%	21,7%	32,9%	41,0%	10,5%	17,8%	23,1%	35,7%	27,0%
Groningen	55,5%	92,4%	37,7%	50,6%	56,3%	33,5%	32,4%	40,5%	49,9%	39,7%
Zeeland	51,9%	75,7%	21,7%	31,4%	42,5%	6,9%	12,1%	15,2%	31,9%	18,8%
Limburg	55,2%	84,1%	34,7%	42,7%	42,3%	15,8%	29,4%	28,0%	44,4%	37,3%
Gemiddeld	51,7%	83,6%	29,1%	39,3%	45,9%	16,7%	23,5%	26,9%	41,0%	30,5%

TABEL 66 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur >3°C in de winter (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	51,1%	16,4%	70,4%	61,1%	52,4%	83,3%	74,1%	72,4%	56,7%	70,4%
Noord-Holland	52,9%	17,8%	78,3%	67,1%	59,0%	89,5%	82,2%	76,9%	64,3%	73,0%
Groningen	44,5%	7,6%	62,3%	49,4%	43,7%	66,5%	67,6%	59,5%	50,1%	60,3%
Zeeland	48,1%	24,3%	78,3%	68,6%	57,5%	93,1%	87,9%	84,8%	68,1%	81,2%
Limburg	44,8%	15,9%	65,3%	57,3%	57,7%	84,2%	70,6%	72,0%	55,6%	62,7%
Gemiddeld	48,3%	16,4%	70,9%	60,7%	54,1%	83,3%	76,5%	73,1%	59,0%	69,5%

TABEL 67 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van de gemiddelde temperatuur in de winter

Odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1,38	0,81	0,99	0,85	0,97	1,20	0,98	1,22	0,91	1,39
Noord-Holland	1,13	0,82	1,26	0,92	1,01	1,34	1,03	1,08	0,84	1,33
Groningen	1,34	0,79	1,12	0,77	0,79	0,92	0,93	1,00	0,98	1,27
Zeeland	1,00	0,78	0,86	0,85	0,87	1,06	1,41	1,08	0,86	1,35
Limburg	1,15	0,75	0,98	0,98	1,34	1,44	1,29	1,28	1,05	1,24
Gemiddeld	1,19	0,79	1,03	0,87	0,98	1,14	1,10	1,12	0,93	1,30

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met mat.schade bij temperatuur } >3,0 / \text{Aantal uren met temperatuur } > 3,0}{\text{Aantal verkeersongevallen met mat.schade bij temperatuur } <3,0 / \text{Aantal uren met temperatuur } < 3,0}$$

⁴⁵ De inhoud van de cellen met als waarde "n.v.t." hebben betrekking op het feit dat er niet gedeeld kan worden door 0 (door het feit dat er geen verkeersongevallen met letsels bij temperatuur <3,0 plaatsvonden).

Bijlage 10: Odds-ratio (relatieve risico) bij gemiddelde temperatuur (16,3°C) in de zomer⁴⁶

TABEL 68 Aantal uren met temperatuur <16,3°C in de zomer (in %)

Temperatuur <16,3°C	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	41,4%	39,1%	53,4%	48,3%	41,5%	41,1%	42,9%	38,7%	36,2%	32,6%
Noord-Holland	38,0%	44,7%	60,5%	50,9%	49,1%	42,1%	46,3%	43,1%	33,0%	38,1%
Groningen	49,4%	47,2%	62,2%	56,9%	51,1%	47,8%	51,2%	45,8%	46,8%	41,7%
Zeeland	32,2%	31,6%	49,8%	40,6%	36,0%	36,9%	35,1%	32,2%	20,2%	25,4%
Limburg	39,5%	36,2%	51,5%	47,5%	38,9%	44,0%	36,0%	38,7%	31,1%	26,0%
Gemiddeld	40,1%	39,8%	55,5%	48,8%	43,3%	42,4%	42,3%	39,7%	33,5%	32,8%

TABEL 69 Aantal uren met temperatuur >16,3°C in de zomer (in %)

Temperatuur >16,3°C	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	58,6%	60,9%	46,6%	51,7%	58,5%	58,9%	57,1%	61,3%	63,8%	67,4%
Noord-Holland	62,0%	55,3%	39,5%	49,1%	50,9%	57,9%	53,7%	56,9%	67,0%	61,9%
Groningen	50,6%	52,8%	37,8%	43,1%	48,9%	52,2%	48,8%	54,2%	53,2%	58,3%
Zeeland	67,8%	68,4%	50,2%	59,4%	64,0%	63,1%	64,9%	67,8%	79,8%	74,6%
Limburg	60,5%	63,8%	48,5%	52,5%	61,1%	56,0%	64,0%	61,3%	68,9%	74,0%
Gemiddeld	59,9%	60,2%	44,5%	51,2%	56,7%	57,6%	57,7%	60,3%	66,5%	67,2%

TABEL 70 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur <16,3°C in de zomer (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	42,9%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	16,7%	14,3%	33,3%	20,0%	20,0%
Noord-Holland	26,3%	38,5%	66,7%	14,3%	38,5%	16,7%	17,6%	29,4%	15,8%	38,5%
Groningen	16,7%	25,0%	33,3%	66,7%	44,4%	0,0%	33,3%	50,0%	12,5%	44,4%
Zeeland	14,3%	20,0%	50,0%	40,0%	20,0%	50,0%	25,0%	22,2%	0,0%	50,0%
Limburg	33,3%	22,2%	36,4%	23,1%	0,0%	57,1%	0,0%	7,7%	30,8%	40,0%
Gemiddeld	26,7%	31,1%	47,3%	38,8%	30,6%	28,1%	18,0%	28,5%	15,8%	38,6%

TABEL 71 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur >16,3°C in de zomer (in %)

Dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	57,1%	50,0%	50,0%	50,0%	50,0%	83,3%	85,7%	66,7%	80,0%	80,0%
Noord-Holland	73,7%	61,5%	33,3%	85,7%	61,5%	83,3%	82,4%	70,6%	84,2%	61,5%
Groningen	83,3%	75,0%	66,7%	33,3%	55,6%	100,0%	66,7%	50,0%	87,5%	55,6%
Zeeland	85,7%	80,0%	50,0%	60,0%	80,0%	50,0%	75,0%	77,8%	100,0%	50,0%
Limburg	66,7%	77,8%	63,6%	76,9%	100,0%	42,9%	100,0%	92,3%	69,2%	60,0%
Gemiddeld	73,3%	68,9%	52,7%	61,2%	69,4%	71,9%	82,0%	71,5%	84,2%	61,4%

TABEL 72 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van de gemiddelde temperatuur in de zomer⁴⁷

Odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,94	0,64	1,15	0,93	0,71	3,48	4,50	1,26	2,27	1,93
Noord-Holland	1,72	1,29	0,76	6,21	1,54	3,63	4,04	1,82	2,62	0,98
Groningen	4,87	2,68	3,30	0,66	1,31	n.v.t.	2,10	0,85	6,16	0,90
Zeeland	2,85	1,85	0,99	1,03	2,25	0,58	1,62	1,66	n.v.t.	0,34
Limburg	1,31	1,99	1,86	3,01	n.v.t.	0,59	n.v.t.	7,57	1,01	0,53
Gemiddeld	1,84	1,46	1,39	1,50	1,73	1,88	3,34	1,65	2,68	0,78

$$OR = \frac{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur } >16,3 / \text{Aantal uren met temperatuur } > 16,3}{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur } <16,3 / \text{Aantal uren met temperatuur } <16,3}$$

⁴⁶ Een relatief risico is de ratio van het risico op een bepaalde uitkomst (in deze masterproef: een verkeersongeval) onder bepaalde omstandigheden ten opzichte van dit risico in andere omstandigheden (Michiels, 2014). Indien de odds-ratio een waarde betreft groter dan 1, betekent dit dat het relatieve risico stijgt indien de temperatuur in de winter hoger is dan de gemiddelde temperatuur. Een odds-ratio lager dan 1 betekent een vermindering van het relatieve risico wanneer de temperatuur in de winter lager dan het gemiddelde (Black & Mote, 2015).

⁴⁷ De inhoud van de cellen met als waarde "n.v.t." hebben betrekking op het feit dat er niet gedeeld kan worden door 0 (door het feit dat er geen dodelijke verkeersongevallen bij temperatuur <16,3 plaatsvonden).

