

Masterproef

*Profileren en clusteren van ongevallen op rotondes aan
de hand van manoeuverdiagrammen*

Promotor :
Prof. dr. Tom BRIJS

Supervisor :
dr. Stijn DANIELS

Winfried Casters

*Master Thesis nominated to obtain the degree of Master of Transportation Sciences ,
specialization Traffic Safety*

2 0 1 0
2 0 1 1

FACULTY OF BUSINESS ECONOMICS
Master of Transportation Sciences: Traffic Safety

Masterproef

*Profileren en clusteren van ongevallen op rotondes aan
de hand van manoeuverdiagrammen*

Promotor :
Prof. dr. Tom BRIJS

Supervisor :
dr. Stijn DANIELS

Winfried Casters

*Master Thesis nominated to obtain the degree of Master of Transportation Sciences,
specialization Traffic Safety*

UNIVERSITEIT HASSELT
MASTER VERKEERSKUNDE

Profileren en clusteren van ongevallen op rotondes met behulp van
manoeuvrediagrammen

Masterproef voorgedragen tot het behalen van de graad van Master in de Verkeerskunde,
afstudeerrichting verkeersveiligheid door: Winfried Casters

Promotor: Prof. Dr. Tom Brijs

Copromotor: Dr. Stijn Daniels

2011

WOORD VOORAF

Als laatste onderdeel van mijn studies Verkeerskunde, optie Verkeersveiligheid aan de Universiteit Hasselt schreef ik deze masterproef. Het onderwerp van deze masterproef sprak mij vanaf het begin aan en dit is zeker niet veranderd in het verdere verloop ervan. Ik hoop hoe dan ook dat mijn bijdrage waardevol kan zijn voor een verkeersveiligere toekomst.

Graag wil ik de mensen bedanken die mij rechtstreeks en tevens onrechtstreeks hebben geholpen hierbij. Mijn dank gaat hierbij in de eerste plaats uit naar promotor Prof. Dr. Tom Brijs en copromotor Dr. Stijn Daniels voor de zeer goede begeleiding, uitleg en advies. Verder wil ik al degenen bedanken die mij de gegevens hebben bezorgd voor de opbouw van de databank, nl. Eddy Put (Politiezone Heusden-Zolder), Lotte Domen (Politiezone Noordoost Limburg), Sabine Vuylsteke (Politiezone Zaventem), Ruth Vanhoof (Politiezone Balen-Dessel-Mol), Ludo Thoné (Politiezone Maasland) en de Politiezone Lommel. Tevens wil ik Gijs Dayers en Kristof Nowicki bedanken voor hun uitstekende databank die ik heb kunnen gebruiken.

Tot slot wil ik mijn vriendin, mijn familie, klasgenoten en iedereen die mij op een of andere manier geholpen heeft bedanken. Niet enkel voor hun steun en hulp tijdens deze masterproef maar doorheen de gehele opleiding. Zonder hen zou ik dit dankwoord hier niet hebben kunnen schrijven.

SAMENVATTING

Deze masterproef is een onderzoek naar de ongevallen die op rotondes gebeuren. Rotondes zijn een belangrijk element in het wegbeeld van vandaag en zijn al vaker het onderwerp geweest van wetenschappelijk onderzoek. Hieruit bleek dat rotondes vaak de verkeersveiligheid bevorderden op kruisingen, maar echter niet voor fietsers. Aan de hand van gedetailleerde ongevallenbeschrijvingen, namelijk ongevallengegevens en manoeuvrediagrammen, wordt er in deze masterproef getracht een vernieuwd inzicht te krijgen in de ongevallen die op verschillende locaties op een rotonde gebeuren. Hierdoor zou het mogelijk moeten zijn om locaties of factoren te ontdekken die cruciaal zijn bij ongevallen op rotondes.

Uit de literatuur bleek dat er enkele factoren belangrijk zijn bij ongevallen op rotondes en deze hebben geleid tot de uiteindelijke onderzoeksvragen. Deze factoren waren het type ongeval, de inrichting van de rotonde, de betrokken weggebruikers, de lichtgesteldheid en de weersomstandigheden. Bij al deze factoren werd er onderzocht of er een verband bestond met de locatie, ernst en/of type van de ongevallen.

Een reeds bestaande databank werd voor deze masterproef aangevuld met recentere ongevallengegevens die verkregen werden bij enkele politiezones in Vlaanderen. Alle analyses in dit onderzoek gebeurden met behulp van de data van 399 ongevallen in deze databank.

Deze ongevallen werden geanalyseerd door middel van grafische weergaves, waarbij de ongevallen werden weergegeven op een visuele voorstelling van een rotonde. Op deze manier kon men detecteren op welke locaties van de rotonde bepaalde ongevallen gebeurden. Naast deze analyse werden er ook rekenkundige analyses gemaakt met behulp van grafieken, tabellen en statistische testen. Deze analyses werden gehanteerd als ondersteuning van de visuele voorstellingen maar ook om bepaalde factoren te ontdekken die bepalend waren bij ongevallen op rotondes.

De resultaten uit deze analyses brachten enkele duidelijke verbanden en vaststellingen naar voor die vervolgens ieder kort zullen worden vermeld. Het grootste aantal ongevallen op een rotonde gebeurde in aanloop naar de rotonde en bij het oprijden van de rotonde, meer bepaald vanaf het begin van de toerit tot tegen het middeneiland op de rotonde zelf. Daarnaast gebeurden er bij het verlaten van de rotonde eveneens een niet verwaarloosbaar aantal ongevallen.

Er was een concentratie van letselongevallen op te merken in aanloop naar de rotonde, maar het grootste aandeel letselongevallen gebeurde bij ongevallen waarbij tegen de rotonde werd aangereden. Dit type ongeval was eveneens één van de drie ongevallentypes die het meest voorkwamen, naast kop-staartbotsingen en (in mindere mate) voorrangsongevallen.

Kop-staartbotsingen waren dan wel één van de meest voorkomende ongevallentypes, maar de gevolgen van deze ongevallen waren vaak minder zwaar, aangezien dit type bij de letselongevallen minder vertegenwoordigd was. Naast aanrijdingen met de rotonde waren aanrijdingen met zwakke weggebruikers (overwegend fietsers) het ongevallentype met de meeste letselongevallen, nl. 77%.

Wanneer er gekeken werd naar de locatie waar deze ongevallen voorkwamen, werd er vastgesteld dat de locaties waar men de rotonde op- en afrijdt degenen zijn waarbij de zwakke weggebruikers de meeste letsels opliepen. Op de fietsoversteekvoorzieningen gebeurden eveneens letselongevallen, maar relatief gezien minder dan op de rotonde zelf. Voor de andere ongevallentypes werden er geen onverwachte trends opgemerkt wat betreft de locatie van de ongevallen.

Een belangrijke factor bij de ongevallen bleek de inrichting van de rotonde. Rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang bleken significant minder letselongevallen te kennen dan de andere vormen, zoals rotondes met aanliggende fietspaden. Rotondes met aanliggende fietspaden bleken zeer gevoelig voor ongevallen met zwakke weggebruikers, dit bevestigt wat er in de literatuur reeds werd geconcludeerd. Een andere belangrijke vaststelling was dat er significant meer kop-staartbotsingen gebeurden bij rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang.

Ook bij de locaties van ongevallen speelde de inrichting een belangrijke rol. Allereerst was een verschil op te merken tussen enkelstrooks- en dubbelstrooksrotondes, bij de enkelstrooksrotondes gebeurden er meer ongevallen buiten de rotonde, bij dubbelstrooksrotondes gebeurden meer ongevallen op de rotonde zelf.

Ten tweede waren er bij de vorm van de fietsvoorzieningen eveneens belangrijke verschillen: bij rotondes met aanliggende fietspaden lag het zwaartepunt van de ongevallen bij het op- en afrijden van de rotonde, terwijl bij de rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang er veel ongevallen gebeurden op de toerit (dit zijn overwegend de kop-staartbotsingen zoals eerder aangegeven). Rotondes met

vrijliggende fietspaden ver van de rotonde kenden veel ongevallen op de rotonde, meer bepaald aanrijdingen tegen het middeneiland. Over het algemeen was het duidelijk dat de grotere rotondes meer aanrijdingen tegen het middeneiland kenden dan de anderen.

Bij de analyse van de betrokken weggebruikers was de belangrijkste conclusie dat er drie belangrijke groepen weggebruikers gevaar liepen op zware letselongevallen op rotondes, nl. de fietsers (vooral op rotondes met aanliggende fietspaden), de autobestuurders die betrokken zijn bij eenzijdige ongevallen (meestal bij een aanrijding met het middeneiland) en de motorrijders (eveneens vaak eenzijdige ongevallen).

Als laatste in het onderzoek werden twee omgevingsfactoren en hun effect op de ongevallen onderzocht: de lichtgesteldheid en de weersomstandigheden. Voor de lichtgesteldheid waren er weinig significante verschillen op te merken behalve voor ongevallen op één locatie, nl. het middeneiland. Op deze locatie gebeurden 80% van de ongevallen 's nachts, deze ongevallen waren bijna allemaal autobestuurders die een aanrijding hadden met de rotonde.

De weersomstandigheden hadden invloed op twee ongevallentypes: als eerste de kop-staartbotsingen in aanloop naar de rotonde waarbij er meer ongevallen gebeurden bij natte weersomstandigheden en als tweede de ongevallen op de rotonde zelf gebeurden vooral bij droge weersomstandigheden (al dan niet het gevolg van weefbewegingen).

Er kan uiteindelijk geconcludeerd worden dat er drie belangrijke problemen bestaan wat betreft ongevallen op bepaalde locaties op een rotonde, nl. kop-staartbotsingen in aanloop naar de rotonde, aanrijdingen tussen auto en fietser op de rotonde en aanrijdingen met de rotonde. Het eerste probleem zorgde vooral voor veel aanrijdingen maar minder letselongevallen, terwijl de laatste twee problemen voor zeer veel letselongevallen zorgden waaronder heel wat met zwaargewonden en soms zelfs dodelijke slachtoffers.

INHOUDSOPGAVE

SAMENVATTING	5
HOOFDSTUK I: PROBLEEMSTELLING	11
I.1. Inleiding	11
I.2. Kernvraag van het onderzoek	13
I.2.1. Deelvragen	13
HOOFDSTUK II: ONDERZOEK	15
II.1. Literatuurstudie: Ongevallen op rotondes	15
II.1.1. Algemeen	15
II.1.2. Ongevallen met zwakke weggebruikers	18
II.1.3. Ongevallentypes	20
II.1.4. Verdeling rotonde in segmenten	26
II.1.5. Conclusies	31
II.2. Databank ongevallen op rotondes	33
II.2.1. Beschikbare data	33
II.2.2. Opbouw van de databank	35
HOOFDSTUK III: ONDERZOEKSRESULTATEN	37
III.1. Inleiding	37
III.2. Statistische onderbouwing	39
III.3. Analyse van de data	43
III.3.1. Algemeen	43
III.3.2. Type ongeval	49
III.3.3. Inrichting van de rotonde	53
III.3.4. Betrokken weggebruikers	65
III.3.5. Lichtgesteldheid	73
III.3.6. Weersomstandigheden	77
III.4. Overeenstemming van de resultaten uit de analyse met de literatuur	81
III.4.1. Algemeen	81
III.4.2. Type ongeval	82
III.4.3. Inrichting van de rotonde	82
III.4.4. Betrokken weggebruikers	83
III.4.5. Lichtgesteldheid	84
III.4.6. Weersomstandigheden	85

III.4.7. Conclusie	85
HOOFDSTUK IV: CONCLUSIES	87
IV.1. Antwoorden op de deelvragen	87
IV.1.1. Algemeen	87
IV.1.2. Type ongeval	88
IV.1.3. Inrichting van de rotonde	89
IV.1.4. Betrokken weggebruikers	90
IV.1.4. Lichtgesteldheid	91
IV.1.5. Weersomstandigheden	92
IV.1.6. Synthese	93
IV.2. Eindconclusie	95
LIJST VAN GERAADPLEEGDE WERKEN	97
BIJLAGEN	99
Figurenlijst	99
Tabellenlijst	100
Onderzoeksplan	101
Inleiding	101
Kernvraag van het onderzoek	101
Kadering van het onderzoek	103
Bepaling en verantwoording van de onderzoeksmethode	103

HOOFDSTUK I: PROBLEEMSTELLING

I.1. INLEIDING

Rotondes zijn een belangrijk element in het wegbeeld van vandaag, het wordt dan ook vaak als een beter en veiliger alternatief beschouwd voor andere vormen kruisingen. Er is in het verleden al heel wat onderzoek gebeurd omtrent de veiligheid van rotondes. Hieruit bleek dat rotondes vaak de verkeersveiligheid bevorderden voor het gemotoriseerde verkeer, maar niet voor fietsverkeer. Een beknopte literatuurstudie omtrent zal deze onderzoeksresultaten verder bespreken.

Er is dus zeker heel wat kennis over de verkeersveiligheid op rotondes, maar zelden wordt er in detail gesproken over de ongevallen die zich voordoen op de rotondes. Eén specifiek aspect wat daarbij ter sprake komt is de locatie van het ongeval. Dit onderzoek tracht verbanden te vinden in de vele ongevallen die op verschillende locaties op een rotonde gebeuren. Daarvoor wordt er verder gegaan op een databank met ongevallen die door twee case-studies werd opgebouwd, nl. Vincent (2008) en Dayers & Nowicki (2009). Door deze databank aan te vullen en analyses uitvoeren met deze gegevens, zullen de onderzoeksvragen in het volgende hoofdstuk beantwoord worden.

I.2. KERNVRAAG VAN HET ONDERZOEK

Welke ongevallen gebeuren op welke locaties op rotondes en wat zijn hier de bepalende factoren voor?

I.2.1. DEELVRAGEN

- Algemeen
 - a) Op welke locaties op de rotonde komen de meeste ongevallen voor?
 - b) Is er een verband tussen de locatie en de ernst van een ongeval?
- Type ongeval
 - a) Welke types ongevallen komen het meest voor op rotondes?
 - b) Is er een verband tussen het type en de ernst van een ongeval?
 - c) Is er een verband tussen het type en de locatie van een ongeval?
- Inrichting van de rotonde
 - a) Is er een verband tussen de ernst van een ongeval en de inrichting van de rotonde?
 - b) Is er een verband tussen het type ongeval en de inrichting van de rotonde?
 - c) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de inrichting van de rotonde?
- Betrokken weggebruikers
 - a) Bij welke weggebruikers is de ernst van de ongevallen het hoogst?
 - b) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de betrokken weggebruikers?
 - c) Is er een verband tussen het type ongeval en de betrokken weggebruikers?
 - d) Is er een verband tussen de inrichting van de rotonde en de betrokken weggebruikers?
- Lichtgesteldheid
 - a) Is er een verband tussen het aantal ongevallen en de lichtgesteldheid?
 - b) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de lichtgesteldheid?
 - c) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de lichtgesteldheid?

- Weersomstandigheden
 - a) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de weersomstandigheden?
 - b) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de weersomstandigheden?
 - c) Is er een verband tussen het type ongeval en de weersomstandigheden?

- Synthese
 - a) Is er overeenstemming tussen de literatuur en de resultaten uit de data?