TABEL 73 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur <16,3°C in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	25,6%	26,0%	46,5%	36,4%	28,0%	26,6%	29,1%	17,9%	20,2%	19,0%
Noord-Holland	31,0%	33,6%	48,6%	37,7%	37,2%	36,3%	37,8%	33,2%	18,9%	25,8%
Groningen	25,9%	37,5%	52,9%	38,9%	27,1%	28,1%	30,5%	33,0%	25,3%	21,2%
Zeeland	23,3%	23,0%	14,3%	33,3%	23,4%	25,4%	20,8%	16,2%	6,5%	13,5%
Limburg	22,5%	17,8%	36,0%	31,2%	18,2%	27,9%	18,4%	19,9%	17,4%	11,3%
Gemiddeld	25,7%	27,6%	39,7%	35,5%	26,8%	28,9%	27,3%	24,0%	17,7%	18,2%

TABEL 74 Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur >16,3°C in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	74,4%	74,0%	53,5%	63,6%	72,0%	73,4%	70,9%	82,1%	79,8%	81,0%
Noord-Holland	69,0%	66,4%	51,4%	62,3%	62,8%	63,7%	62,2%	66,8%	81,1%	74,2%
Groningen	74,1%	62,5%	47,1%	61,1%	72,9%	71,9%	69,5%	67,0%	74,7%	78,8%
Zeeland	76,7%	77,0%	85,7%	66,7%	76,6%	74,6%	79,2%	83,8%	93,5%	86,5%
Limburg	77,5%	82,2%	64,0%	68,8%	81,8%	72,1%	81,6%	80,1%	82,6%	88,7%
Gemiddeld	74,3%	72,4%	60,3%	64,5%	73,2%	71,1%	72,7%	76,0%	82,3%	81,8%

TABEL 75 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van de gemiddelde temperatuur in de zomer

Odds-ratio van verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	2,05	1,83	1,32	1,63	1,82	1,93	1,83	2,90	2,24	2,06
Noord-Holland	1,36	1,60	1,62	1,71	1,63	1,28	1,42	1,52	2,11	1,77
Groningen	2,79	1,49	1,47	2,07	2,81	2,34	2,39	1,72	2,60	2,66
Zeeland	1,56	1,55	5,95	1,37	1,84	1,72	2,06	2,46	3,64	2,18
Limburg	2,25	2,62	1,89	2,00	2,86	2,03	2,49	2,54	2,14	2,76
Gemiddeld	1,94	1,73	1,89	1,73	2,09	1,81	1,95	2,08	2,34	2,19

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur } >16,3 / \text{aantal uren met temperatuur } >16,3}{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij temperatuur } <16,3 / \text{aantal uren met temperatuur } <16,3}$$

TABEL 76 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur <16,3°C in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	31,9%	23,6%	37,8%	36,7%	29,7%	25,7%	33,1%	26,1%	19,4%	19,5%
Noord-Holland	31,8%	36,0%	51,6%	43,2%	40,4%	35,4%	37,4%	35,0%	21,9%	28,8%
Groningen	35,5%	31,9%	47,6%	42,5%	32,5%	32,9%	36,1%	28,8%	26,2%	25,6%
Zeeland	21,8%	19,7%	35,5%	28,2%	23,8%	25,7%	25,5%	16,2%	10,3%	17,8%
Limburg	29,7%	21,4%	36,9%	32,6%	23,0%	30,5%	25,1%	23,9%	17,8%	12,9%
Gemiddeld	30,1%	26,5%	41,9%	36,6%	29,9%	30,0%	31,4%	26,0%	19,1%	20,9%

TABEL 77 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij temperatuur >16,3°C in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	68,1%	76,4%	62,2%	63,3%	70,3%	74,3%	66,9%	73,9%	80,6%	80,5%
Noord-Holland	68,2%	64,0%	48,4%	56,8%	59,6%	64,6%	62,6%	65,0%	78,1%	71,2%
Groningen	64,5%	68,1%	52,4%	57,5%	67,5%	67,1%	63,9%	71,2%	73,8%	74,4%
Zeeland	78,2%	80,3%	64,5%	71,8%	76,2%	74,3%	74,5%	83,8%	89,7%	82,2%
Limburg	70,3%	78,6%	63,1%	67,4%	77,0%	69,5%	74,9%	76,1%	82,2%	87,1%
Gemiddeld	69,9%	73,5%	58,1%	63,4%	70,1%	70,0%	68,6%	74,0%	80,9%	79,1%

TABEL 78 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van de gemiddelde temperatuur in de zomer

Odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1,51	2,08	1,89	1,61	1,68	2,02	1,52	1,79	2,36	2,00
Noord-Holland	1,31	1,44	1,44	1,36	1,42	1,33	1,44	1,41	1,76	1,52
Groningen	1,77	1,91	1,81	1,79	2,17	1,87	1,86	2,09	2,48	2,08
Zeeland	1,70	1,88	1,80	1,74	1,80	1,69	1,58	2,46	2,20	1,57
Limburg	1,55	2,08	1,82	1,87	2,13	1,79	1,68	2,01	2,08	2,37
Gemiddeld	1,55	1,83	1,73	1,65	1,79	1,72	1,60	1,87	2,13	1,85

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met mat.schade bij temperatuur } >16,3 / \text{Aantal uren met temperatuur } >16,3}{\text{Aantal verkeersongevallen met mat.schade bij temperatuur } <16,3 / \text{Aantal uren met temperatuur } <16,3}$$

Bijlage 11: Aantal uren mist in de winter tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen per provincie

TABEL 79 Aantal uren mist in de winter

Aantal uren mist in de winter	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	46	92	38	50	81	33	25	142	92	37
Noord-Holland	19	67	9	21	38	0	4	109	71	43
Groningen	63	148	53	54	89	53	33	143	89	45
Zeeland	43	65	7	10	18	1	2	131	57	9
Limburg	25	88	9	1	25	31	6	72	46	20
Gemiddeld	39,2	92	23,2	27,2	50,2	23,6	14	119,4	71	30,8

TABEL 80 Absoluut aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de winter

Aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de winter	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0
Noord-Holland	1	3	0	0	0	0	0	0	1	0
Groningen	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
Zeeland	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Limburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAAL	1	3	1	2	3	0	0	2	1	1
Gemiddeld	0,2	0,6	0,2	0,4	0,6	0	0	0,4	0,2	0,2

TABEL 81 Absoluut aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de winter

Aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de winter	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	3	5	2	2	3	1	3	17	20	3
Noord-Holland	26	22	15	2	1	0	24	60	35	12
Groningen	6	7	2	3	1	1	8	9	6	2
Zeeland	2	3	0	0	0	0	2	4	8	0
Limburg	4	1	1	0	0	1	0	2	7	2
TOTAAL	41	38	20	7	5	3	37	92	76	19
Gemiddeld	8,2	7,6	4	1,4	1	0,6	7,4	18,4	15,2	3,8

TABEL 82 Absoluut aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de winter

Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de winter	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	11	84	55	48	36	14	30	97	112	17
Noord-Holland	63	280	140	68	15	7	103	269	257	94
Groningen	40	91	44	35	33	25	37	52	37	19
Zeeland	10	42	13	18	26	2	5	24	55	6
Limburg	78	81	21	38	19	4	25	26	70	25
TOTAAL	202	578	273	207	129	52	200	468	531	161
Gemiddeld	40,4	115,6	54,6	41,4	25,8	10,4	40	93,6	106,2	32,2

Bijlage 12: Aantal uren mist in de zomer tussen 2009 en 2018 en aantal verkeersongevallen per provincie

TABEL 83 Aantal uren mist in de zomer

Aantal uren mist in de zomer	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	33	42	38	32	36	15	22	25	41	22
Noord-Holland	6	10	9	7	23	0	0	15	17	19
Groningen	13	57	52	22	45	18	19	48	20	18
Zeeland	17	0	1	1	2	0	1	21	0	2
Limburg	8	9	0	0	5	19	5	32	1	0
Gemiddeld	15,4	23,6	20	12,4	22,2	10,4	9,4	28,2	15,8	12,2

TABEL 84 Absoluut aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de zomer

Aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de zomer	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Noord-Holland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Groningen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zeeland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Limburg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAAL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gemiddeld	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0

TABEL 85 Absoluut aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de zomer

Aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de zomer	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1	3	1	1	0	0	0	2	2	1
Noord-Holland	0	0	0	1	1	0	0	4	1	4
Groningen	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Zeeland	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Limburg	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
TOTAAL	1	3	1	2	2	1	2	6	3	5
Gemiddeld	0,2	0,6	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	1,2	0,6	1

TABEL 86 Absoluut aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de zomer

Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de zomer	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	2	17	8	4	16	4	2	5	9	7
Noord-Holland	0	4	2	1	7	0	0	15	11	16
Groningen	1	7	6	1	6	2	2	7	4	3
Zeeland	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0
Limburg	2	3	0	0	3	6	0	23	0	0
TOTAAL	6	31	16	6	32	12	4	55	24	26
Gemiddeld	1,2	6,2	3,2	1,2	6,4	2,4	0,8	11	4,8	5,2

Bijlage 13: Odds-ratio (relatieve risico) bij mist in de winter

TABEL 87 Aantal uren met mist in de winter (in %)

Aantal uren mist in de winter	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	2,1%	4,3%	1,8%	2,3%	3,8%	1,5%	1,2%	6,6%	4,3%	1,7%
Noord-Holland	0,9%	3,1%	0,4%	1,0%	1,8%	0,0%	0,2%	5,0%	3,3%	2,0%
Groningen	2,9%	6,9%	2,5%	2,5%	4,1%	2,5%	1,5%	6,6%	4,1%	2,1%
Zeeland	2,0%	3,0%	0,3%	0,5%	0,8%	0,0%	0,1%	6,1%	2,6%	0,4%
Limburg	1,2%	4,1%	0,4%	0,0%	1,2%	1,4%	0,3%	3,3%	2,1%	0,9%
Gemiddeld	1,8%	4,3%	1,1%	1,3%	2,3%	1,1%	0,6%	5,5%	3,3%	1,4%

TABEL 88 Aantal uren zonder mist in de winter (in %)

Aantal uren zonder mist in de winter	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	97,9%	95,7%	98,2%	97,7%	96,3%	98,5%	98,8%	93,4%	95,7%	98,3%
Noord-Holland	99,1%	96,9%	99,6%	99,0%	98,2%	100,0%	99,8%	95,0%	96,7%	98,0%
Groningen	97,1%	93,1%	97,5%	97,5%	95,9%	97,5%	98,5%	93,4%	95,9%	97,9%
Zeeland	98,0%	97,0%	99,7%	99,5%	99,2%	100,0%	99,9%	93,9%	97,4%	99,6%
Limburg	98,8%	95,9%	99,6%	100,0%	98,8%	98,6%	99,7%	96,7%	97,9%	99,1%
Gemiddeld	98,2%	95,7%	98,9%	98,7%	97,7%	98,9%	99,4%	94,5%	96,7%	98,6%

TABEL 89 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de winter (in %)

Dodelijke verkeersongevallen bij mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	13,3%	0,0%	0,0%
Noord-Holland	6,7%	21,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,3%	0,0%
Groningen	0,0%	0,0%	0,0%	28,6%	25,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Zeeland	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Limburg	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	11,1%
Gemiddeld	1,3%	4,3%	2,9%	5,7%	25,0%	0,0%	0,0%	2,7%	1,3%	2,2%

TABEL 90 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij afwezigheid van mist in de winter (in %)

Dodelijke verkeersongevallen bij afwezigheid mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	100,0%	100,0%	85,7%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	86,7%	100,0%	100,0%
Noord-Holland	93,3%	78,6%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	93,8%	100,0%
Groningen	100,0%	100,0%	100,0%	71,4%	75,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Zeeland	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Limburg	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	88,9%
Gemiddeld	98,7%	95,7%	97,1%	94,3%	75,0%	100,0%	100,0%	97,3%	98,8%	97,8%

TABEL 91 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van mist in de winter⁴⁸

Odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,00	0,00	9,31	0,00	0,00	0,00	0,00	2,19	0,00	0,00
Noord-Holland	8,05	8,52	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	0,00	0,00	1,96	0,00
Groningen	0,00	0,00	0,00	15,60	7,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zeeland	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limburg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,38
Gemiddeld	1,61	1,70	1,86	3,12	1,55	0,00	0,00	0,44	0,39	2,68

$$OR = \frac{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen met mist} / \text{aantal uren mist}}{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen zonder mist} / \text{aantal uren zonder mist}}$$

TABEL 92 Aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de winter (in %)

Verkeersongevallen met letsels bij mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,9%	3,1%	3,8%	4,3%	1,7%	0,4%	0,9%	4,3%	5,9%	0,9%
Noord-Holland	3,7%	7,1%	6,7%	1,2%	0,3%	0,0%	3,0%	6,9%	5,2%	1,6%
Groningen	4,1%	8,0%	11,8%	16,7%	1,6%	0,8%	5,1%	5,6%	4,2%	1,8%
Zeeland	2,3%	5,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,8%	5,9%	11,0%	0,0%
Limburg	2,2%	1,0%	1,1%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	1,4%	5,3%	1,4%
Gemiddeld	2,6%	5,0%	4,7%	4,4%	0,7%	0,5%	2,6%	4,8%	6,3%	1,1%

⁴⁸ De inhoud van de cellen met als waarde "n.v.t." hebben betrekking op het feit dat er niet gedeeld kan worden door 0 (door het feit dat er geen dodelijke verkeersongevallen plaatsvonden bij afwezigheid van mist).

TABEL 93 Aantal verkeersongevallen met letsels bij afwezigheid van mist in de winter (in %)

Verkeersongevallen met letsels bij afwezigheid mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	99,1%	96,9%	96,2%	95,7%	98,3%	99,6%	99,1%	95,7%	94,1%	99,1%
Noord-Holland	96,3%	92,9%	93,3%	98,8%	99,7%	100,0%	97,0%	93,1%	94,8%	98,4%
Groningen	95,9%	92,0%	88,2%	83,3%	98,4%	99,2%	94,9%	94,4%	95,8%	98,2%
Zeeland	97,7%	94,2%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	96,2%	94,1%	89,0%	100,0%
Limburg	97,8%	99,0%	98,9%	100,0%	100,0%	98,9%	100,0%	98,6%	94,7%	98,6%
Gemiddeld	97,4%	95,0%	95,3%	95,6%	99,3%	99,5%	97,4%	95,2%	93,7%	98,9%

TABEL 94 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van mist in de winter

Odds-ratio van verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,42	0,71	2,23	1,88	0,43	0,23	0,75	0,64	1,42	0,53
Noord-Holland	4,30	2,39	17,24	1,22	0,18	n.v.t.	16,93	1,39	1,62	0,80
Groningen	1,43	1,19	5,30	7,80	0,39	0,33	3,48	0,84	1,03	0,84
Zeeland	1,16	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	42,31	0,97	4,54	0,00
Limburg	1,88	0,24	2,54	0,00	0,00	0,76	0,00	0,41	2,59	1,49
Gemiddeld	1,46	1,18	4,52	3,63	0,31	0,41	4,03	0,87	1,99	0,79

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels bij mist} / \text{aantal uren mist}}{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels zonder mist} / \text{aantal uren zonder mist}}$$

TABEL 95 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de winter (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade bij mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1,4%	3,2%	2,8%	2,2%	1,7%	0,8%	1,8%	5,2%	5,9%	0,8%
Noord-Holland	3,0%	6,8%	4,2%	1,8%	0,4%	0,2%	2,7%	6,2%	6,0%	2,1%
Groningen	4,7%	7,9%	4,6%	3,7%	4,0%	3,0%	4,8%	6,3%	4,6%	2,5%
Zeeland	3,9%	5,2%	2,1%	2,8%	4,5%	0,4%	1,0%	4,4%	10,4%	1,4%
Limburg	6,6%	4,5%	1,6%	3,1%	1,4%	0,2%	1,4%	1,3%	3,5%	1,5%
Gemiddeld	3,9%	5,5%	3,0%	2,7%	2,4%	1,0%	2,4%	4,7%	6,1%	1,7%

TABEL 96 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij afwezigheid van mist in de winter (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade bij afwezigheid mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	98,6%	96,8%	97,2%	97,8%	98,3%	99,2%	98,2%	94,8%	94,1%	99,2%
Noord-Holland	97,0%	93,2%	95,8%	98,2%	99,6%	99,8%	97,3%	93,8%	94,0%	97,9%
Groningen	95,3%	92,1%	95,4%	96,3%	96,0%	97,0%	95,2%	93,8%	95,4%	97,5%
Zeeland	96,1%	94,8%	97,9%	97,2%	95,5%	99,6%	99,0%	95,6%	89,6%	98,6%
Limburg	93,4%	95,5%	98,4%	96,9%	98,6%	99,8%	98,6%	98,7%	96,5%	98,5%
Gemiddeld	96,1%	94,5%	97,0%	97,3%	97,6%	99,0%	97,6%	95,3%	93,9%	98,3%