HOOFDSTUK II: ONDERZOEK

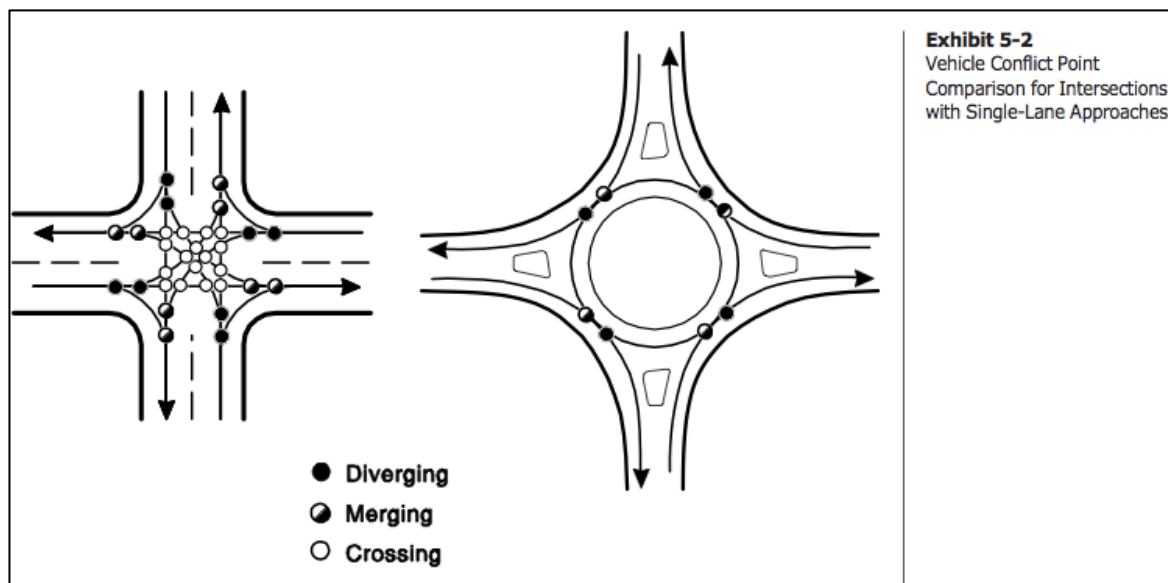
II.1. LITERATUURSTUDIE: ONGEVALLen OP ROTONDES

II.1.1. ALGEMEEN

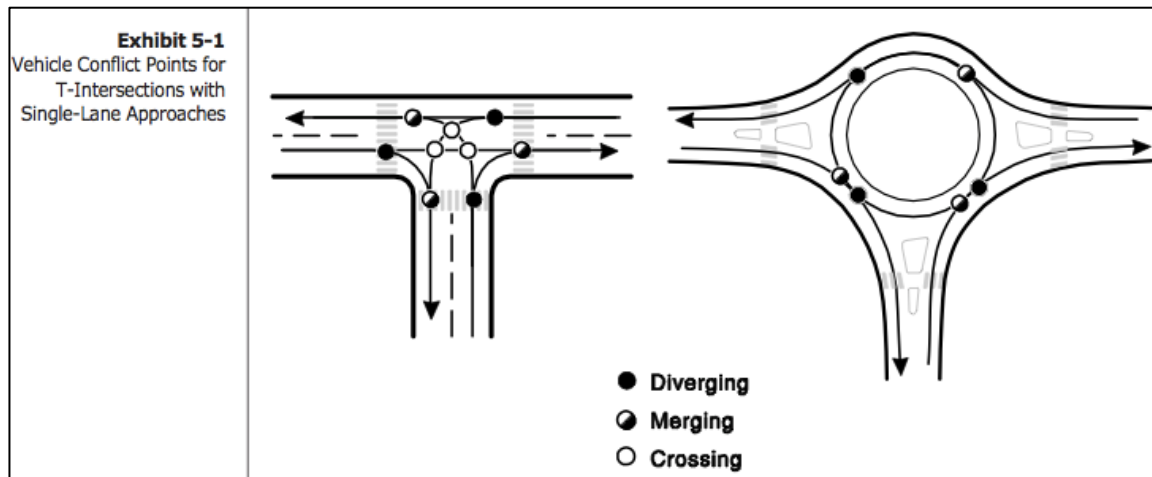
In het algemeen wordt aangenomen dat een rotonde bij een kruising van wegen veiliger is voor de weggebruikers dan voorrangskruispunt of een verkeerslichtengeregeld kruispunt. Ze verminderen het aantal letselongevallen en de ernst van de ongevallen neemt eveneens af (Daniels & Wets, 2006). Enkel voor fietsers blijkt een rotonde niet altijd een positieve impact te hebben (Daniels et al., 2009).

De reden van de vermindering in aantal en in ernst bij rotondes is de sterke vermindering in conflictpunten, zie Figuur 1 en Figuur 2. Er zijn enkel conflictpunten bij het invoegen, niet bij het kruisen. Als er een ongeval gebeurt is dat meestal een zijdelingse botsing en geen kruisende of frontale botsing.

FIGUUR 1 CONFLICTPUNTEN VAN EEN ROTONDE MET VIER TAKKEN (NCHRP, 2003)



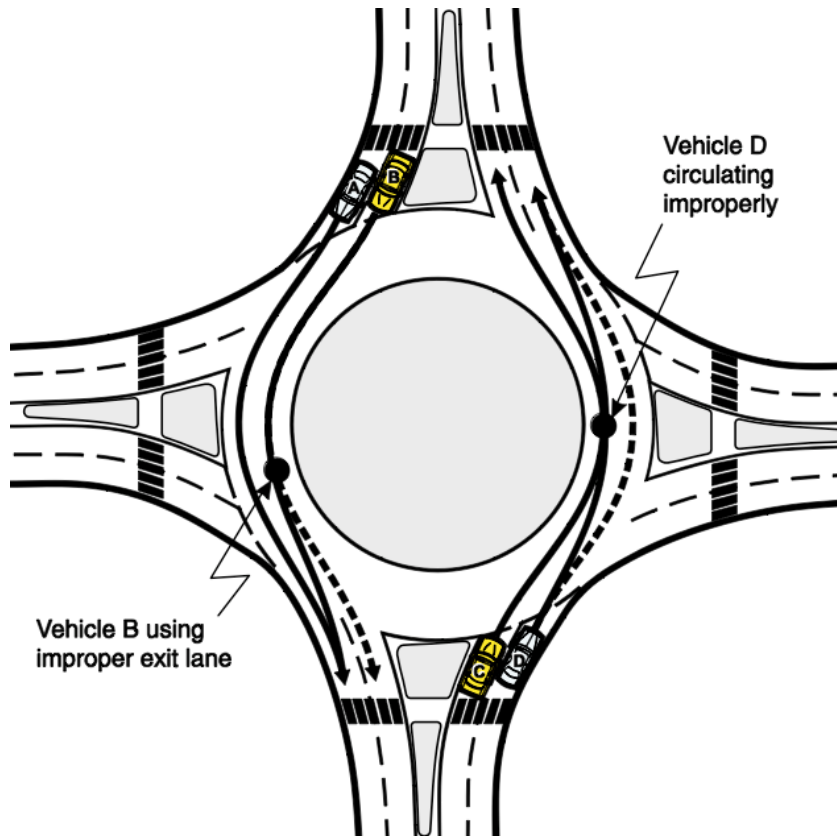
FIGUUR 2 CONFLICTPUNTEN VAN EEN ROTONDE MET DRIE TAKKEN (NCHRP, 2003)



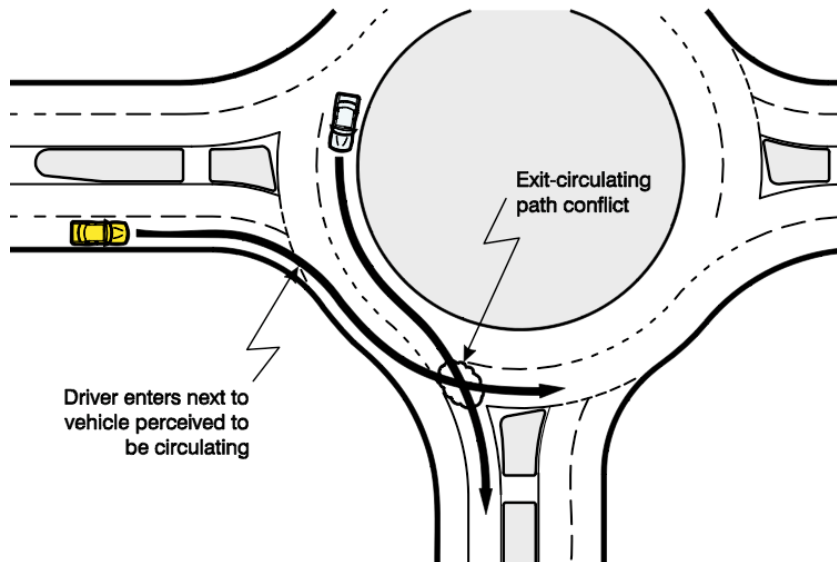
Rotondes met meerdere rijstroken hebben meer conflictpunten, daardoor kunnen de drie types ongevallen op Figuur 3, Figuur 4 en Figuur 5 bijvoorbeeld wel op dubbelstrooksrotondes gebeuren, maar niet op enkelstrooksrotondes.

Omwille van deze extra conflictpunten, verwacht deze studie dat er meer ongevallen gebeuren op dubbelstrooksrotondes. De ernst van deze ongevallen is echter nog altijd een stuk lager dan andere alternatieven doordat het hier vaak om zijdelingse conflicten (invoegeen/uitvoegen) gaat. Daniels et al. (2010) geeft echter aan dat men geen bevestiging kon vinden dat dubbelstrooksrotondes een hoger aantal ongevallen kent.

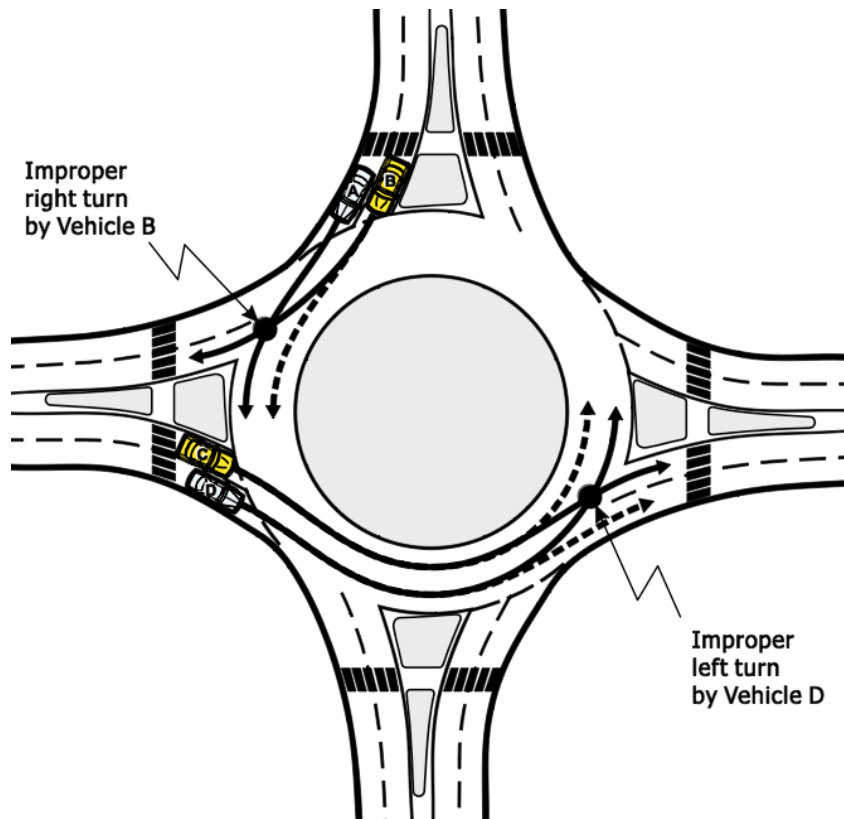
FIGUUR 3 BESTUURDERS DIE NIET OP HUN RIJSTROOK BLIJVEN (NCHRP, 2003)



FIGUUR 4 BESTUURDERS DIE DE ROTONDE OPRIJDEN NAAST EEN VOERTUIG DAT DE ROTONDE ZAL VERLATEN, WAARDOOR EEN CONFLICT ONSTAAT BIJ HET VERLATEN VAN DE ROTONDE (NCHRP, 2003)



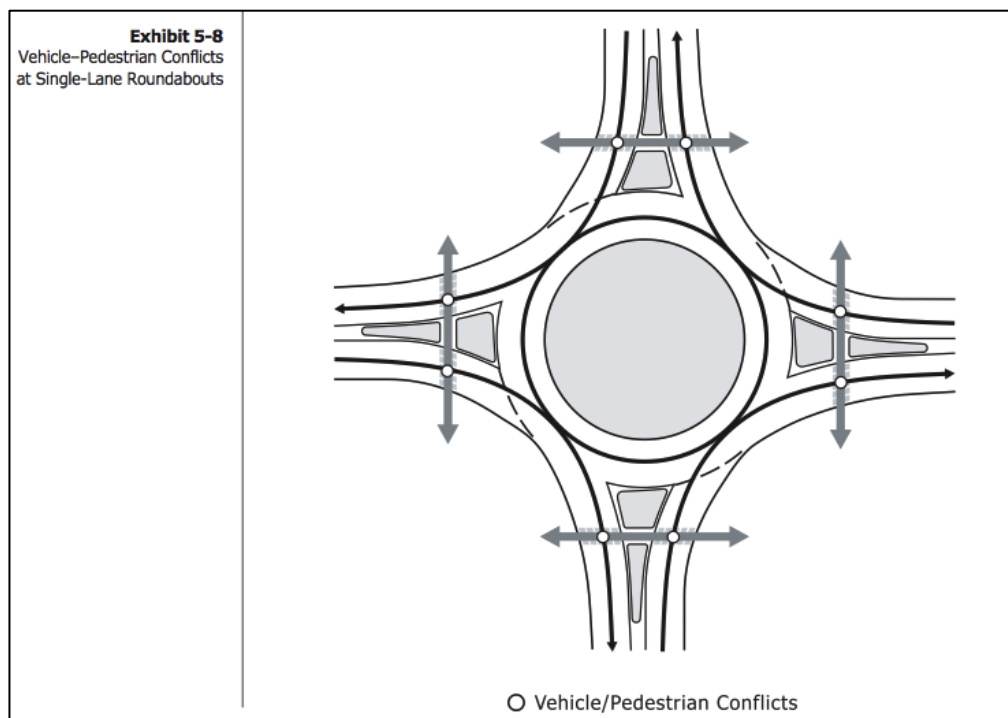
FIGUUR 5 BESTUURDERS DIE DE VERKEERDE RIJSTROOK GEBRUIKEN OM DE ROTONDE TE VERLATEN (NCHRP, 2003)



II.1.2. ONGEVALLEN MET ZWAKKE WEGGEBRUIKERS

Voor voetgangers zijn er op rotondes per tak twee conflictpunten: één met de oprijdende voertuigen en één met de afrijdende voertuigen. Voetgangers bewegen zich weinig of niet op de rotonde zelf. De conflictpunten zijn echter niet met verkeerslichten geregeld, zoals op VRI's. Op VRI's hebben voetgangers echter nog steeds belangrijke conflictpunten, bijvoorbeeld met links- of rechtsafslaande voertuigen. Het is vanzelfsprekend dat verwacht wordt dat alle ongevallen met voetgangers op deze conflictpunten gebeuren.

FIGUUR 6 CONFLICTPUNTEN TUSSEN VOETGANGERS EN VOERTUIGEN (NCHRP, 2003)



Voor fietsers zijn er enkele verschillen met voetgangers wat betreft conflictpunten. Vrijliggende fietspaden kennen min of meer dezelfde conflictpunten voor fietsers als voor voetgangers. Er zijn echter ook heel wat rotondes met aanliggende fietspaden, waarbij de fietser zich op de rotonde zelf moet begeven tussen het gemotoriseerd verkeer. De fietser positioneert zich dan aan de rechterkant van de rotonde, waar ze uit het zicht kunnen vallen van de gemotoriseerde gebruikers. Hierdoor en door de hogere snelheid van het gemotoriseerde verkeer, zijn zij veel kwetsbaarder voor conflicten bij het verlaten van de rotonde. Het is dus te verwachten dat de meeste ongevallen met fietsers bij het verlaten van de rotonde gebeuren.

Een studie van Daniels et al. (2009) geeft aan dat het aantal ongevallen stijgt bij het aanleggen van een rotonde, ongeacht de inrichting van de fietsvoorzieningen. Rotondes met aanliggende fietspaden presteerden over het algemeen slechter dan de andere types (gemengd verkeer, vrijliggende fietspaden (dichtbij/ver van de rotonde)). Een andere studie van Daniels et al. (2010) geeft eveneens aan de zwakke weggebruikers meer betrokken zijn bij letselongevallen op rotondes.