TABEL 97 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van mist in de winter

Odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,65	0,74	1,59	0,96	0,45	0,55	1,57	0,78	1,40	0,47
Noord-Holland	3,46	2,28	10,48	1,88	0,25	n.v.t.	15,21	1,25	1,88	1,08
Groningen	1,64	1,16	1,91	1,48	0,97	1,25	3,24	0,94	1,12	1,23
Zeeland	1,99	1,75	6,66	6,29	5,67	9,64	11,36	0,72	4,27	3,37
Limburg	6,05	1,11	3,83	68,77	1,18	0,16	5,20	0,39	1,69	1,60
Gemiddeld	2,75	1,41	4,89	15,88	1,70	2,32	7,32	0,82	2,07	1,55

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist} / \text{aantal uren mist}}{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade zonder mist} / \text{aantal uren zonder mist}}$$

Bijlage 14: Odds-ratio (relatieve risico) bij mist in de zomer

TABEL 98 Aantal uren met mist in de zomer (in %)

Aantal uren mist in de zomer	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	1,5%	1,9%	1,7%	1,4%	1,6%	0,7%	1,0%	1,1%	1,9%	1,0%
Noord-Holland	0,3%	0,5%	0,4%	0,3%	1,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,8%	0,9%
Groningen	0,6%	2,6%	2,4%	1,0%	2,0%	0,8%	0,9%	2,2%	0,9%	0,8%
Zeeland	0,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,1%
Limburg	0,4%	0,4%	0,0%	0,0%	0,2%	0,9%	0,2%	1,4%	0,0%	0,0%
Gemiddeld	0,7%	1,1%	0,9%	0,6%	1,0%	0,5%	0,4%	1,3%	0,7%	0,6%

TABEL 99 Aantal uren zonder mist in de zomer (in %)

Aantal uren zonder mist in de zomer	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	98,5%	98,1%	98,3%	98,6%	98,4%	99,3%	99,0%	98,9%	98,1%	99,0%
Noord-Holland	99,7%	99,5%	99,6%	99,7%	99,0%	100,0%	100,0%	99,3%	99,2%	99,1%
Groningen	99,4%	97,4%	97,6%	99,0%	98,0%	99,2%	99,1%	97,8%	99,1%	99,2%
Zeeland	99,2%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	100,0%	100,0%	99,0%	100,0%	99,9%
Limburg	99,6%	99,6%	100,0%	100,0%	99,8%	99,1%	99,8%	98,6%	100,0%	100,0%
Gemiddeld	99,3%	98,9%	99,1%	99,4%	99,0%	99,5%	99,6%	98,7%	99,3%	99,4%

TABEL 100 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij mist in de zomer (in %)

Dodelijke verkeersongevallen bij mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,0%	12,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Noord-Holland	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Groningen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Zeeland	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Limburg	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gemiddeld	0,0%	2,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

TABEL 101 Aantal dodelijke verkeersongevallen bij afwezigheid van mist in de zomer (in %)

Dodelijke verkeersongevallen bij afwezigheid mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	100,0%	87,5%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Noord-Holland	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Groningen	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Zeeland	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Limburg	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Gemiddeld	100,0%	97,5%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

TABEL 102 Berekening odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen op basis van mist in de zomer⁴⁹

Odds-ratio van dodelijke verkeersongevallen	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,00	7,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Noord-Holland	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	0,00	0,00	0,00
Groningen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zeeland	0,00	n.v.t.	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	0,00	0,00	n.v.t.	0,00
Limburg	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.
Gemiddeld	0,00	1,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

$$OR = \frac{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen met mist} / \text{aantal uren mist}}{\text{Aantal dodelijke verkeersongevallen zonder mist} / \text{aantal uren zonder mist}}$$

TABEL 103 Aantal verkeersongevallen met letsels bij mist in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met letsels bij mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,3%	1,4%	2,3%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,5%	0,3%
Noord-Holland	0,0%	0,0%	0,0%	0,5%	0,3%	0,0%	0,0%	0,4%	0,1%	0,4%
Groningen	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%
Zeeland	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	0,0%
Limburg	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,9%	0,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gemiddeld	0,1%	0,3%	0,5%	0,5%	0,2%	0,1%	0,4%	0,2%	0,1%	0,1%

⁴⁹ De inhoud van de cellen met als waarde "n.v.t." hebben betrekking op het feit dat er niet gedeeld kan worden door 0 (door het feit dat er geen dodelijke verkeersongevallen plaatsvonden bij afwezigheid van mist).

TABEL 104 Aantal verkeersongevallen met letsels bij afwezigheid van mist in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met letsels bij afwezigheid mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	99,7%	98,6%	97,7%	98,2%	100,0%	100,0%	100,0%	99,5%	99,5%	99,7%
Noord-Holland	100,0%	100,0%	100,0%	99,5%	99,7%	100,0%	100,0%	99,6%	99,9%	99,6%
Groningen	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,1%	100,0%	100,0%	100,0%
Zeeland	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	98,7%	100,0%	100,0%	100,0%
Limburg	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,1%	99,4%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Gemiddeld	99,9%	99,7%	99,5%	99,5%	99,8%	99,9%	99,6%	99,8%	99,9%	99,9%

TABEL 105 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met letsels op basis van mist in de zomer⁵⁰

Odds-ratio van verkeersongevallen met letsels	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,17	0,73	1,36	1,26	0,00	0,00	0,00	0,40	0,26	0,25
Noord-Holland	0,00	0,00	0,00	1,65	0,25	n.v.t.	n.v.t.	0,60	0,13	0,43
Groningen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	0,00	0,00	0,00
Zeeland	0,00	n.v.t.	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	30,03	0,00	n.v.t.	0,00
Limburg	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	4,04	0,70	0,00	0,00	0,00	n.v.t.
Gemiddeld	0,03	0,15	0,27	0,58	0,86	0,14	6,21	0,20	0,08	0,14

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels met mist} / \text{aantal uren mist}}{\text{Aantal verkeersongevallen met letsels zonder mist} / \text{aantal uren zonder mist}}$$

TABEL 106 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade bij mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,3%	0,8%	0,5%	0,2%	1,0%	0,3%	0,1%	0,3%	0,5%	0,4%
Noord-Holland	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%	0,2%	0,0%	0,0%	0,4%	0,3%	0,4%
Groningen	0,1%	0,9%	0,8%	0,1%	0,7%	0,4%	0,3%	1,1%	0,6%	0,5%
Zeeland	0,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,8%	0,0%	0,0%
Limburg	0,2%	0,2%	0,0%	0,0%	0,2%	0,4%	0,0%	1,2%	0,0%	0,0%
Gemiddeld	0,3%	0,8%	0,5%	0,2%	1,0%	0,3%	0,1%	0,3%	0,5%	0,4%

TABEL 107 Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij afwezigheid van mist in de zomer (in %)

Verkeersongevallen met materiële schade bij afwezigheid mist	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	98,6%	96,8%	97,2%	97,8%	98,3%	99,2%	98,2%	94,8%	94,1%	99,2%
Noord-Holland	97,0%	93,2%	95,8%	98,2%	99,6%	99,8%	97,3%	93,8%	94,0%	97,9%
Groningen	95,0%	96,5%	97,8%	98,4%	98,4%	98,5%	97,8%	97,2%	98,1%	99,1%
Zeeland	96,1%	94,8%	97,9%	97,2%	95,5%	99,6%	99,0%	95,6%	89,6%	98,6%
Limburg	93,4%	95,5%	98,4%	96,9%	98,6%	99,8%	98,6%	98,7%	96,5%	98,5%
Gemiddeld	96,0%	95,4%	97,4%	97,7%	98,1%	99,4%	98,2%	96,0%	94,5%	98,7%

TABEL 108 Berekening odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade op basis van mist in de zomer³⁷

Odds-ratio van verkeersongevallen met materiële schade	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Utrecht	0,20	0,41	0,26	0,14	0,59	0,47	0,14	0,27	0,28	0,38
Noord-Holland	0,00	0,25	0,14	0,09	0,19	n.v.t.	n.v.t.	0,55	0,35	0,44
Groningen	0,23	0,33	0,32	0,11	0,36	0,43	0,33	0,49	0,67	0,55
Zeeland	0,48	n.v.t.	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	0,00	0,82	n.v.t.	0,00
Limburg	0,55	0,55	n.v.t.	n.v.t.	0,99	0,49	0,00	0,80	0,00	n.v.t.
Gemiddeld	0,29	0,31	0,14	0,07	0,43	0,28	0,10	0,59	0,26	0,27

$$OR = \frac{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade bij mist} / \text{aantal uren mist}}{\text{Aantal verkeersongevallen met materiële schade zonder mist} / \text{aantal uren zonder mist}}$$

⁵⁰ De inhoud van de cellen met als waarde "n.v.t." hebben betrekking op het feit dat er niet gedeeld kan worden door 0 (door het feit dat er geen dodelijke verkeersongevallen plaatsvonden bij afwezigheid van mist).