II.1.3. ONGEVALLENTYPES

In de casestudie van Dayers & Nowicki worden 8 types ongevallen onderscheiden, die afgeleid zijn uit de gegevens die zij gebruikten:

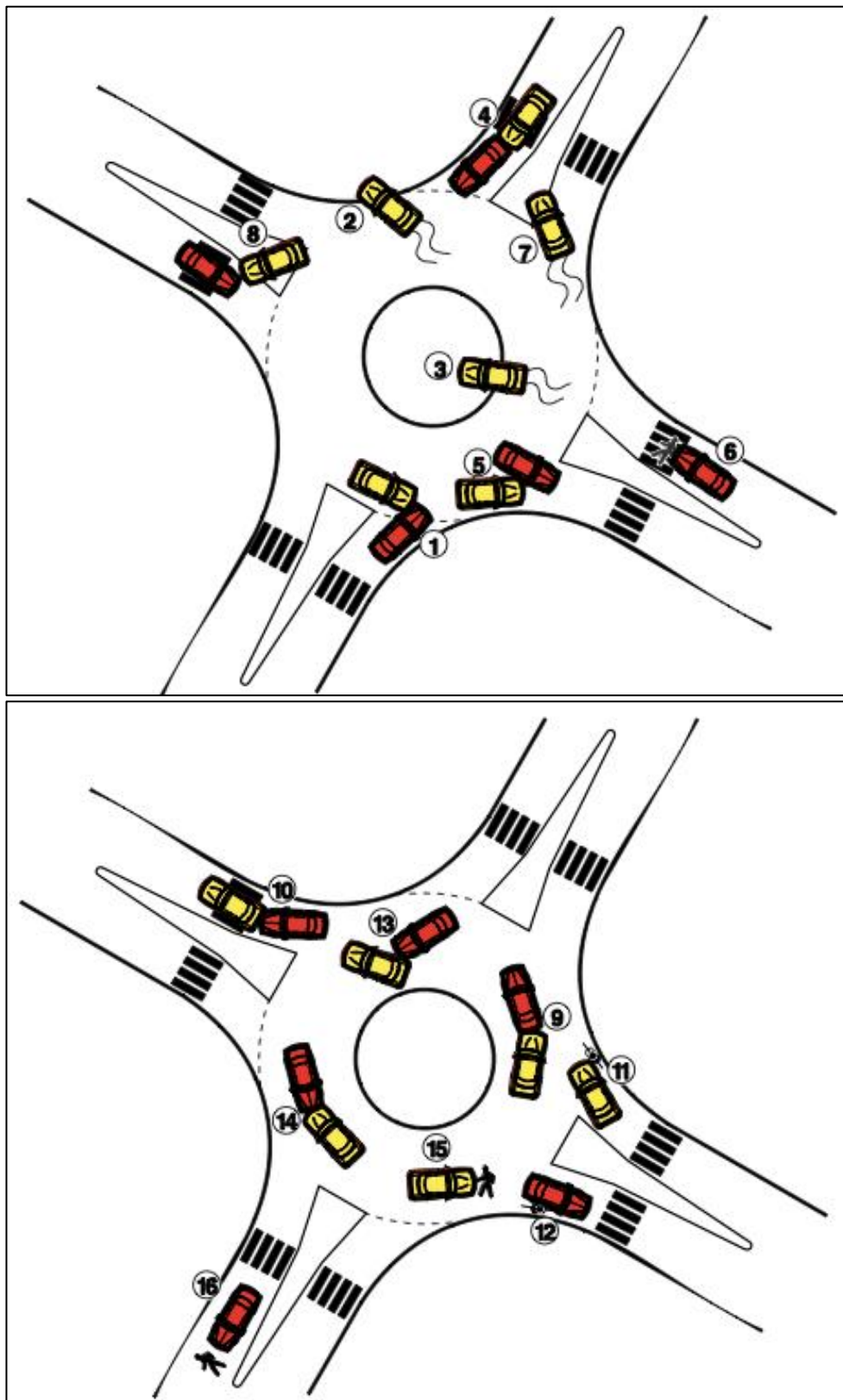
- AH: Aanrijding hindernis: Aanrijding waarbij de weggebruiker in contact komt met een verkeersbord, middengeleider ... Een aanrijding met de rotonde zelf valt hier niet onder.
- AR: Aanrijding rotonde: Aanrijding tegen de rotonde zelf (het middeneiland).
- FR: Foute richting: Ongeval veroorzaakt door een weggebruiker die de rotonde in de foute richting neemt.
- KS: Kop-staart: Kop-staartaanrijding.
- VC: Aanrijding tussen twee weggebruikers die buiten de normale categorieën van ongevallen (VOR, KS, WB) valt, mogelijk door verlies van controle over het voertuig.
- VZW: Voorrang van zwakke weggebruiker. In deze categorie wordt er in deze masterproef echter geen rekening meer gehouden met de eventuele voorrangssituatie en beschrijft dus alle ongevallen met zwakke weggebruikers. 'Ongeval met zwakke weggebruiker' is dus een betere omschrijving. Om verwarring te voorkomen met de gebruikte gegevens wordt de term 'VZW' echter behouden.
- VOR: Voorrang op rotonde: Aanrijding tussen twee weggebruikers bij het betreden van de rotonde, mogelijk ten gevolge van het niet voorrang verlenen aan de weggebruiker op de rotonde (soortgelijke voorrangsongevallen met fietsers behoren tot de categorie VZW).
- WB: Weefbeweging: Aanrijding op een dubbelstrooksrotonde veroorzaakt door het wisselen van rijstrook op de rotonde, alsook bij het verlaten van de rotonde.

In het rapport van de NCHRP (2003) zijn duidelijke grafische voorstellingen te vinden van alle types ongevallen die hier vernoemd zijn. Deze zijn te zien op Figuur 7 en worden in Tabel 1 vergeleken met de hierboven genoemde ongevallentypes.

TABEL 1 VERGELIJKING TUSSEN TYPE ONGEVAL EN GRAFISCHE VOORSTELLING VAN ONGEVALLENTYPES OP ROTONDES

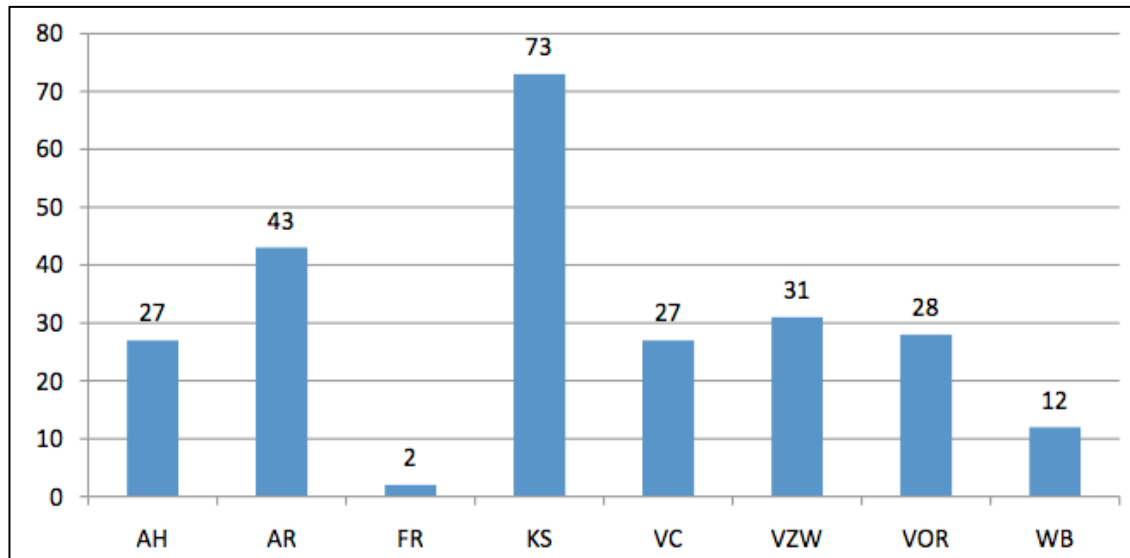
Ongevaltype	AH	AR	FR	KS	VC	VZW	VOR	WB
Nummer	7, (2)	3	14	4, 9, 10	8	6, 11, 12, 15, 16	1	5, 13

FIGUUR 7 GRAFISCHE VOORSTELLING VAN ONGEVALLENTYPES OP ROTONDES (NCHRP, 2003)



De resultaten van Dayers & Nowicki (2009) wezen uit dat de meeste ongevallen op rotondes kop-staart botsingen waren (30%). Daarna was de aanrijding met de rotonde het meest voorkomende type ongeval (18%). Naast deze twee types sprongen enkel de ongevallen met de zwakke weggebruikers er nog uit met 13% van alle ongevallen.

FIGUUR 8 AANTAL ONGEVALLLEN PER TYPE (DAYERS & NOWICKI, 2009)



Naast de casestudie van Dayers & Nowicki (2009), hebben nog een aantal andere studies een vergelijkbare studie gedaan omtrent de verdeling van de types ongevallen op een rotonde. Om al deze studies duidelijker te vergelijken, wordt er in Tabel 2 een overzicht gegeven van de cijfers uit de studies. Hierbij zijn de ongevallen naar eigen inzicht onderverdeeld in dezelfde categorieën als de categorieën die deze studie gebruikt, dit om een verdere vergelijking te vereenvoudigen. De definities van Dayers & Nowicki (2009) zijn echter bij bepaalde ongevallentypes moeilijk vergelijkbaar, waardoor er lege cellen ontstaan in de tabel. Tabel 4 geeft een indicatie van de definitie van de verschillende ongevallentypes in de verschillende studies. Niettemin zou deze tabel een duidelijke indicatie kunnen geven van de meest voorkomende ongevallentypes.

TABEL 2 OVERZICHT VAN STUDIES OVER VERDELING VAN TYPES ONGEVALLEN OP ROTONDES

	Dayers & Nowicki, 2009	NCHRP	IIHS (France)	IIHS (Australia)	IIHS (UK)	IIHS (USA) (single lane)	IIHS (USA) (double lane)	Montella
AH	11%	/	/	/	/	/	/	8%
AR	18%	/	16%	10%	8%	50%	28%	5%
FR	1%	/	1%	/	/	/	/	1%
KS	30%	31%	9%	18%	7%	34%	19%	24%
VC	11%	13%	14%	8%	/	/	/	4%
VZW	13%	2%	13%	/	4%	/	4%	4%
VOR	12%	54%	45%	57%	71%	14%	21%	41%
WB	5%	/	3%	2%	/	/	/	/

Het rapport van een NCHRP (2003) is een resultaat van een analyse met 39 rotondes in de Verenigde Staten, de resultaten hiervan zijn te zien in Tabel 3. Deze resultaten zijn toch zeer verschillend van Dayers & Nowicki (2009), aangezien hier de meeste ongevallen VOR-ongevallen zijn (54%), en daarna pas de kop-staartbotsingen (31%). Daarnaast zijn er nog de VC-ongevallen (13%) en de ongevallen met zwakke weggebruikers (2%).

Daarnaast merken zij nog een verschil tussen enkelstrooks- en dubbelstrooksrotondes. De verhouding ongevallen tussen het oprijden en verlaten van de rotonde is namelijk licht verschillend. Voor enkelstrooksrotondes is deze verhouding: 80% bij het oprijden, 20% bij het verlaten. Voor dubbelstrooksrotondes is dit: 64% bij het oprijden, 36% bij het verlaten.

TABEL 3 ONGEVALLENTYPES OP ROTONDES IN DE VERENIGDE STATEN (NCHRP, 2003)

Crash Type	Percent
Entering-Circulating	23
Exiting-Circulating	31
Rear-End on Leg	31
Loss of Control on Leg	13
Pedestrian	1
Bicycle	1

In het rapport van NCHRP (2003) vermeldt men ook de resultaten van het IIHS, die verschillende studies uit verschillende landen combineert. Deze resultaten tonen ook dat VOR-ongevallen het meest voorkomende ongevallentype is op rotondes met percentages tussen 42% en 71%. Kop-staartbotsingen vertegenwoordigden 7% tot 34% van de ongevallen. Daarnaast werd ook vaak verlies van controle als oorzaak geregistreerd,

tussen de 8% en 50%. Ongevallen met zwakke weggebruikers vormden een kleinere groep, 3,5% tot 12,5%. De cijfers van de USA komen uit de studie van Mandavilli (2008), deze tonen toch nog een opmerkelijk verschil met de andere cijfers, nl. een groot aantal aanrijdingen met de rotonde.

Een studie van Montella (2007) geeft aan dat VOR-ongevallen het meest frequente type van ongeval is, met daarna de kop-staartbotsingen. Dit is parallel aan de studies van het NCHRP (2003) en de resultaten van het IIHS.

De belangrijkste conclusie die we uit deze studies kunnen halen is dat de types AR, KS en VOR met zekerheid de meest voorkomende ongevallentypes zijn op rotondes.

TABEL 4 VERGELIJKING VAN ONGEVALLENTYPES OP ROTONDES (NCHRP, 2003)

Crash type	France	Queensland, Australia	United Kingdom ¹	United States	
				Single-Lane	Double-Lane
1. Failure to yield at entry (entering-circulating)	36.6%	50.8%	71.1%	13%	17%
2. Single-vehicle run off the circulatory roadway	16.3%	10.4%	8.2% ²	50% ²	28% ²
3. Single vehicle loss of control at entry	11.4%	5.2%	2	2	2
4. Rear-end at entry	7.4%	16.9%	7.0% ³	34%	19%
5. Circulating-exiting	5.9%	6.5%			4%
6. Pedestrian on crosswalk	5.9%		3.5% ⁴		4% ⁵
7. Single vehicle loss of control at exit	2.5%	2.6%	2		
8. Exiting-entering	2.5%			1%	
9. Rear-end in circulatory roadway	0.5%	1.2%			
10. Rear-end at exit	1.0%	0.2%			
11. Passing a bicycle at entry	1.0%				
12. Passing a bicycle at exit	1.0%				
13. Weaving in circulatory roadway	2.5%	2.0%			
14. Wrong direction in circulatory roadway	1.0%				
15. Pedestrian on circulatory roadway	3.5%		4		
16. Pedestrian at approach outside crosswalk	1.0%		4		
Other collision types		2.4%	10.2%	2%	3%
Other sideswipe crashes		1.6%			24% ⁶

Notes:

1. Data are for "small" roundabouts [curbed central islands >13 ft (4 m) diameter, relatively large ratio of inscribed circle diameter to central island size]
2. Reported findings do not distinguish among single-vehicle crashes.
3. Reported findings do not distinguish among approaching crashes.
4. Reported findings do not distinguish among pedestrian crashes.
5. Reported findings combine pedestrian and bicycle crashes.
6. Reported findings do not distinguish among sideswipe crashes.

II.1.4. VERDELING ROTONDE IN SEGMENTEN

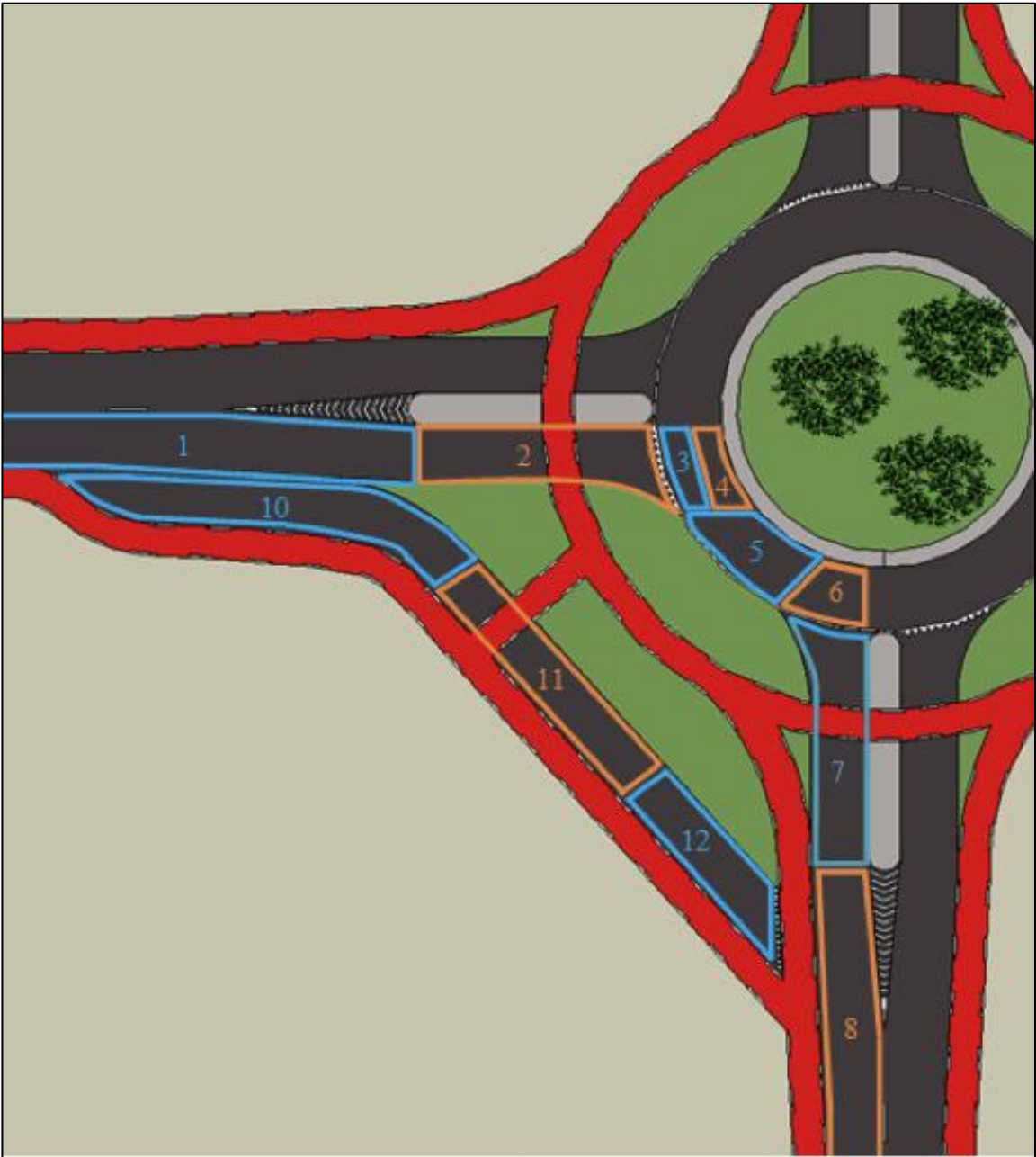
Dayers & Nowicki (2009) hebben in hun casestudie een rotonde ingedeeld in 11 segmenten. Figuur 9 toont deze verschillende segmenten op een rotonde. Deze verdeling wordt ook gebruikt in de databank om te bepalen op welke locatie een ongeval gebeurt. Hieronder volgt een korte beschrijving van de segmenten:

- Segment 1: 20 tot 100 meter van de rotonde. Naderend verkeer, wachtrijen bij druk verkeer.
- Segment 2: 20 meter voor de rotonde tot aan de haaiantanden. Voetganger- en fietseroversteekplaatsen.
- Segment 3: Nadat men de haaiantanden is gepasseerd. Conflicten bij het oprijden van de rotonde.
- Segment 4: Vervolg van segment 3. Aanrijding met het middeneiland van de rotonde bij het oprijden.
- Segment 5: Zone op de rotonde tussen twee takken.
- Segment 6: Zone op de rotonde zelf, waar men de beweging inzet om de rotonde te verlaten. Conflicten bij het verlaten van de rotonde (eventueel met zwakke weggebruikers) vallen dus in dit segment.
- Segment 7: Equivalent van segment 2, maar dan bij het verlaten van de rotonde, tot 20 meter na de haaiantanden.
- Segment 8: Equivalent van segment 1, vanaf 20 meter na de rotonde.

Segmenten 10, 11 en 12 zijn optioneel en enkel van toepassing wanneer de bestudeerde rotonde een bypass heeft. De bypass wordt dus opgedeeld in drie segmenten.

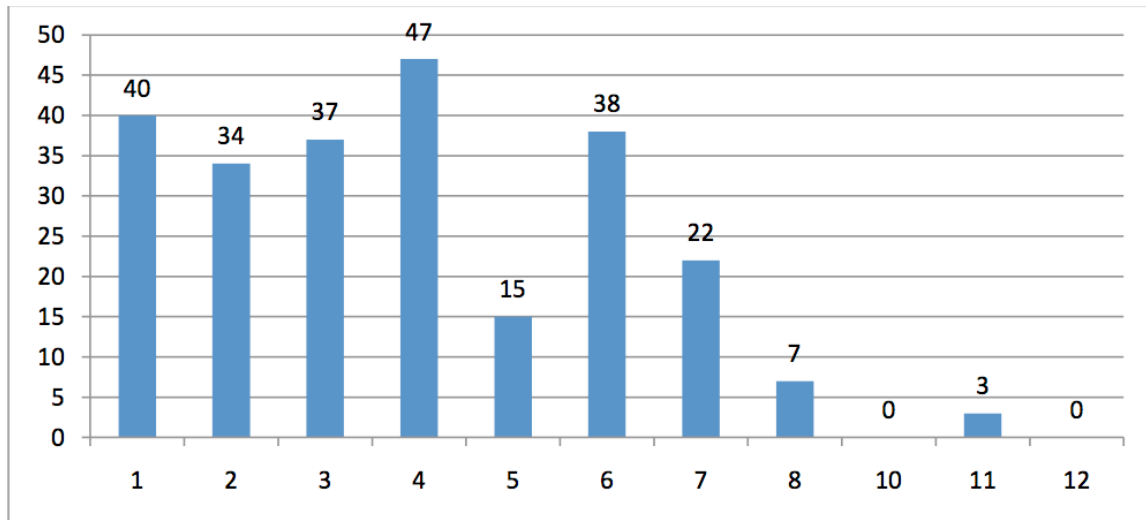
- Segment 10: voorsorteerstrook en het begin van de bypass. is de zone die de voorsorteerstrook en het begin van de bypass bevat.
- Segment 11: middelste gedeelte van de bypass, bevat voetganger- en fietseroversteekplaats.
- Segment 12: einde van de bypass, tot aan de haaiantanden. is het einde van de bypass, de zone tot de haaiantanden.

FIGUUR 9 INDELING VAN ROTONDE IN SEGMENTEN (DAYERS & NOWICKI, 2009)



Op uitzondering van deze casestudie van Dayers & Nowicki, zijn er geen andere studies gevonden die ongevallen op rotondes onderzoeken met behulp van een verdeling in segmenten of onderdelen. In deze casestudie werd echter enkel beschreven hoeveel ongevallen op ieder van de segmenten gebeurden en werd het dominante ongevallentype per segment bepaald. De resultaten hiervan zijn te zien op Figuur 10.

FIGUUR 10 AANTAL ONGEVALLLEN PER SEGMENT VAN DE ROTONDE (DAYERS & NOWICKI, 2009)



De meeste ongevallen gebeuren in aanloop naar de rotonde (segmenten 1 & 2) en bij het oprijden (of aanrijden) van de rotonde (segmenten 3 & 4). Ook bij het verlaten van de rotonde (segment 6) gebeurden ongevallen, zelfs meer als bij het oprijden (segment 3). Segmenten 5, 7, 8 kennen in verhouding minder ongevallen. Op de bypass gebeurden maar enkele ongevallen, allen in segment 11.

Het dominant type ongeval per segment dat zij bepaalden is te zien in Tabel 5.

TABEL 5 DOMINANT TYPE ONGEVAL PER SEGMENT (DAYERS & NOWICKI, 2009)

Segment van de rotonde	Dominant verkeersongeval
1	Kop-staart
2	Kop-staart
3	Voorrang op rotonde
4	Aanrijding rotonde
5	Kop-staart
6	Verlies controle
7	Voorrang zwakke weggebruiker

In de casestudie van Dayers & Nowicki (2009) zijn er nog enkele interessante conclusies te vinden:

- De ongevallen in hun databank waren vooral ongevallen met enkel materiële schade. De gewonden en doden bleven beperkt, waardoor kan gezegd worden dat rotondes wel degelijk de ernst van een ongeval verminderen.
- De ongevallen gebeuren overwegend op weekdays, lichte stijging op vrijdag.
- Er gebeuren meer ongevallen in de ochtend- en avondspits, wat logisch is door de verhoogde intensiteit.
- Er gebeurden bijna evenveel ongevallen 's nachts als overdag, terwijl de intensiteit toch sterk zou kunnen verschillen.
- 97% van de ongevallen gebeuren met een auto. 51% zijn ongevallen tussen twee auto's, 30% zijn ongevallen waarbij de auto een hindernis raakt (dus eenzijdig) en 8% zijn ongevallen tussen auto's en zwakke weggebruikers.
- Rotondes met aanliggende fietspaden zijn het gevaarlijkst voor zwakke weggebruikers. Op rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang gebeuren voornamelijk veel kop-staartbotsingen.
- De aanrijnsnelheid van een rotonde is belangrijk, te hoge snelheden zorgen voor meer aanrijding met de rotonde.

Daniels et al. (2010) geeft eveneens nog een interessante conclusie over aanrijdingen met het middeneiland, naarmate de diameter van het middeneiland stijgt, gebeuren er meer ongevallen met het aanrijden van de rotonde.

II.1.5. CONCLUSIES

De conclusies uit de literatuurstudie zullen behandeld worden per onderzoeksvraag die (gedeeltelijk) beantwoord werd. De onderzoeksvragen die niet werden beantwoord worden niet vermeld.

- Algemeen

- a) Op welke locaties op de rotonde komen de meeste ongevallen voor?

De meeste ongevallen gebeuren in aanloop naar de rotonde (segmenten 1 & 2) en bij het oprijden (of aanrijden) van de rotonde (segmenten 3 & 4). Ook bij het verlaten (segment 6) gebeuren ongevallen, echter minder als bij het oprijden. Segmenten 5, 7, 8 kennen in verhouding minder ongevallen. Op de bypass gebeurden maar enkele ongevallen, allen in segment 11.

- Type ongeval

- a) Welke types ongevallen komen het meest voor op rotondes?

De ongevallentypes AR, KS en VOR zijn de meest voorkomende ongevallentypes zijn op rotondes.

- Inrichting van de rotonde

- b) Is er een verband tussen het type ongeval en de inrichting van de rotonde?

Rotondes met aanliggende fietspaden zijn het gevaarlijkst voor zwakke weggebruikers. Op rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang gebeuren voornamelijk veel kop-staartbotsingen.

Naarmate de diameter van het middeneiland stijgt, gebeuren er meer ongevallen met het aanrijden van de rotonde.

- Betrokken weggebruikers

97% van de ongevallen gebeuren met een auto. 51% zijn ongevallen tussen twee auto's, 30% zijn ongevallen waarbij de auto een hindernis raakt (dus eenzijdig) en 8% zijn ongevallen tussen auto's en zwakke weggebruikers.

- a) Bij welke weggebruikers is de ernst van de ongevallen het hoogst?

Een studie van Daniels et al. (2010) geeft aan dat zwakke weggebruikers meer betrokken zijn bij letselongevallen op rotondes.

- c) Is er een verband tussen de inrichting van de rotonde en de betrokken weggebruikers?

Rotondes met aanliggende fietspaden zijn het gevaarlijkst voor zwakke weggebruikers.

- Lichtgesteldheid

- a) Is er een verband tussen het aantal ongevallen en de lichtgesteldheid?

Er gebeurden bijna evenveel ongevallen 's nachts als overdag, terwijl de intensiteit toch sterk zou kunnen verschillen.

II.2. DATABANK ONGEVALLLEN OP ROTONDES

Het doel van deze masterproef is het profileren van ongevallen op rotondes en daarom is het uiteraard noodzakelijk om data te hebben over deze ongevallen. Deze data werden verworven via verschillende contactpersonen van de politiezones Heusden-Zolder, HaZoDi, Zaventem, Balen-Dessel-Mol, Antwerpen, Noord-Oost Limburg en Lommel.

Met deze data werd er vervolgens een databank opgesteld waarmee later analyses kunnen gebeuren. Voor meer informatie over de opbouw van deze databank, zie onderdeel "II.2.2. Opbouw van de databank" of de casestudie van Dayers & Nowicki (2009).

II.2.1. BESCHIKBARE DATA

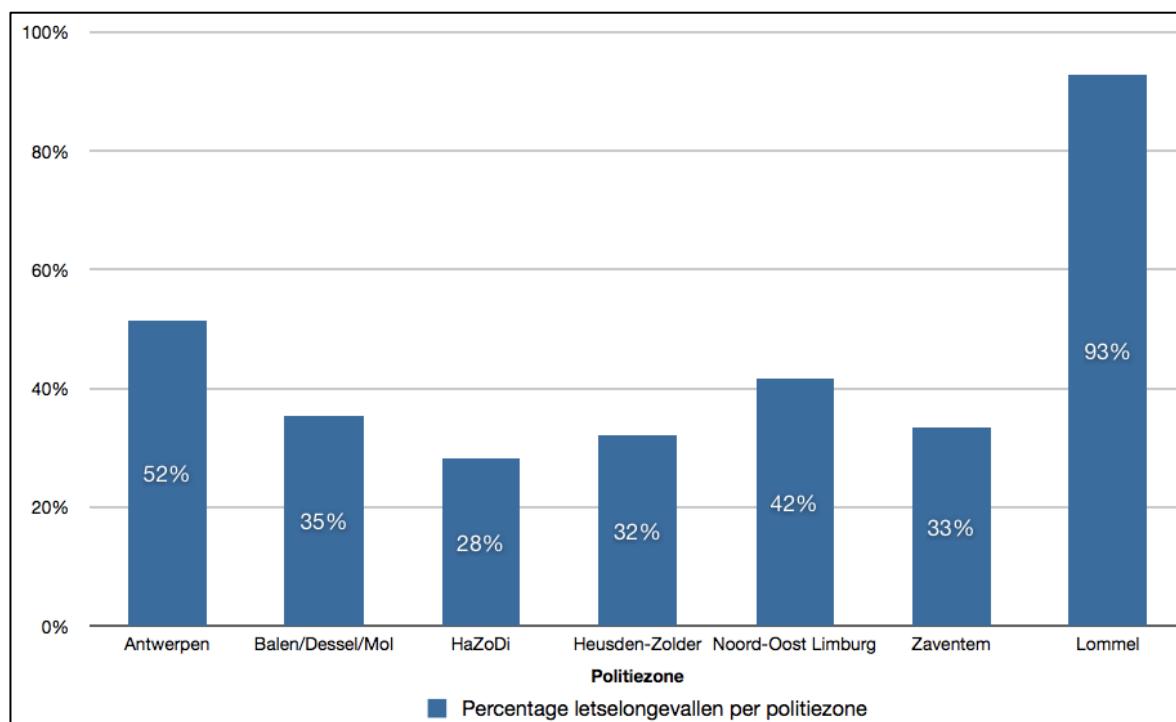
Onderstaande tabel geeft een overzicht van de data die is beschikbaar gesteld door de politiezones. Voor ieder politiezone worden het aantal gebruikte rotondes in de databank weergegeven per politiezone met daarnaast de jaartallen van de data die werd gebruikt uit Dayers & Nowicki (2009) en Vincent (2008) en de jaartallen van de nieuwe data die voor deze masterproef werd verworven.

TABEL 6 OVERZICHT VAN BESCHIKBARE DATA

Politiezone	Aantal rotondes	Jaartallen (bestaande databank)	Jaartallen (nieuwe data)
HaZoDi	1	2006-2009	/
Zaventem	1	2007-2009	2009-2010
Balen-Dessel-Mol	3	2005-2008	/
Antwerpen	5	2006-2009	/
Heusden-Zolder	10	2005-2007	2008-2010
Noord-Oost Limburg	7	/	2007-2009
Lommel	1	/	2007-2009

Politiezone	Aantal ongevallen (bestaande databank)	Aantal ongevallen (nieuwe data)	Totaal aantal ongevallen
HaZoDi	85	/	85
Zaventem	5	4	9
Balen-Dessel-Mol	17	/	17
Antwerpen	33	/	33
Heusden-Zolder	103	90	193
Noord-Oost Limburg	/	48	48
Lommel	/	14	14
Alle politiezones	243	156	399

FIGUUR 11 PERCENTAGE LETSELONGEVALLEN PER POLITIEZONE



Zoals in Figuur 11 te zien is, is er een belangrijk verschil te merken in het percentage letselongevallen per politiezone. De ongevallen in Politiezone Lommel waren bijna enkel letselongevallen, terwijl het bij de andere politiezones varieert tussen 28% en 52% letselongevallen. Als men Lommel buiten beschouwing laat, lijkt een percentage van letselongevallen tussen 30% en 40% het meest realistisch. Het hoge percentage in Lommel is waarschijnlijk te verklaren doordat men enkel de meest ernstige ongevallen heeft gerapporteerd en doorgezonden. In de andere politiezones lijkt het erop dat zij alle ongevallen proberen te registreren, in de mate van het mogelijke uiteraard.