Bijlage 15: Aantal kilometer weglengte per provincie (CBS, 2017)

Aantal kilometer weglengte	Gemeentelijke wegen	Provinciale wegen	Rijkswegen	Totaal aantal kilometer
Utrecht	6.158 km	388 km	403 km	6.949 km
Noord-Holland	10.829 km	648 km	652 km	12.129 km
Groningen	5.908 km	569 km	213 km	6.690 km
Zeeland	2.578 km	512 km	244 km	3.334 km
Limburg	10.614 km	476 km	361 km	11.451 km

Bijlage 16: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij neerslag in de winter

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,303 ^a	,092	,073	,000173993

a. Predictors: (Constant), Hoeveelheid neerslag (in mm)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	4,866	,032 ^b
	Residual	,000	48	,000		
	Total	,000	49			

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

b. Predictors: (Constant), Hoeveelheid neerslag (in mm)

Coefficients^a

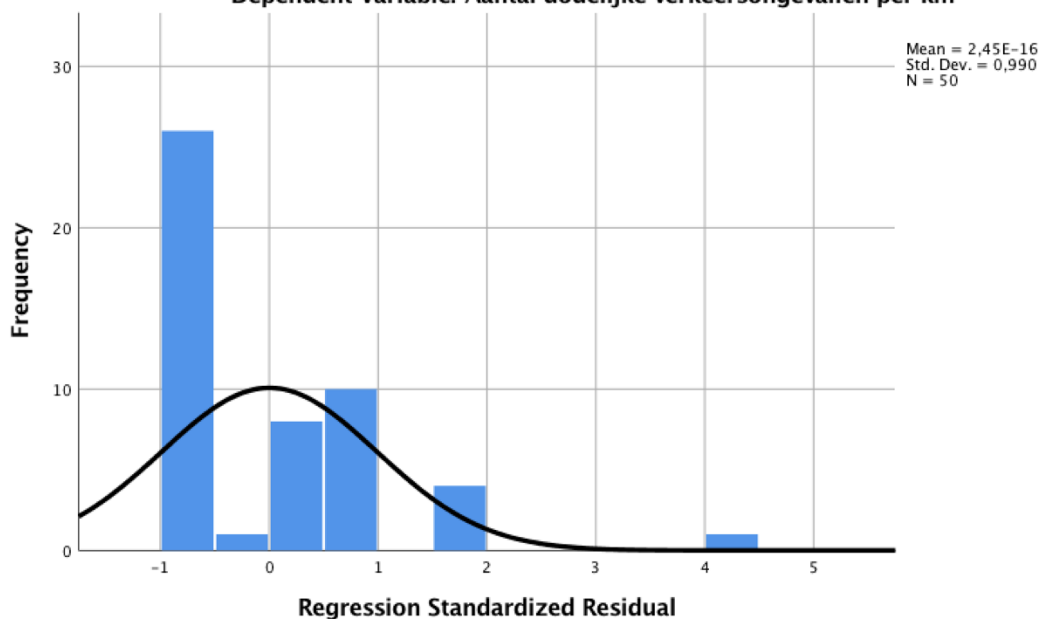
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-7,109E-5	,000		-,557	,580
	Hoeveelheid neerslag (in mm)	1,361E-6	,000	,303	2,206	,032

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

Charts

Histogram

Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km



Bijlage 17: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij neerslag in de winter

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,127 ^a	,016	-,004	,003427379

a. Predictors: (Constant), Hoeveelheid neerslag (in mm)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	,785	,380 ^b
	Residual	,001	48	,000		
	Total	,001	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

b. Predictors: (Constant), Hoeveelheid neerslag (in mm)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,002	,003		,888	,379
	Hoeveelheid neerslag (in mm)	1,077E-5	,000	,127	,886	,380

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

Bijlage 18: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij neerslag in de winter

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,064 ^a	,004	-,017	,086296670

a. Predictors: (Constant), Hoeveelheid neerslag (in mm)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,001	1	,001	,199	,657 ^b
	Residual	,357	48	,007		
	Total	,359	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

b. Predictors: (Constant), Hoeveelheid neerslag (in mm)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,174	,063		2,742	,009
	Hoeveelheid neerslag (in mm)	,000	,000	,064	,446	,657

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

Bijlage 19: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij neerslag in de zomer

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,053 ^a	,003	-,018	,000118990

a. Predictors: (Constant), neerslag

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	,133	,717 ^b
	Residual	,000	48	,000		
	Total	,000	49			

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

b. Predictors: (Constant), neerslag

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6,531E-5	,000		1,306	,198
	neerslag	7,598E-8	,000	,053	,365	,717

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

Bijlage 20: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij neerslag in de zomer

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,108 ^a	,012	-,009	,002397313

a. Predictors: (Constant), neerslag

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	,570	,454 ^b
	Residual	,000	48	,000		
	Total	,000	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

b. Predictors: (Constant), neerslag

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,002	,001		1,816	,076
	neerslag	3,170E-6	,000	,108	,755	,454

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

Bijlage 21: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij neerslag in de zomer

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,589 ^a	,347	,333	,008974014

a. Predictors: (Constant), neerslag

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,002	1	,002	25,462	,000 ^b
	Residual	,004	48	,000		
	Total	,006	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

b. Predictors: (Constant), neerslag

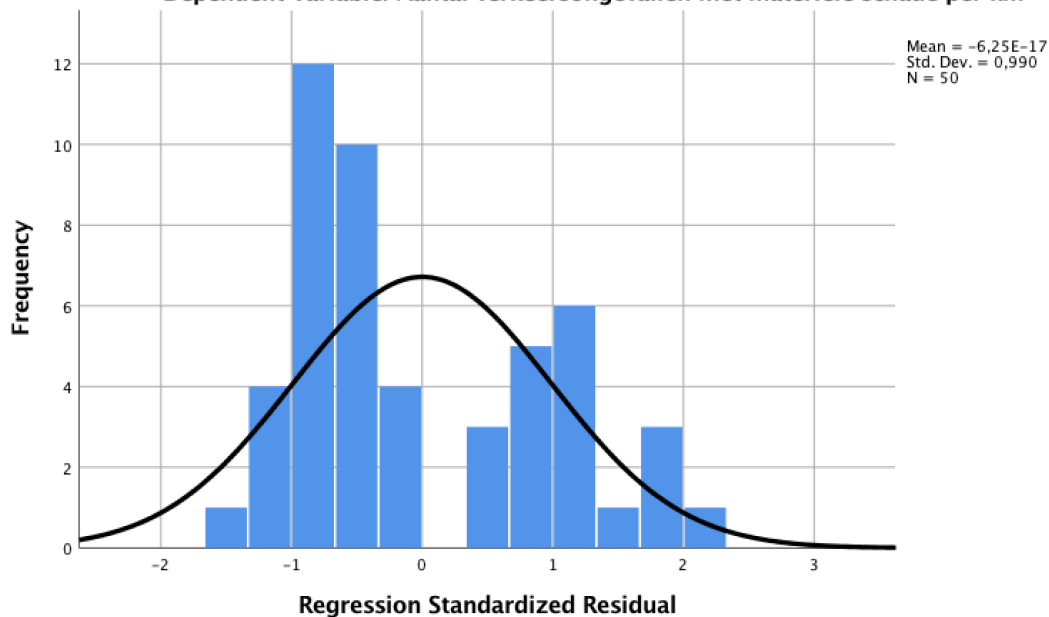
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,002	,004		,606	,547
	neerslag	7,928E-5	,000	,589	5,046	,000

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

Histogram

Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km



Bijlage 22: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij gemiddelde temperatuur in de winter

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,205 ^a	,042	,022	,000694441

a. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	2,104	,153 ^b
	Residual	,000	48	,000		
	Total	,000	49			

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

b. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,001	,000		3,548	,001
	Gemiddelde temperatuur (in °C)	8,057E-5	,000	,205	1,451	,153

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

Bijlage 23: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij gemiddelde temperatuur in de winter