Het is overigens geenszins de bedoeling om te stellen dat deze ongevallen een volledig juiste representatie zijn van alle ongevallen op alle rotondes. Deze database is echter wel een degelijke steekproef van een groot aantal rotondes in Vlaanderen, wat er zeker kan voor zorgen dat er goede analyses kunnen worden gedaan en significante resultaten kunnen worden bekomen. Deze resultaten zouden dus zeker een redelijke indicatie kunnen geven van welke ongevallen er op welke locaties op rotondes gebeuren.

II.2.2. OPBOUW VAN DE DATABANK

De opbouw van de databank is dezelfde als de databank die werd gebruikt door Dayers & Nowicki (2009). Deze werd ingevuld met gegevens uit de data die de politie ter beschikking stelde, namelijk de numerieke gegevens van ieder ongeval en het bijbehorende manoeuvrediagram. Tabel 7 laat zien welke variabelen in de databank gebruikt werden, samen met de mogelijke waardes die voor deze variabelen konden worden opgegeven. Het is belangrijk om te weten dat de verzamelde gegevens altijd op het niveau van het ongeval werden verzameld en niet op het niveau van persoon.

TABEL 7 BESCHRIJVING VAN DE GEBRUIKTE VARIABELEN IN DE DATABANK

Variabele	Beschrijving	Mogelijke waardes
Nr.	Nummering van het ongeval	1 tot 399
Dossiernummer	Dossier- of PV-nummer van het ongeval bij de politiezone	Unieke nummering
Datum	Datum van het ongeval	2005-2010
Weekdag	Weekdag van het ongeval	maandag tot zondag
Uur	Uur van het ongeval	0-24
Wegdek	Staat van het wegdek (weersomstandigheden)	Droog, Nat, Ijs, Onbekend
Lichtgesteldheid	Lichtgesteldheid ten tijde van het ongeval	Dag, Nacht, Schemering, Onbekend
Uitsluitend stoffelijke schade	Beschrijving van het ongeval wat betreft de schade	1 (enkel stoffelijke schade) of 0 (niet enkel stoffelijke schade)
Doden	Aantal doden ten gevolge van het ongeval	0, 1, 2,...
Zwaargewonden	Aantal zwaargewonden ten gevolge van het ongeval	0, 1, 2,...
Lichtgewonden	Aantal lichtgewonden ten gevolge van het ongeval	0, 1, 2,...
Hindernis	Bepaald of er een aanrijding gebeurde met een hindernis tijdens het ongeval	0 of 1
Alcohol & druggebruik	Bepaald of één van de betrokkenen onder invloed van alcohol of drugs was	0 of 1

Modus 1	Bepaling van de modus van één van de betrokkenen	1: auto 2: vrachtwagen 3: bus 4: motorfiets 5: bromfiets 6: fiets 7: voetganger 8: overig (landbouwvoertuig,...) 0: geen
Modus 2		
Modus 3		
Type ongeval	Bepaling van het type ongeval	AH, AR, FR, KS, VC, VZW, VOR, WB
Segment rotonde	Bepaling van het segment waarop het ongeval gebeurde	0 tot 12
Politiezone	Bepaling van de politiezone waarin het ongeval gebeurde	De bovenvermelde politiezones
Naam rotonde	De naam van de rotonde waarop het ongeval gebeurde	Iedere rotonde kreeg een unieke naam
Tak rotonde	De tak van de rotonde waarop het ongeval gebeurde	Iedere tak van een rotonde kreeg een unieke naam
Aantal takken	Beschrijving van het aantal takken van een rotonde	3, 4 of 5
Dubbel / Enkel	Beschrijving van het type rotonde, enkelstrooks of dubbelstrooks	Enkel of Dubbel
Inrichting rotonde	Beschrijving van de inrichting van de rotonde	1: gemengd verkeer 2: aanliggende fietspaden 3: vrijliggende fietspaden met fietser in de voorrang 4: vrijliggende fietspaden met fietser uit de voorrang 5: vrijliggende fietspaden ver van de rotonde (fietstunnel, grote groenvoorzieningen, ...)

HOOFDSTUK III: ONDERZOEKSRESULTATEN

III.1. INLEIDING

De onderzoeksresultaten zullen op twee manieren voorgesteld worden, nl. enerzijds met tabellen en grafieken en anderzijds met een bewerking van een diagram waarop de verschillende segmenten van de rotonde worden weergegeven. Het diagram is een bewerking van het diagram uit de casestudie van Dayers & Nowicki (2009), zie Figuur 9.

Op Figuur 12 is de bewerking van het diagram en de indeling in de verschillende segmenten te zien. Dit type rotonde is een willekeurige rotonde met vrijliggende fietspaden en een bypass. Deze rotonde fungeert als een algemene vorm om de onderzoeksresultaten van alle rotondes op kunnen weer te geven. Hoewel de schets dus één bepaald type rotonde voorstelt, kan deze indeling in segmenten voor elke vorm van rotonde uit het onderzoek gebruikt worden. De kleuren van de segmenten op deze figuur zijn louter om de scheidingen tussen de segmenten aan te duiden, deze hebben hier dus geen verkeerskundige betekenis. In de onderzoeksresultaten zal dit uiteraard wel het geval zijn, de kleurverschillen zullen de verschillen tussen de segmenten aanduiden in aantal ongevallen en ernst van de ongevallen, enz.

De onderzoeksresultaten zullen per onderzoeksvraag of deelvraag behandeld worden, waarbij ieder antwoord met voldoende gegevens en analyse zal ondersteund worden.

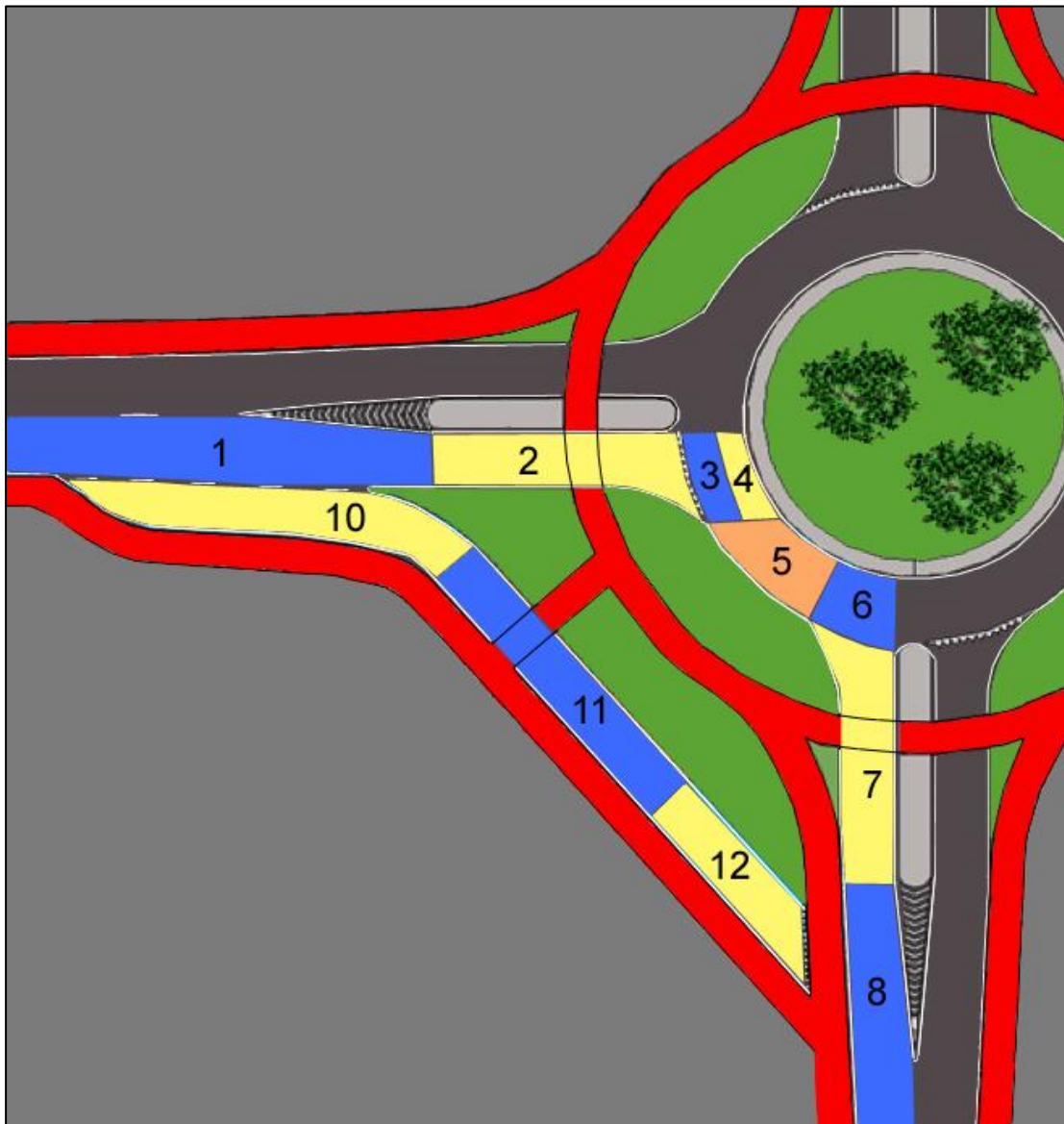
Bij het gebruik van diagrammen staan de cijfers op ieder segment voor het aantal ongevallen, tenzij anders aangeduid. Verklaring van ander aanduidingen:

- 3z 1d: 3 zwaargewonden, 1 dode
- 20S 14L: 20 ongevallen met stoffelijke schade, 14 letselongevallen
- 10S 4Lg 2Zg 1D: 10 ongevallen met stoffelijke schade, 4 lichtgewonden, 2 zwaargewonden, 1 dode

Enkele opmerkingen bij de onderzoeksresultaten:

- Er waren geen ongevallen in de databank terug te vinden voor segmenten 10 en 12. Deze ontbreken dan uiteraard ook in de analyse. Dit kan het gevolg zijn het lage aantal ongevallen op de bypass en eveneens het kleine aandeel rotondes met bypass in de data.
- Segment 11 heeft maar enkele ongevallen, dit heeft eveneens dezelfde redenen als segmenten 10 en 12. Bijgevolg zullen hier dan ook geen conclusies kunnen uit getrokken worden over de eventuele gevolgen voor de veiligheid op rotondes.

FIGUUR 12 VISUELE VOORSTELLING ROTONDE + INDELING IN SEGMENTEN (DAYERS & NOWICKI, 2009, EIGEN BEWERKING)



III.2. STATISTISCHE ONDERBOUWING

De resultaten in dit onderzoek worden ook statistisch ondersteund, om zo duidelijk te maken dat bepaalde resultaten niet het gevolg zijn van toevalligheden en dat er wel degelijk een verband bestaat tussen bepaalde factoren. Hiervoor werd er gebruik gemaakt van het programma SPSS Statistics. De test die zal worden uitgevoerd is de Chi²-test, bij deze test wordt als nulhypothese aangenomen dat de verdeling van de onderzochte gegevens gelijk is aan de verdeling van alle andere gegevens. Wanneer de nulhypothese wordt verworpen (m.a.w. wanneer $p \leq 0,05$), kan worden gesteld dat de onderzochte gegevens significant afwijken van de verdeling van de andere gegevens en dus op een of andere manier betekenisvol zijn voor het onderzoek. Voor dit onderzoek wordt een 95%-betrouwbaarheidsinterval gebruikt.

De resultaten van de testen zullen op twee manieren worden gerapporteerd bij de resultaten:

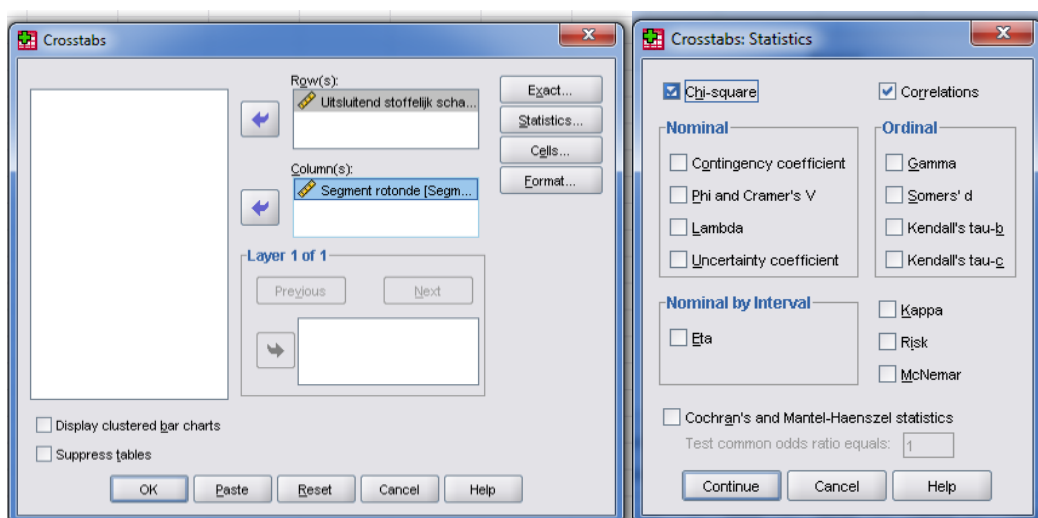
- In de tekst zelf: X^2 (# vrijheidsgraden, N = steekproefgrootte) = Pearson Chi²-waarde, graad significantie (p-waarde)
- In een tabel met de X^2 -waarde en p-waarde voor iedere onderzochte variabele.

Het volgende voorbeeld zal meer duidelijkheid scheppen over de bewerkingen in SPSS om te komen tot de X^2 -waarde en p-waarde. Het voorbeeld dat gebruikt wordt is van toepassing op Figuur 14.

Doel van de statistische test: Het testen van de significantie van het hogere aantal letselgevallen van segment 4 tegenover de andere segmenten.

Methode:

- Alle segmenten behalve segment 4 worden samengenomen, waardoor segment 0 nu alle andere segmenten voorstelt.
- In SPSS wordt een kruistabel met twee variabelen gemaakt (Uitsluitend stoffelijke schade (0 of 1) en Segment rotonde (0 of 4)), en hierop wordt de Chi²-statistiek berekend.



- Vervolgens kan de driedelige output geanalyseerd worden:
 - Het eerste deel bestaat uit een samenvatting van de gegevens. Het belangrijke uit deze tabel is dat men hieruit de grootte van de steekproef kan afleiden, nl. N = 399.

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Uitsluitend stoffelijk schade * Segment rotonde	399	100,0%	0	,0%	399	100,0%

- o Het tweede deel is de gevormde kruistabel. Hieruit kan men afleiden wat de werkelijke en verwachte waarden zijn voor iedere variabele. In dit geval is bij de letselongevallen (dus Uitsluitend stoffelijke schade = 0) de Expected Count (of verwachte waarde) voor segment 4 kleiner dan de echte waarde. Zodus gebeuren er meer letselongevallen in dit segment dan bij de andere segmenten.

Uitsluitend stoffelijk schade * Segment rotonde Crosstabulation

			Segment rotonde		Total
			0	4	
Uitsluitend stoffelijk schade	0	Count	104	38	142
		Expected Count	112,5	29,5	142,0
		% within Uitsluitend stoffelijk schade	73,2%	26,8%	100,0%
		% within Segment rotonde	32,9%	45,8%	35,6%
		% of Total	26,1%	9,5%	35,6%
	1	Count	212	45	257
		Expected Count	203,5	53,5	257,0
		% within Uitsluitend stoffelijk schade	82,5%	17,5%	100,0%
		% within Segment rotonde	67,1%	54,2%	64,4%
		% of Total	53,1%	11,3%	64,4%
Total	Count	316	83	399	
	Expected Count	316,0	83,0	399,0	
	% within Uitsluitend stoffelijk schade	79,2%	20,8%	100,0%	
	% within Segment rotonde	100,0%	100,0%	100,0%	
	% of Total	79,2%	20,8%	100,0%	

- o Het laatste en derde deel vormt de resultaten van de Chi²-test. Hieruit kan men afleiden dat deze resultaten al dan niet significant zijn. In dit voorbeeld is de p-waarde 0,029 < 0,05, wat duidt op een significante uitkomst.

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	4,751 ^a	1	,029		
Continuity Correction ^b	4,206	1	,040		
Likelihood Ratio	4,637	1	,031		
Fisher's Exact Test				,039	,021
Linear-by-Linear Association	4,739	1	,029		
N of Valid Cases	399				

a. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 29,54.

- Vervolgens worden deze resultaten in het onderzoek gerapporteerd:
 - Notatie in de tekst zou als volgt zijn: $X^2(1, N = 399) = 4,751, p = 0,029$
 - In een tabel zouden deze resultaten als volgt gerapporteerd worden:

Segment	Aantal ongevallen	Proportie het totaal	van	Proportie letselongevallen	X^2	p
Alle segmenten	399	1		0,356		
4	83	0,208		0,627	4,751	0,029

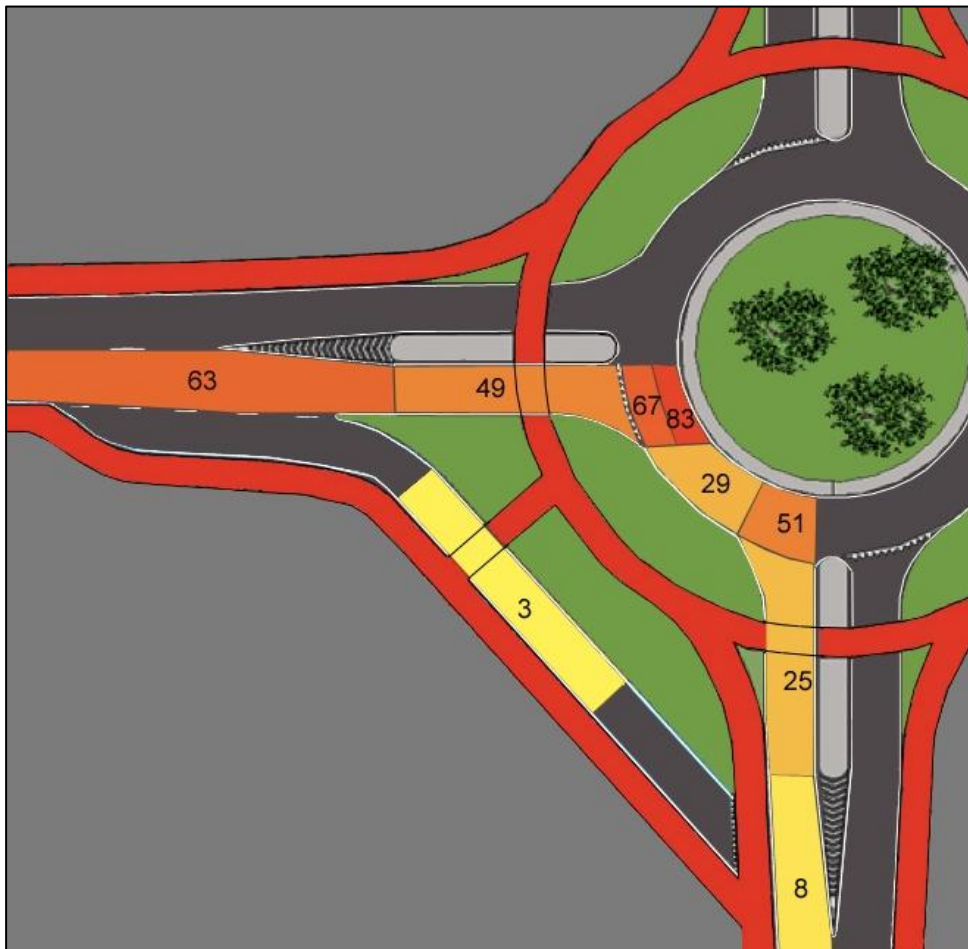
III.3. ANALYSE VAN DE DATA

III.3.1. ALGEMEEN

a) Op welke locaties op de rotonde komen de meeste ongevallen voor?

Dit is een zeer algemene vraag, waarbij alle ongevallen, zowel letsel- als niet-letselongevallen moeten bekeken worden. Op Figuur 13 is de verdeling van alle ongevallen in de databank te zien over de segmenten. Het valt hierbij op dat een groot aandeel van de ongevallen in aanloop naar de rotonde en bij het oprijden van de rotonde gebeurt (segmenten 1 tot 4), met als uitschieter segment 4 met 83 ongevallen. Het rijden op de rotonde zelf en het verlaten van de rotonde (segmenten 5 tot 8) blijkt minder gevoelig voor ongevallen. Het is evenwel nog te vroeg om hier sluitende conclusies over te trekken, omdat in dit diagram alle ongevallen, onder alle omstandigheden en met alle weggebruikers, zitten verwerkt.

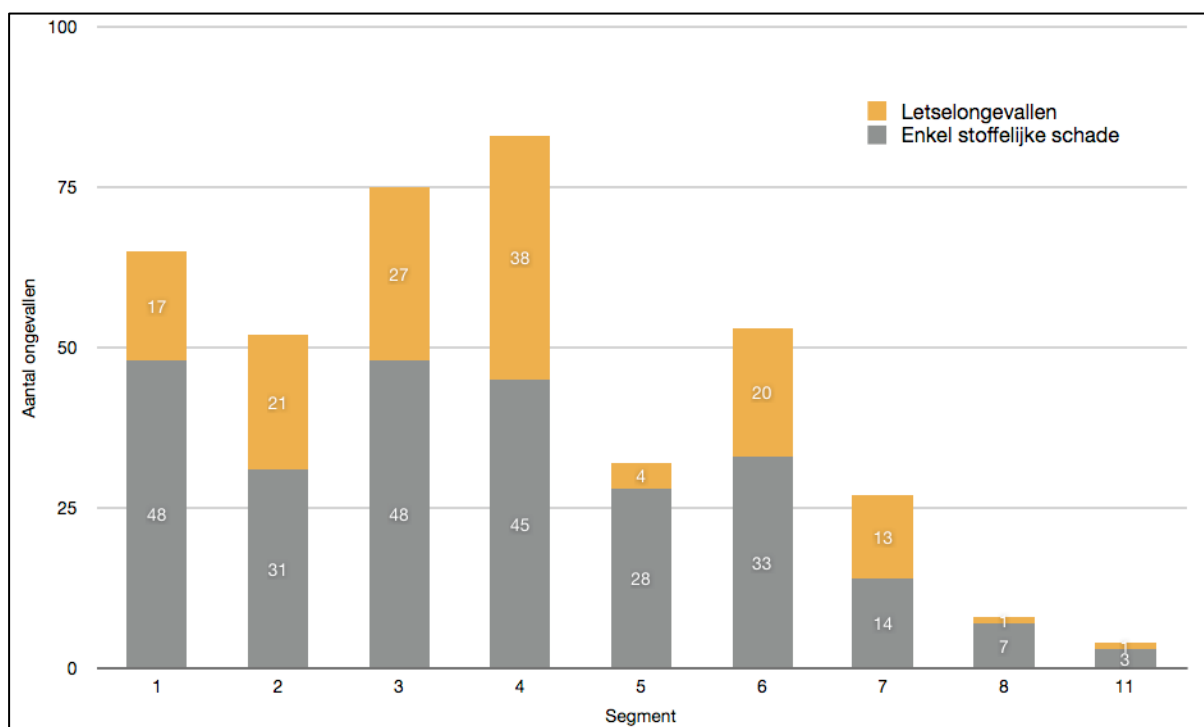
FIGUUR 13 VERDELING ALLE ONGEVALLEN PER SEGMENT



b) Is er een verband tussen de locatie en de ernst van een ongeval?

Deze onderzoeksvraag gaat verder op de eerste, enkel wordt er deze keer wel rekening gehouden met de ernst van het ongeval. Op Figuur 14 zijn de verhoudingen tussen letselongevallen en niet-letselongevallen voor ieder segment te zien. Grote verschillen tussen de segmenten zijn hier niet dadelijk uit af te leiden, enkel segment 5 kent een laag percentage letselongevallen (13%). Uit Tabel 8 kan men afleiden dat dit percentage significant lager is dan in de andere segmenten. Segmenten 4 en 7 vallen in eerder negatieve zin op met bijna de helft letselongevallen (44% en 48%). Enkel ongevallen op segment 4 blijken echter significant ernstiger in vergelijking met een ongeval op één van de andere segmenten (zie Tabel 8). De overige segmenten met de meeste ongevallen (1,2,3 en 6) zitten tussen 36% en 50%, maar geen van hen blijkt significant af te wijken van de algemene trend. Op Figuur 15 wordt het segment met significant meer letselongevallen rood gekleurd, terwijl het segment met significant minder letselongevallen wit gekleurd wordt, wat een duidelijk antwoord geeft op deze onderzoeksvraag.

FIGUUR 14 VERDELING LETSELONGEVALLEN EN ONGEVALLEN MET STOFFELIJKE SCHADE PER SEGMENT



TABEL 8 VERDELING LETSELONGEVALLEN PER SEGMENT OP DE ROTONDE

Segment	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie letselongevallen	χ^2	p
Alle segmenten	399	1	0,356		
1	65	0,163	0,338	3,016	0,082
2	52	0,130	0,500	0,600	0,439
3	75	0,188	0,373	0,007	0,934
4	83	0,208	0,627	4,751	0,029
5	32	0,080	0,125	8,091	0,004
6	53	0,133	0,396	0,123	0,726
7	27	0,068	0,630	1,993	0,158
8	8	0,020	0,125	1,899	0,168
11	4	0,010	0,250	0,198	0,657

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H_0 : proportie letselongevallen van een segment is gelijk aan de proportie letselongevallen in alle andere segmenten. H_0 wordt verworpen wanneer $p \leq 0,05$.

FIGUUR 15 AANDUIDING VAN DE SEGMENTEN MET SIGNIFICANT MEER OF MINDER LETSELONGEVALLEN



Door de letselongevallen op te splitsen in lichtgewonden, zwaargewonden en doden kan men in Tabel 9 is duidelijk zien dat segment 4 er ook uitspringt wat betreft het aantal lichtgewonden, zwaargewonden en doden. Daarna zijn segmenten 2 en 6 degenen met de meeste zwaargewonden en doden in vergelijking met het totaal aantal letselongevallen.

TABEL 9 VERDELING ERNST VAN DE LETSELONGEVALLLEN PER SEGMENT

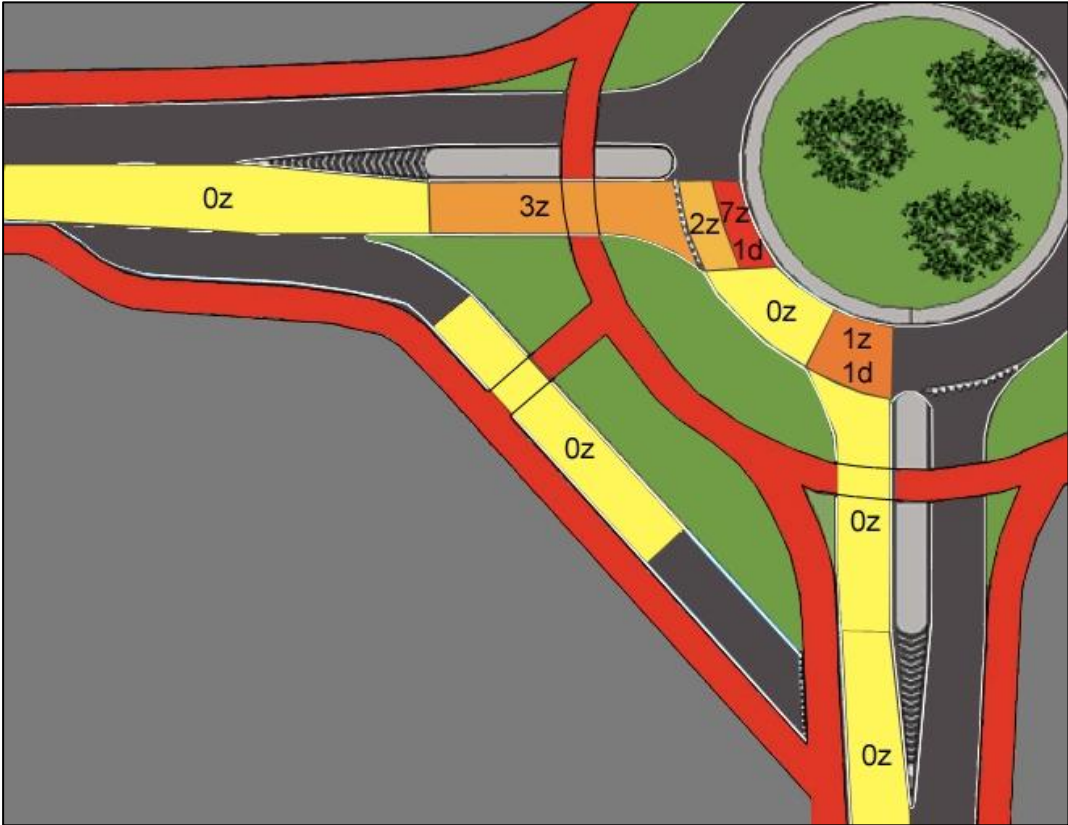
Segment	Letselonegevallen	Lichtgewonden	Zwaargewonden	Doden
1	17	22	0	0
2	21	23	3	0
3	27	26	2	0
4	38	40	7	1
5	4	4	0	0
6	20	19	1	1
7	13	17	0	0
8	1	1	0	0
11	1	1	0	0

Figuur 16 en Figuur 17 geven deze informatie duidelijker per segment weer. Het is duidelijk dat het zwaartepunt van de ernstige ongevallen ligt bij segmenten 2, 3 en 4.

FIGUUR 16 VERDELING AANTAL LICHTGEWONDEN PER SEGMENT



FIGUUR 17 VERDELING ZWAARGEWONDEN EN DODEN PER SEGMENT

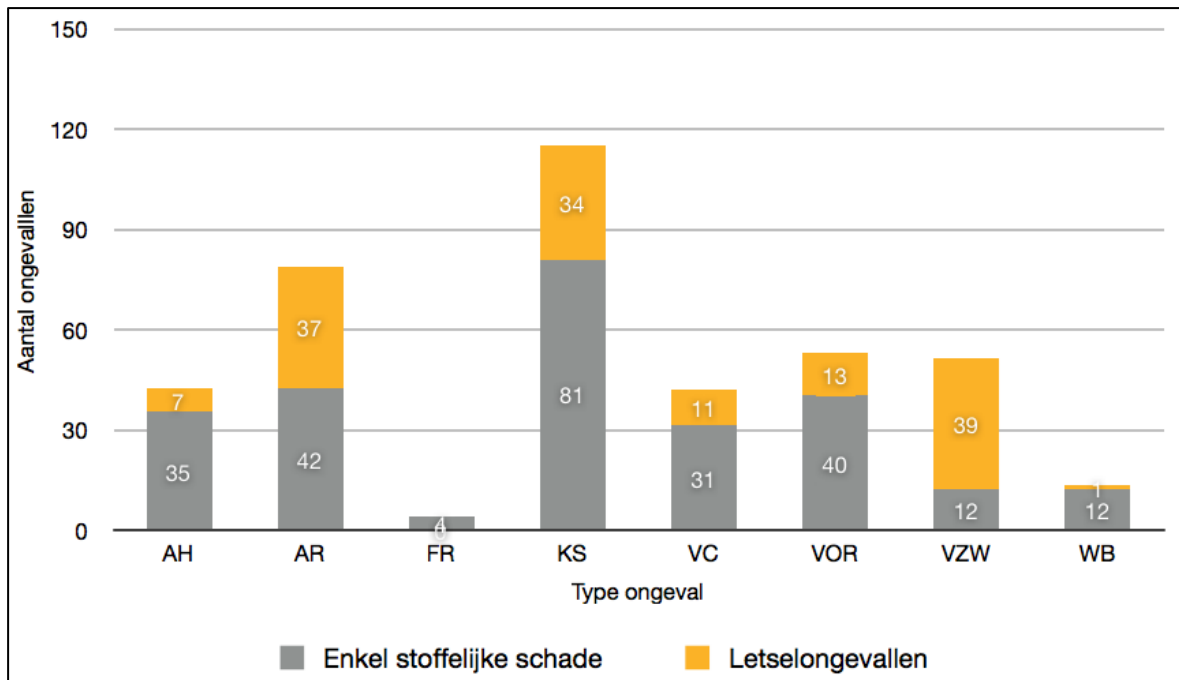


III.3.2. TYPE ONGEVAL

a) Welke types ongevallen komen het meest voor op rotondes?