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,226 ^a	,051	,032	,030231413

a. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,002	1	,002	2,595	,114 ^b
	Residual	,044	48	,001		
	Total	,046	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

b. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,016	,010		1,566	,124
	Gemiddelde temperatuur (in °C)	,004	,002	,226	1,611	,114

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

Bijlage 24: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij gemiddelde temperatuur in de winter

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,099 ^a	,010	-,011	,163647276

a. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,013	1	,013	,474	,495 ^b
	Residual	1,285	48	,027		
	Total	1,298	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

b. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,212	,055		3,850	,000
	Gemiddelde temperatuur (in °C)	,009	,013	,099	,688	,495

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

Bijlage 25: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij gemiddelde temperatuur in de zomer

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,070 ^a	,005	-,016	,000515023

a. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	,236	,629 ^b
	Residual	,000	48	,000		
	Total	,000	49			

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

b. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,000	,002		,290	,773
	Gemiddelde temperatuur (in °C)	4,229E-5	,000	,070	,486	,629

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

Bijlage 26: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij gemiddelde temperatuur in de zomer

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,159 ^a	,025	,005	,024393083

a. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,001	1	,001	1,250	,269 ^b
	Residual	,029	48	,001		
	Total	,029	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

b. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-,048	,072		-,673	,504
	Gemiddelde temperatuur (in °C)	,005	,004	,159	1,118	,269

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

Bijlage 27: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij gemiddelde temperatuur in de zomer

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,087 ^a	,008	-,013	,077125254

a. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,002	1	,002	,369	,546 ^b
	Residual	,286	48	,006		
	Total	,288	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade

b. Predictors: (Constant), Gemiddelde temperatuur (in °C)

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,323	,227		1,422	,162
	Gemiddelde temperatuur (in °C)	-,008	,013	-,087	-,607	,546

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade

Bijlage 28: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij mist in de winter

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,177 ^a	,031	,011	,000088461

a. Predictors: (Constant), Uren mist

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	1,549	,219 ^b
	Residual	,000	48	,000		
	Total	,000	49			

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

b. Predictors: (Constant), Uren mist

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,708E-5	,000		,852	,399
	Uren mist	3,976E-7	,000	,177	1,245	,219

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

Bijlage 29: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij mist in de winter

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,470 ^a	,220	,204	,000887812

a. Predictors: (Constant), Uren mist

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	13,574	,001 ^b
	Residual	,000	48	,000		
	Total	,000	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

b. Predictors: (Constant), Uren mist

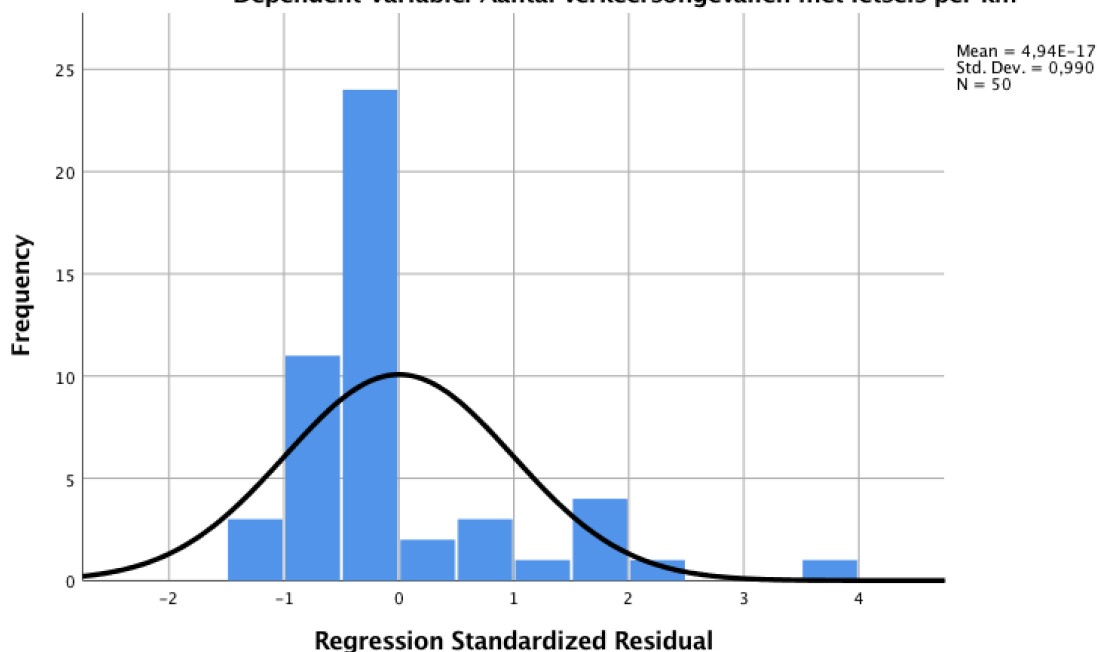
Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,000	,000		,969	,337
	Uren mist	1,181E-5	,000	,470	3,684	,001

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

Histogram

Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km



Bijlage 30: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de winter

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,528 ^a	,278	,263	,004826277

a. Predictors: (Constant), Uren mist

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	18,509	,000 ^b
	Residual	,001	48	,000		
	Total	,002	49			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

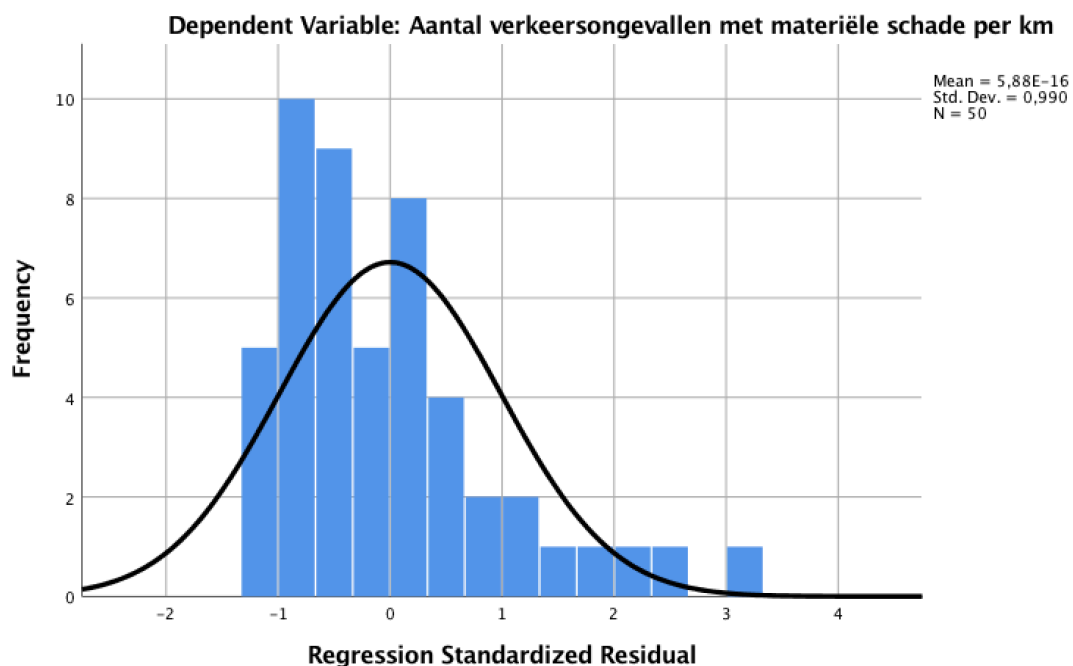
b. Predictors: (Constant), Uren mist

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	,003	,001		2,765	,008
	Uren mist	7,498E-5	,000	,528	4,302	,000

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

Histogram



Bijlage 31: Output IBM SPSS Statistics: dodelijke verkeersongevallen bij mist in de zomer

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,230 ^a	,053	,033	,000020219

a. Predictors: (Constant), Uren mist

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	2,623	,112 ^b
	Residual	,000	47	,000		
	Total	,000	48			

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

b. Predictors: (Constant), Uren mist

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-2,285E-6	,000		-,528	,600
	Uren mist	3,018E-7	,000	,230	1,620	,112

a. Dependent Variable: Aantal dodelijke verkeersongevallen per km

Bijlage 32: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met letsels bij mist in de zomer

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,318 ^a	,101	,082	,000106959

a. Predictors: (Constant), Uren mist

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	5,289	,026 ^b
	Residual	,000	47	,000		
	Total	,000	48			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

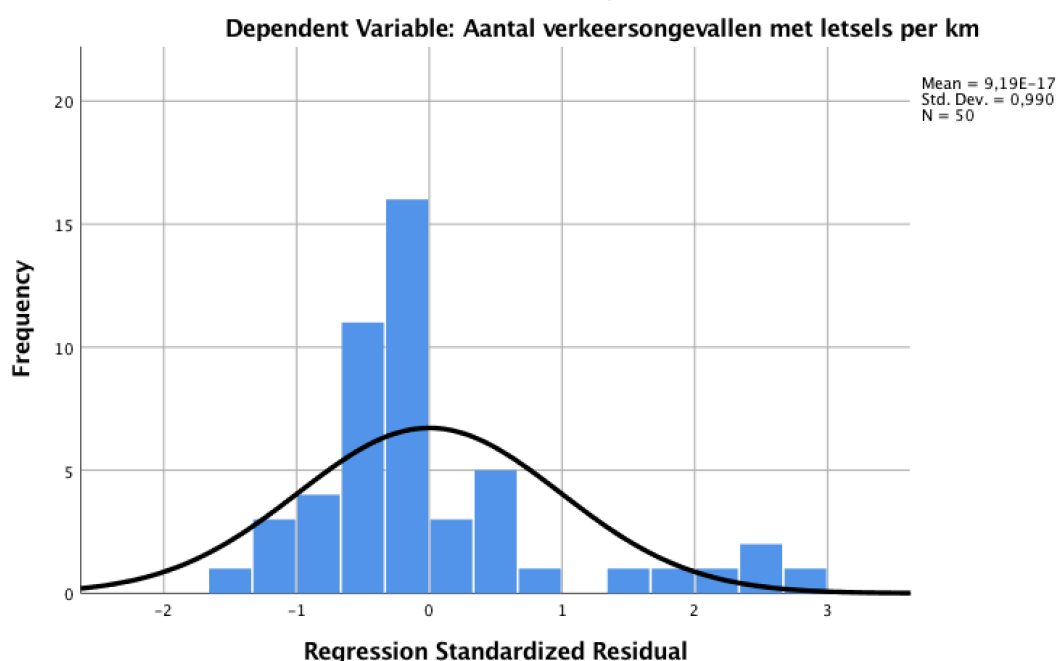
b. Predictors: (Constant), Uren mist

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2,125E-5	,000		,928	,358
	Uren mist	2,267E-6	,000	,318	2,300	,026

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met letsels per km

Histogram



Bijlage 33: Output IBM SPSS Statistics: verkeersongevallen met materiële schade bij mist in de zomer

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,725 ^a	,526	,516	,000434201

a. Predictors: (Constant), Uren mist

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,000	1	,000	52,100	,000 ^b
	Residual	,000	47	,000		
	Total	,000	48			

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

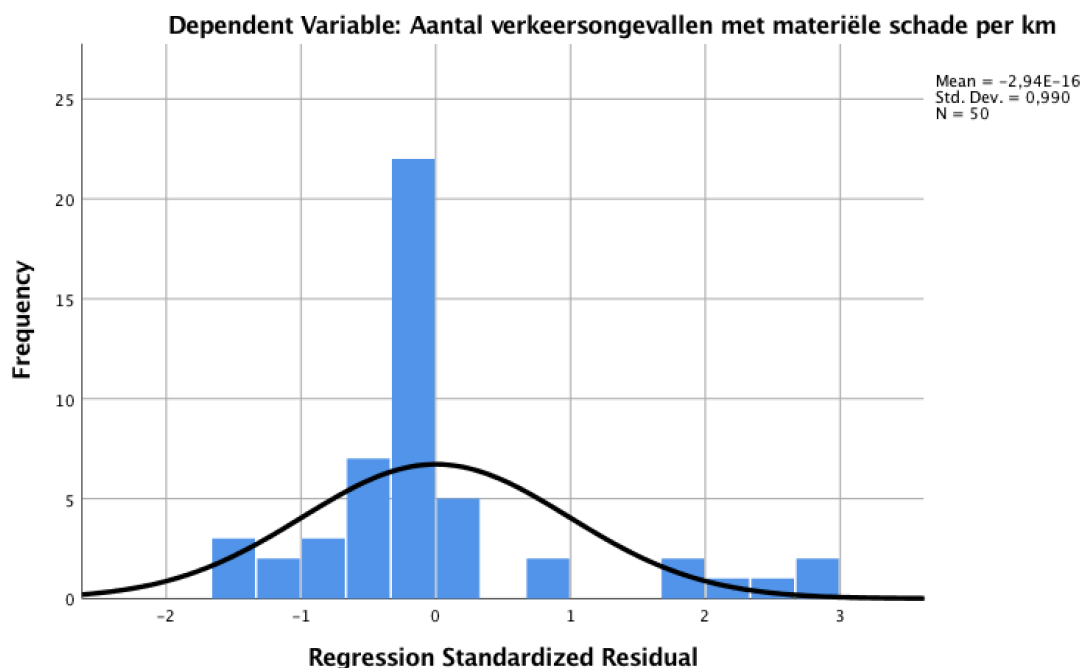
b. Predictors: (Constant), Uren mist

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3,338E-5	,000		,359	,721
	Uren mist	2,888E-5	,000	,725	7,218	,000

a. Dependent Variable: Aantal verkeersongevallen met materiële schade per km

Histogram



Bijlage 34: Ondertekend contract


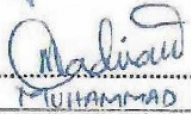
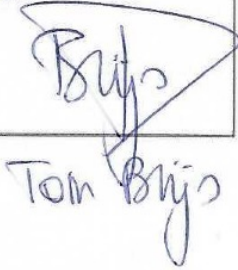
Op woensdag 30 oktober 2019 werd het masterproefcontract ondertekend door drie partijen; de student (Jochen Huygen), de promotor (Prof. dr. Tom Brijs) en de copromotor (dr. Muhammed Adnan).

Student: Jochen Huygen	Start MP1: sep 2019
Promotor: Prof. dr. Tom Brijs	Copromotor : Dr. Muhammed Adnan

Op dit formulier wordt door de promotor (en begeleider) aangeduid welke onderdelen van de masterproef in de context van het opleidingsonderdeel 3085 Masterproef deel 1 (12 studiepunten) dienen te worden afgewerkt voor de deadline. Op de volgende pagina vind je onderaan een overzicht van de belangrijke data wanneer het schriftelijke rapport ingediend moet worden voor de eerste en tweede zitting. Het schriftelijk rapport dient alle onderstaand aangeduide zaken te integreren.

Dit formulier vormt een leidraad om de afspraken omtrent de verwachtingen tussen de student en de begeleiders vast te leggen. Dit formulier is een overeenkomst tussen de student en het team van begeleiders (i.e., promotor, co-promotor en begeleider). Het contract moet uiterlijk 31 oktober 2019 (deel 1 in sem 1) of 27 maart 2020 (deel 1 in sem 2) worden ingevuld en ondertekend. Dit contract wordt in tweevoud opgemaakt (één exemplaar voor de student en één exemplaar voor de promotor).

Minimale basisvereisten vastgelegd binnen studiefiche 3085 Masterproef deel 1
CONTEXT & PROBLEEMSTELLING
Beschrijving van de context van het onderzoek (Aanleiding, situatie, theoretisch of praktijkprobleem, ...).
Beschrijving van een constructief opgebouwde doelstelling (Duidelijke afbakening van wat men wel en niet in de masterproef zal meenemen).
THEORETISCHE & CONCEPTUELE BASIS VAN DE STUDIE
Literatuuronderzoek dat de centrale begrippen en de te onderzoeken relaties behandelt vanuit een theoretische en empirische invalshoek.
ONDERZOEKSVRAGEN
Duidelijke formulering van onderzoeksvragen en/of hypothesen die (1) op een logische wijze zijn afgeleid uit theorieën of een probleemstelling en (2) in verband zijn gebracht met vroeger verricht onderzoek.
ONDERZOEKSDSIGN
Motivering voor de keuze (incl. veronderstellingen en beperkingen) van een bepaalde onderzoeksbenadering (bv. een (quasi-)experimenteel design, een ontwerponderzoek, een case study, een survey onderzoek, ontwikkelen van een methode, implementatie van een gespecificeerde methode, toepassen van een tool/methode op een specifieke case, sensitiviteits analyse, ...).
Algemene beschrijving van een eerste concept van het onderzoeksdesign (aard van het kwantitatieve en/of kwalitatieve onderzoek) en van het ontwikkelingsdesign.
Beschrijving van de mogelijke respondenten / onderzoekseenheden / sampling aanpak (wie, omvang, eventuele subgroepen, ...). de te gebruiken datasets en de tools (voor simulaties en predicties).
Beschrijving van de mogelijk te gebruiken onderzoeksinstrumenten (bv. vragenlijst, interviewleidraad, observatie instrument, ...). simulators en analyzers voor problemen in mobiliteit.
PLANNING
Tijdsplanning voor de uitvoering van Masterproef deel 1.
Tijdsplanning voor het verdere verloop van het onderzoek (vooruitblik op Masterproef deel 2)