Voor de verklaringen van de afkortingen van de verschillende types ongevallen, zie paragraaf "II.1.3. Ongevallentypes". Uit Figuur 18 is af te leiden dat bijna 1 op 3 ongevallen op een rotonde een kop-staart botsing is. Daarna volgen de aanrijdingen van de rotonde met 20% van de ongevallen. Samen zorgen deze twee types dus voor de helft van alle ongevallen op rotondes. De andere types ongevallen schommelen tussen 11% en 13%, met uitzondering van foute richting en weefbeweging, die een minderheid van de ongevallen voorstellen.

FIGUUR 18 AANTAL ONGEVALLLEN PER TYPE ONGEVAL



b) Is er een verband tussen het type en de ernst van een ongeval?

Uit Figuur 19 zijn ook de verschillen in ernst tussen de verschillende types ongevallen af te leiden. Het is niet verwonderlijk dat bij ongevallen met zwakke weggebruikers (VZW) het aandeel letselongevallen het grootst is (76,5%). Zij zijn uiteraard het meest kwetsbaar en dat laat zich zien in de cijfers. De categorie AR (Aanrijding van de rotonde) heeft echter ook een groot aandeel letselongevallen (47%). Uit Tabel 10 blijkt dat zowel de categorie VZW als de categorie AR significant meer letselongevallen kennen. Categorieën AH en WB hebben volgens Tabel 10 echter significant minder letselongevallen dan de andere segmenten. Dit type ongeval is op een rotonde dus duidelijk minder ernstig in vergelijking met de andere types.

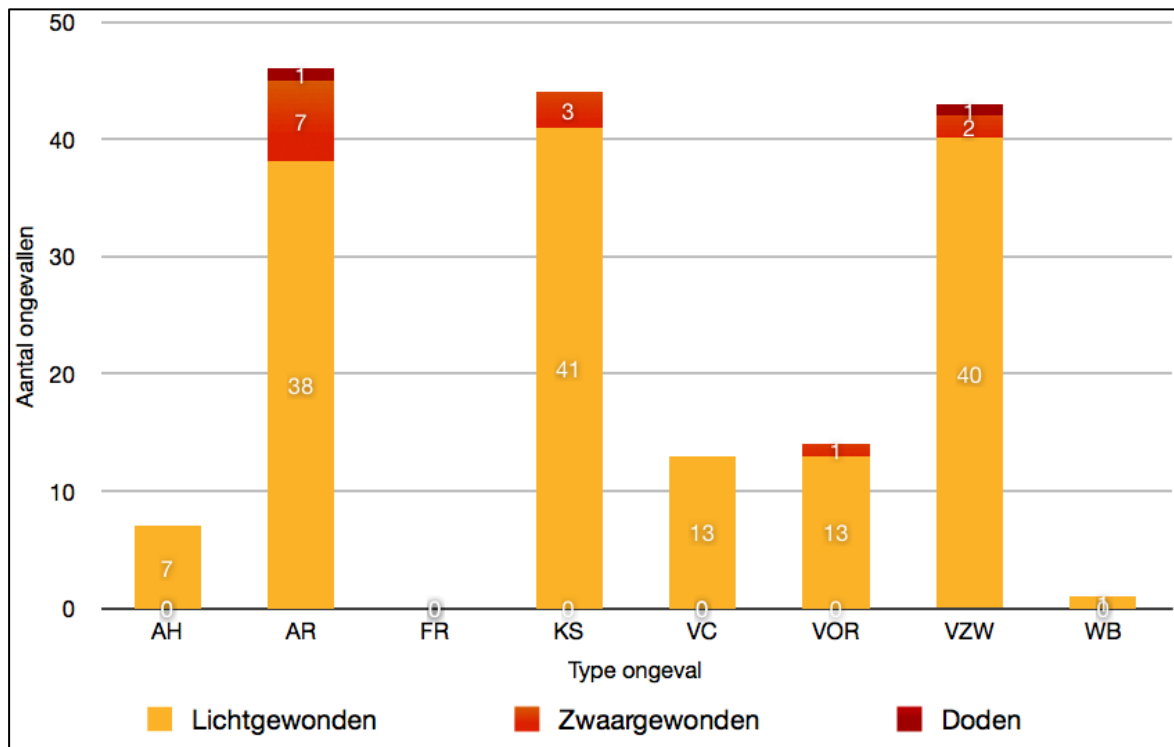
TABEL 10 VERDELING VAN DE LETSELONGEVALLLEN PER TYPE ONGEVAL

Type ongeval	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie letselongevallen	X ²	p
Alle types	399	1	0,356		
AH	42	0,105	0,167	7,332	0,007
AR	79	0,198	0,468	5,435	0,020
FR	4	0,010	0,000	2,232	0,135
KS	115	0,288	0,296	2,557	0,110
VC	42	0,105	0,262	1,809	0,179
VOR	53	0,133	0,245	3,262	0,071
VZW	51	0,128	0,765	42,633	0,000
WB	13	0,033	0,077	4,562	0,033

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H_0 : proportie letselongevallen van een type ongeval is gelijk aan de proportie letselongevallen bij alle andere types ongevallen. H_0 wordt verworpen wanneer $p \leq 0,05$.

Door middel van Figuur 19 kan men ook het aandeel lichtgewonden, zwaargewonden en doden zien voor alle letselongevallen. Daarbij valt opnieuw AR (Aanrijding van de rotonde) op met het grootste aandeel zwaargewonden en doden, dit type ongeval is dus duidelijk het zwaarst. Volgens een aparte Chi²-test is dit verschil met de andere segmenten zeker significant: $X^2(1, N = 399) = 11.781, p = .008$ (Chi²-testen voor de andere types lijken hier overbodig). VZW en KS hebben in vergelijking minder zwaargewonden of doden, in dit opzicht zijn ze gelijkaardig in het geval van een letselongeval. Het kan echter gezegd worden dat kop-staart botsingen vaak minder ernstig zijn, aangezien maar 29% van de KS-ongevallen letselongevallen zijn in vergelijking met de 76,5% van VZW-ongevallen. Daarnaast was één van de in totaal 51 VZW-ongevallen ook een dodelijk ongeval. Volgens deze cijfers is een rotonde voor zwakke weggebruikers duidelijk minder veilig, zoals de literatuur aangeeft.

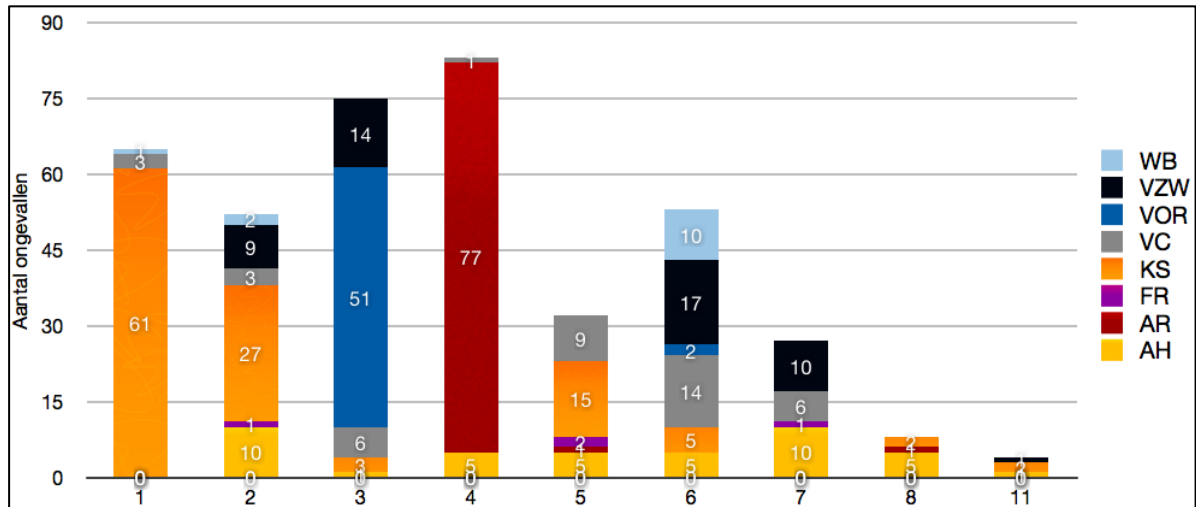
FIGUUR 19 ERNST VAN DE ONGEVALLLEN PER TYPE ONGEVAL



c) Is er een verband tussen het type en de locatie van een ongeval?

Nu we de meest voorkomende types ongevallen op rotondes kennen, is het belangrijk om ook te weten op welke segmenten deze types het meest voorkomen. Figuur 20 en Tabel 11 geven een beeld van de verdeling van de types ongevallen over de segmenten en de meest voorkomende type ongeval per segment. Het type VZW-ongevallen komt uiteraard enkel voor op de segmenten waar fietsers en voetgangers komen, nl. 2, 3, 6 en 7. Segmenten 3 en 6 hebben hierbij een licht overwicht (bij segment 6 is dit type zelfs het meest voorkomende type ongeval), wat kan betekenen dat het op- en afrijden van de rotonde gevaarlijker is als het oversteken van de fietsvoorzieningen die niet op de rotonde liggen. Dit wordt echter nog verder onderzocht in een volgend onderdeel, dit kan afhankelijk zijn van de vorm van de fietsvoorzieningen. Het is geen verrassing dat AR-ongevallen het vaakst voorkomen op segment 4. Ook dat kop-staart botsingen het dominante ongevalstype zijn op segmenten 1 en 2, is niet verwonderlijk. Kop-staart botsingen komen daarnaast nog voor op segment 5 en in mindere mate op segmenten 6 en 8. Ongevallen door verlies van controle (VC) zijn in alle segmenten terug te vinden, bij segment 6 zijn deze iets sterker vertegenwoordigd.

FIGUUR 20 VERDELING VAN TYPES ONGEVALLLEN PER SEGMENT



TABEL 11 MEEST VOORKOMENDE ONGEVALLENTYPE PER SEGMENT

Segment	Meest voorkomende ongevalentype	2 ^{de} meest voorkomend ongevalentype
1	KS (93%)	VC (5%)
2	KS (52%)	AH (19%)
3	VOR (68%)	VZW (19%)
4	AR (93%)	AH (6%)
5	KS (47%)	VC (28%)
6	VZW (32%)	VC (26%)
7	AH (37%)	VZW (37%)
8	AH (63%)	/
11	KS (50%)	/

III.3.3. INRICHTING VAN DE ROTONDE

a) Is er een verband tussen de ernst van een ongeval en de inrichting van de rotonde?

b) Is er een verband tussen het type ongeval en de inrichting van de rotonde?

c) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de inrichting van de rotonde?

In de databank werden op twee manieren de inrichting van de rotonde beschreven. Allereerst werd er voor iedere rotonde bekeken of dit een enkel- of dubbelstrooksrotonde was. Daarnaast werd ook een verdeling gemaakt tussen de verschillende types van inrichting wat betreft de fietspaden. Dayers & Nowicki (2009) maakten daarbij een onderscheid tussen 5 verschillende vormen van fietsvoorzieningen en associeerden deze met een cijfercode. Deze vormen zijn te zien in Tabel 12, samen met het aantal ongevallen dat per vorm terug te vinden is in de databank.

TABEL 12 BESCHRIJVING VAN DE VERSCHILLENDE TYPES ROTONDES

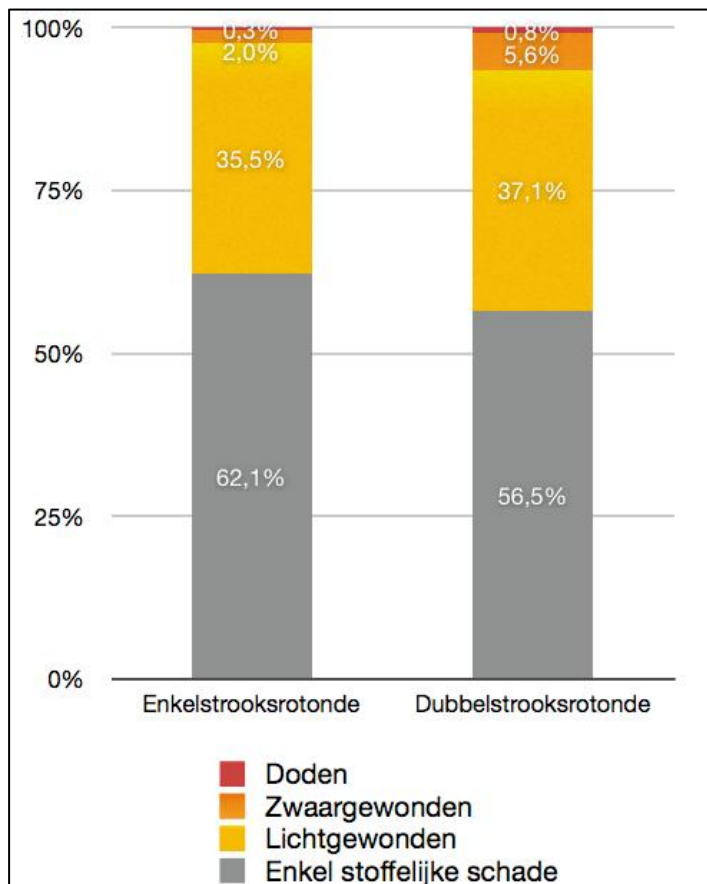
Code	Betekenis	Totaal aantal ongevallen	Percentage letselongevallen
1	Gemengd verkeer	21	43%
2	Aanliggende fietspaden	131	37%
3	Vrijliggende fietspaden met fietser in de voorrang (bij de rotonde)	14	36%
4	Vrijliggende fietspaden met fietser uit de voorrang (bij de rotonde)	124	28%
5	Vrijliggende fietspaden (ver van de rotonde, fietstunnels, grote groenvoorzieningen,...)	109	40%

Om dit verder te onderzoeken, zal hieronder verder worden gegaan over dit onderwerp met allereerst een analyse van verschillen tussen de enkel- en dubbelstrooksrotondes en daarna de verschillen tussen de verschillende vormen van fietsvoorzieningen.

ENKELSTROOKS- EN DUBBELSTROOKSROTONDES

Op Figuur 21 zijn de verschillen in ernst van ongevallen op enkel- en dubbelstrooksrotondes te zien. Er zijn enkele kleine verschillen op te merken, namelijk een groter aandeel letselongevallen in het algemeen. Er zijn in verhouding ook meer lichtgewonden en zwaargewonden op dubbelstrooksrotondes, al is dit verschil niet erg groot om van een echte trend te spreken. De resultaten uit de Chi²-test in Tabel 13 tonen overigens ook aan dat men niet kan spreken van een significant verschil tussen de twee types.

FIGUUR 21 VERSCHIL IN ERNST VAN ONGEVALLLEN TUSSEN ENKEL- EN DUBBELSTROOKSROTONDES



TABEL 13 VERDELING LETSELONGEVALLLEN VOOR ENKELSTROOKS- DUBBELSTROOKSRTONDES

Type rotonde	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie letselongevallen	X ²	p
Beide types	399	1	0,356		
Enkelstrooks	290	0,727	0,355	0,002	0,961
Dubbelstrooks	109	0,273	0,358	0,002	0,961

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie letselongevallen bij enkelstrooksrotondes is gelijk aan de proportie letselongevallen bij dubbelstrooksrotondes. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

Het zou echter te kort door de bocht zijn om gebaseerd op deze resultaten te stellen dat er geen verschillen zijn tussen ongevallen op enkelstrooks- en dubbelstrooksrotondes, daarom dat er verder op ingegaan wordt op het verschil in locatie van ongevallen voor de twee types. Tabel 14 en Tabel 15 laten de verdeling van de ongevallen per segment zien voor de enkel- en dubbelstrooksrotondes.