Specifieke (bijkomende) verwachtingen te bespreken met promotor	x = af te werken in MP1
Ontwikkeling van de te gebruiken onderzoeks- en ontwikkelings instrumenten.	X
Voorstel hoe de data geanalyseerd zullen worden of gebruikt worden in validatie, simulatie en sensitiviteitsanalyses.	X
Schematisch overzicht van alle variabelen die centraal staan in de masterproef (onafhankelijke, afhankelijke, mediërende, covariabelen). Bij voorkeur in de vorm van een schematisch model.	X
Uitvoering van een pilot onderzoek (eveneens uittesten van de onderzoeksinstrumenten).	
Uitvoering van het hoofdonderzoek inclusief een gedetailleerde planning voor implementatie.	
Rapportage van de resultaten, geordend volgens de onderzoeksvragen/hypothesen.	
Beschrijving van de aanpak voor "informed consent"; eventueel brieven en formulieren voor betrokkenen; NDA voor gebruik van data;...	X
Ik verklaar hierbij dat ik in samenspraak met mijn promotor / begeleider de verwachtingen m.b.t. 3085 Masterproef deel 1 heb afgetoetst.	
Datum: 30 / 10 / 2019	
Handtekening student:  Jaakem Huygen	
Handtekening promotor / begeleider:  MUHAMMAD ADNAN	
 Tom Buijs	

FIGUUR 29 Ondertekend masterproefcontract

Bijlage 35: Vragenlijst Rijkswaterstaat

- **Waar gaat uw onderzoek over?**

Het onderzoek handelt over de invloed van de klimaatverandering op de verkeersveiligheid (het aantal verkeersongevallen). De student zal trachten voorspellingen te doen over welke invloed de klimaatverandering heeft op het aantal verkeersongevallen (en de ernst ervan) op basis van toekomstige weersmodellen die in de literatuur te vinden zijn. Daarvoor heeft de student de verkeersongevallendata nodig om dit te kunnen toetsen.

- **Heeft u het onderzoek laten toetsen door de ethische commissie van de universiteit en wilt u ons de goedkeuring van uw onderzoek toesturen? Mogelijk worden daarin al andere van onze vragen beantwoord.**

In bijlage is het ondertekend contract tussen de student, de promotor, en de copromotor, alsook de bevestigingsmail van de universiteit betreffende het onderwerp opgenomen.

Ook wordt er voor het onderzoek geen privacygevoelige persoonsgegevens gebruikt maar enkel secundaire data betreffende het weer, infrastructuur en geaggregeerde ongevallendata. Omwille hiervan is toestemming door de ethische commissie niet vereist.

- **Welke onderzoeksvragen wilt u met de gegevens beantwoorden en hoe u beoordeelt u in hoeverre de kwaliteit van de gegevens voldoet om valide conclusies te kunnen trekken?**

- Welke invloed hebben de huidige weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen?
 - o Hoeveel verkeersongevallen vinden er plaats op natte/droge/warme/... dagen? Welke vervoersmodi zijn hierbij betrokken?
- Welke invloed hebben de toekomstige weersomstandigheden op het aantal verkeersongevallen?
 - o Hoeveel verkeersongevallen vinden er plaats op natte/droge/warme/... dagen? Welke vervoersmodi zijn hierbij betrokken?

- **In hoeverre heeft u er rekening mee gehouden dat de belangrijkste bron van de gegevens in BRON de politie is en dat betrokkenheid van een buitenlands voertuig een rol kan spelen in het al dan niet registreren van een ongeval (de politie komt sneller ter plaatse als betrokken partijen er niet uitkomen, dat speelt sneller als een van de betrokken bestuurders geen Nederlands spreekt).**

Dit is uiteraard een factor dat bij alle verkeersongevallendata in rekening gebracht moet worden, dus ook in België en andere landen. Verder zijn het voornamelijk de ongevallen met licht-, en zwaargewonden alsook ongevallen

met dodelijke afloop diegene die het zwaartepunt vormen voor het onderzoek en deze zijn zo goed als allemaal geregistreerd door de politie aangezien er dan verzorgend personeel aan te pas komt en bepaalde dossiers ingevuld dienen te worden.

- **Heeft u er rekening mee gehouden dat er op het hoofdwegennet ook registraties van weginspecteurs worden toegevoegd aan BRON voor zover het om ongevallen met uitsluitend materiele schade gaat (de registratiekwaliteit verschilt tussen wegtypen)**

Aangezien het gaat over verschillen tussen wegtypen zal er gefocust worden per type verkeersongeval en vormt dit niet zozeer een probleem. Bovendien ligt de focus in het onderzoek op de zware verkeersongevallen en dus in mindere mate op ongevallen met uitsluitend materiële schade.

- **Tot slot, gegeven uw onderzoeksvragen, hoe kunnen de resultaten bijdragen aan verkeersveiligheidsbeleid of aan fundamentele kennis**

De resultaten kunnen een antwoord bieden op de vraag welke maatregelen er genomen kunnen worden om de verkeersveiligheid te verbeteren, uitgaande het feit dat het klimaat zal veranderen.

Bijlage 36: Ondertekende geheimhouding

Onderwerp: VERKLARING GEBRUIK EN Vernietiging DATA in het kader van de AVG

Datum : 11 november 2019

Hierbij ontvangt de Opdrachtnemer Jochen Huygen van de Universiteit Hasselt versies van **BRON 2009 - 2018**.

Deze data mag **uitsluitend** gebruikt worden voor de opdracht tot het gebruik van de data in het project **Invloed van de klimaatsverandering op de verkeersveiligheid**. De data mag **onder geen beding** voor andere doeleinden gebruikt worden.

Opdrachtnemer is gehouden tot geheimhouding van alle persoonsgegevens en informatie die zij in het kader van deze opdracht verwerkt, behoudens in zoverre die gegevens of informatie klaarblijkelijk geen geheim of vertrouwelijk karakter hebben, dan wel reeds algemeen bekend zijn.

Het is Opdrachtnemer niet toegestaan persoonsgegevens te verstrekken, tenzij dit op schriftelijk verzoek van Opdrachtgever wordt gedaan of Opdrachtgever schriftelijk toestemming tot de verstrekking door Opdrachtnemer aan anderen dan Opdrachtgever heeft gegeven. Opdrachtnemer gaat akkoord door de app alleen binnen RWS te gebruiken en een lijst beschikbaar stelt aan Opdrachtgever met gebruikers van de app.

Na beëindiging van de overeenkomst is opdrachtnemer gehouden aan onmiddellijk en onherroepelijke vernietiging van alle aan hem beschikbaar gestelde databestanden. Opdrachtnemer verstrekt direct aansluitend aan Opdrachtgever een Proces Verbaal van vernietiging.

Definities en Afspraken

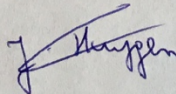
Onder verwerking van persoonsgegevens wordt verstaan elke handeling met betrekking tot persoonsgegevens, waaronder in ieder geval het verzamelen, vastleggen, ordenen, bewaren, bijwerken, wijzigen, opvragen, raadplegen, gebruiken, verstrekken door middel van doorzending, verspreiding of enige andere vorm van terbeschikkingstelling, samenbrengen, met elkaar in verband brengen, alsmede het afschermen, uitwissen of vernietigen van gegevens.

Opdrachtnemer zal de verwerking van persoonsgegevens beveiligen overeenkomstig de voorschriften van de Algemene Verordening Gegevensbescherming ten aanzien van het verwerken van persoonsgegevens.

Opdrachtnemer staat ervoor garant dat het Personeel van Opdrachtnemer en ieder ander die is ingeschakeld door Opdrachtnemer voor zover zij op enigerlei wijze betrokken zijn bij de verwerking van persoonsgegevens zich houdt aan deze voorschriften.

Akkoord opdrachtnemer

Jochen Huygen



Plaats Diepenbeek

Datum 11/11/2019

FIGUUR 30 Ondertekende geheimhouding