TABEL 14 VERDELING ONGEVALLEN PER SEGMENT VOOR ENKEL- EN DUBBELSTROOKSROTONDES

Segment	Enkelstrooks rotonde	Dubbelstrooks rotonde
1	63	2
2	34	18
3	59	16
4	53	30
5	24	8
6	26	27
7	24	3
8	3	5
11	4	0
Totaal	290	109

TABEL 15 VERDELING ONGEVALLEN OP ENKELSTROOKSROTONDES PER SEGMENT

Segment	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie enkelstrooksrotonde	X ²	p
Alle segmenten	399	1	0,727		
1	65	0,163	0,969	22,981	0,000
2	52	0,130	0,654	1,603	0,205
3	75	0,188	0,787	1,666	0,197
4	83	0,208	0,639	4,112	0,043
5	32	0,080	0,750	0,094	0,759
6	53	0,133	0,491	17,181	0,000
7	27	0,068	0,889	3,831	0,050
8	8	0,020	0,375	5,089	0,024
11	4	0,010	1,000	1,519	0,218

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie ongevallen op enkelstrooksrotondes van een segment is gelijk aan de proportie ongevallen op enkelstrooksrotondes voor alle andere segmenten. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

Er zijn toch een aantal belangrijke verschillen op te merken:

Segment 1

Bij enkelstrooksrotondes gebeurden er opmerkelijk veel ongevallen, maar op dubbelstrooksrotondes gebeurden er bijna geen. Dit zorgt ervoor dat op dit segment significant meer ongevallen gebeuren op enkelstrooksrotondes dan op dubbelstrooksrotondes (zie Tabel 15). Een mogelijke verklaring kan zijn dat dubbelstrooksrotondes vaak groter en duidelijker aangeduid zijn, wat er voor kan zorgen

dat er minder onverwachte remmanoeuvres gebeuren die kop-staart botsingen kunnen veroorzaken.

Segmenten 2 en 3

Zowel op enkelstrooksrotondes als op dubbelstrooksrotondes gebeurden er op dit segment heel wat ongevallen. De Chi²-test toont aan dat er geen significant verschil is tussen enkelstrooks- en dubbelstrooksrotondes wat betreft ongevallen. Het valt wel op bij Figuur 22 en Figuur 23 dat bij segment 3 op enkelstrooksrotondes erg veel letselongevallen gebeuren in vergelijking met dubbelstrooksrotondes. Om te onderzoeken of deze vaststelling terecht is, werd er voor dit segment een aparte Chi²-test uitgevoerd. Deze had als resultaat: $X^2(1, N = 142) = 6,733, p = 0,009$, wat betekent dat bij dit segment een significant meer letselongevallen gebeuren op enkelstrooksrotondes. Aangezien 24% van alle letselongevallen op enkelstrooksrotondes op segment 3 gebeuren, kan men met zekerheid stellen dat er zeker de nodige aandacht aan dit segment moet besteed worden op enkelstrooksrotondes. Een mogelijke verklaring van de vele letselongevallen kan opnieuw de zichtbaarheid van de rotonde zijn en eventueel een grotere voorzichtigheid (of meer aandacht) van bestuurders wanneer ze een dubbelstrooksrotonde oprijden.

Segment 4

Er gebeuren in vergelijking meer ongevallen op dubbelstrooksrotondes en deze zijn tevens vaak veel ernstiger dan op enkelstrooksrotondes. Tabel 15 toont aan dat deze verschillen significant zijn. Ongevallen op segment 4 zijn vooral aanrijding van de rotonde. Dubbelstrooksrotondes hebben vaak een hogere aanrijdsnelheid en een grote of robuuste constructie omdat ze op drukkere verkeersknooppunten liggen. Bij aanrijdingen van de rotonde is het dus evident dat op een dubbelstrooksrotonde zwaardere ongevallen gebeuren dan op een kleinere enkelstrooksrotonde.

Segment 6

Er gebeuren significant meer ongevallen op dubbelstrooksrotondes, maar deze zijn voornamelijk ongevallen met stoffelijke schade zoals te zien op Figuur 23. Op enkelstrooksrotondes gebeuren er meer letselongevallen dan stoffelijke schade (Figuur 22). Dit segment kent een grote verscheidenheid in type ongevallen (VZW, VC, WB, KS, AH,...). Uit Tabel 16 kan men door twee vaststellingen aantonen dat deze verscheidenheid aan de basis ligt van dit verschil. Ten eerste overheersen VZW-

ongevallen bij enkelstrooksrotondes. Dit verklaart voor een groot deel al het grote aantal letselongevallen in dit segment aangezien onder de VZW-ongevallen significant meer letselongevallen zijn. Ten tweede is bij de dubbelstrooksrotondes 37% van de ongevallen een WB-ongeval. In Tabel 10 werd vastgesteld dat bij dit type ongeval significant minder letselongevallen gebeuren.

TABEL 16 VERSCHIL IN TYPES ONGEVALLLEN VOOR SEGMENT 6

Type ongeval	Enkel	Dubbel
KS	15%	4%
VOR	4%	4%
VZW	65%	0%
VC	4%	48%
AH	12%	7%
WB	0%	37%
Totaal	100%	100%

Segment 7

Significant meer ongevallen op enkelstrooksrotondes, een verklaring is hiervoor echter niet dadelijk te vinden.

Segment 8

Tabel 15 geeft aan dat er significant minder ongevallen gebeuren op enkelstrooksrotondes. Dit resultaat is zeer opmerkelijk aangezien dit segment slechts 8 ongevallen had in de databank. Enige terughoudendheid is dus geboden om hieruit verdere conclusies te trekken.

FIGUUR 22 VERDELING ONGEVALLEN MET STOFFELIJKE SCHADE EN LETSELONGEVALLEN PER SEGMENT (ENKELSTROOKSROTONDE)



FIGUUR 23 VERDELING ONGEVALLEN MET STOFFELIJKE SCHADE EN LETSELONGEVALLEN PER SEGMENT (DUBBELSTROOKSROTONDE)



VORM VAN DE FIETSVORZIENINGEN

In Tabel 12 is te zien dat vormen 2, 4 en 5 nemen hierbij de meeste ongevallen voor hun rekening, 1 en 3 hebben maar een klein aantal ongevallen, wat betekent dat de verdere analyse van deze vormen van fietsvoorzieningen minder betrouwbaar zal zijn door de kleine steekproef. Eveneens in de tabel terug te vinden is het percentage letselongevallen. Van de drie vormen met de meeste ongevallen (2, 4 en 5) blijken degenen met de vrijliggende fietspaden uit de voorrang het veiligst met 28% letselongevallen. Daarna volgen de aanliggende fietspaden met 37%. Tabel 17 geeft aan dat rotondes met vrijliggende fietspaden met fietsers uit de voorrang significant minder letselongevallen kennen dan de andere vormen. Vorm 5 heeft duidelijk het grootste aandeel letselongevallen (40%), al kan dit voor een deel liggen aan de eerder besproken rapportage. 13 van de 14 ongevallen van politiezone Lommel waren namelijk letselongevallen en al deze ongevallen gebeurden op dezelfde dubbelstrooksrotonde. De 85 ongevallen in politiezone HaZoDi waren echter ook allemaal op één dubbelstrooksrotonde en hier waren er slechts 28% letselongevallen. Er is dus sprake van een zekere afwijking in de gegevens, de Chi²-test geeft dan ook geen significante resultaten voor dit type. Voor de verdere analyse zullen enkel type 2, 4 en 5 worden besproken, aangezien voor de andere twee types de steekproef te klein is.

TABEL 17 VERDELING VAN ONGEVALLEN OVER DE VERSCHILLENDE VORMEN VAN FIETSVORZIENINGEN

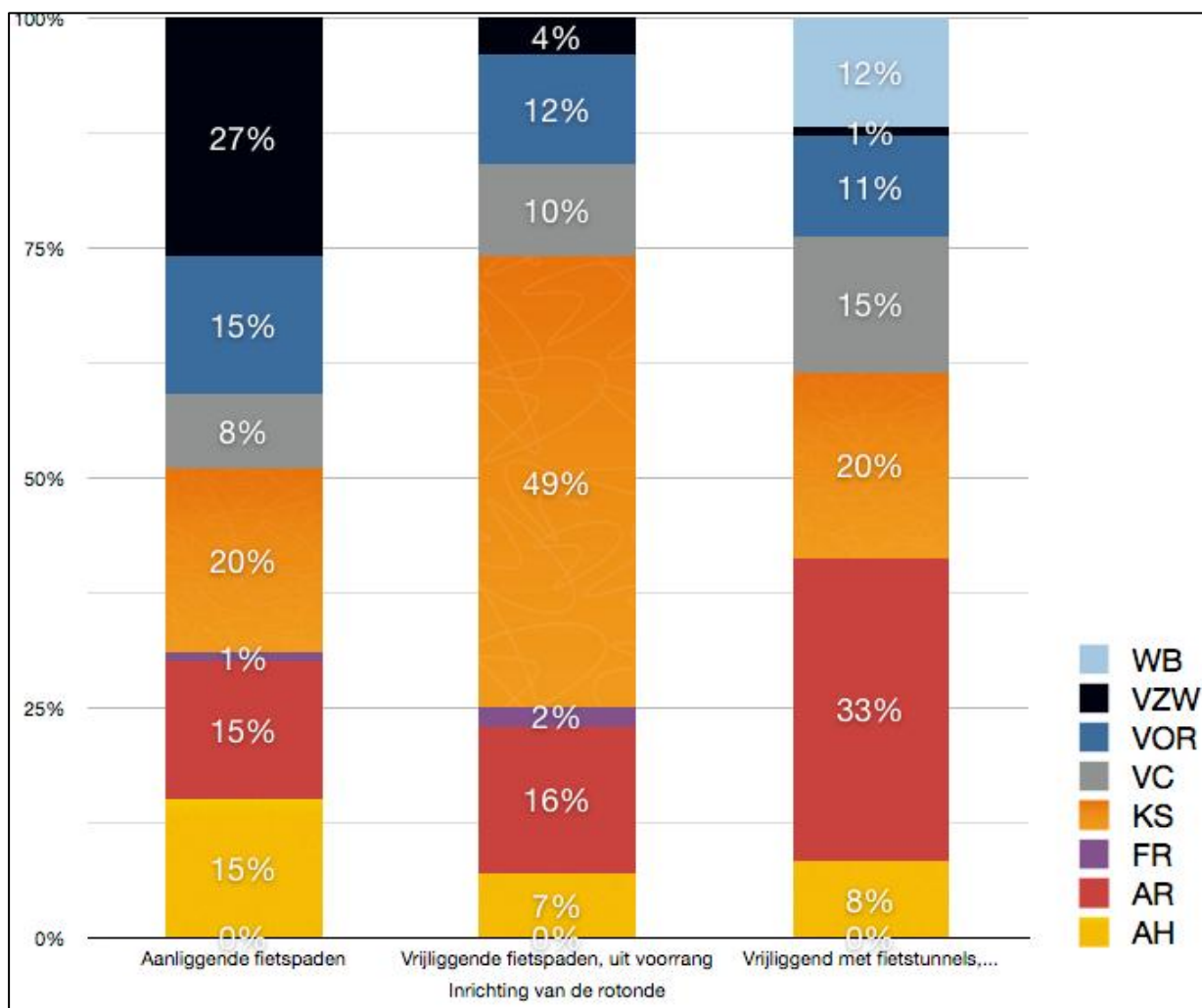
Vorm van de fietsvoorzieningen	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie letselongevallen	X ²	p
Alle vormen	399	1	0,356		
1	21	0,053	0,429	0,551	0,475
2	131	0,328	0,374	0,280	0,596
3	14	0,035	0,357	0,000	0,992
4	124	0,311	0,282	4,255	0,039
5	109	0,273	0,404	1,494	0,222

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie letselongevallen van een vorm van fietsvoorzieningen is gelijk aan de proportie letselongevallen bij alle andere vormen van fietsvoorzieningen. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

Om te onderzoeken of de verschillende vormen van fietsvoorzieningen invloed hebben op het type ongeval, zijn op Figuur 24 de verdelingen van types ongevallen voor ieder van de 3 meest voorkomende vormen van fietsvoorzieningen. Op basis van de figuur en de tabellen kunnen we enkele verbanden ontdekken tussen de types ongevallen en de vorm van de fietsvoorzieningen, nl.:

- Vorm 2: Aanliggende fietspaden:
 - VZW-ongevallen vertegenwoordigen meer dan 1 op 4 ongevallen bij vorm 2 (aanliggende fietspaden), weinig tot geen ongevallen bij vorm 4 en 5 (vrijliggende fietspaden). Het is duidelijk dat voor dit type ongeval aanliggende fietspaden significant onveiliger zijn dan vrijliggende fietspaden (Tabel 18, kolom VZW)
- Vorm 4: Vrijliggende fietspaden uit de voorrang:
 - KS-ongevallen vertegenwoordigen bij vorm 4 (vrijliggende fietspaden met fietsers uit de voorrang) de helft van de ongevallen, terwijl dit bij de andere twee vormen 20% is. De Chi²-test toont aan dat dit een significant verschil is bij alle vormen van fietsvoorzieningen. In tegenstelling tot bij vorm 4 zijn er bij vorm 2 en 5 zijn er minder KS-ongevallen dan verwacht. Mogelijke verklaring voor het hoge aantal KS-ongevallen bij vorm 4 is de hoeveelheid rembewegingen bij dit type rotonde, aangezien autobestuurders hier vaker buiten de rotonde (m.a.w. in segmenten 1, 2, 6 en 7) geconfronteerd worden met fietsers.
- Vorm 5: Vrijliggende fietspaden (ver van de rotonde: fietstunnels, grote groenvoorzieningen, ...)
 - AR-ongevallen vertegenwoordigen bij type 5 (vrijliggende fietspaden ver van de rotonde, fietstunnels) 33% van de ongevallen tegenover 15% en 16% voor de andere types. Uit de Chi²-test (Tabel 19) blijkt dat dit een significant verschil is. Dit is niet ongevoel aangezien dit vaak grotere rotondes betreft met hoge intensiteiten en hoge aanrijshnelheden.
 - WB-ongevallen gebeuren enkel bij deze vorm. De resultaten van Tabel 20 geven logischerwijs ook aan dat er een significant verschil is met de andere vormen.

FIGUUR 24 VERDELING ONGEVALLEN PER TYPE ONGEVAL EN VORM VAN DE FIETSVOORZIENINGEN



TABEL 18 VERDELING TYPE ONGEVALLEN VOOR VORM 2 (AANLIGGENDE FIETSPADEN)

Type ongeval	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie ongevallen op Vorm 2	X ²	p
Alle types	399	1	0,328		
AH	42	0,105	0,145	3,276	0,070
AR	79	0,198	0,145	3,444	0,063
FR	4	0,010	0,008	0,112	0,737
KS	115	0,288	0,198	7,657	0,006
VC	42	0,105	0,084	0,939	0,333
VOR	53	0,133	0,145	0,252	0,615
VZW	51	0,128	0,275	37,799	0,000
WB	13	0,033	0,000	6,568	0,010

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie per type ongeval van vorm 2 is gelijk aan de proportie per type ongeval van alle andere vormen. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

TABEL 19 VERDELING TYPE ONGEVALLEN VOOR VORM 4 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN UIT DE VOORRANG)

Type ongeval	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie ongevallen op Vorm 4	X ²	p
Alle types	399	1	0,311		
AH	42	0,105	0,073	2,040	0,153
AR	79	0,198	0,161	1,526	0,217
FR	4	0,010	0,012	0,675	0,411
KS	115	0,288	0,492	36,395	0,000
VC	42	0,105	0,097	0,138	0,711
VOR	53	0,133	0,121	0,220	0,639
VZW	51	0,128	0,040	12,355	0,000
WB	13	0,033	0,000	6,059	0,014

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie per type ongeval van vorm 4 is gelijk aan de proportie per type ongeval van alle andere vormen. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

TABEL 20 VERDELING TYPE ONGEVALLEN VOOR VORM 5 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN VER VAN DE ROTONDE (FIETSTUNNELS, GROTE GROENVOORZIENINGEN, ...))

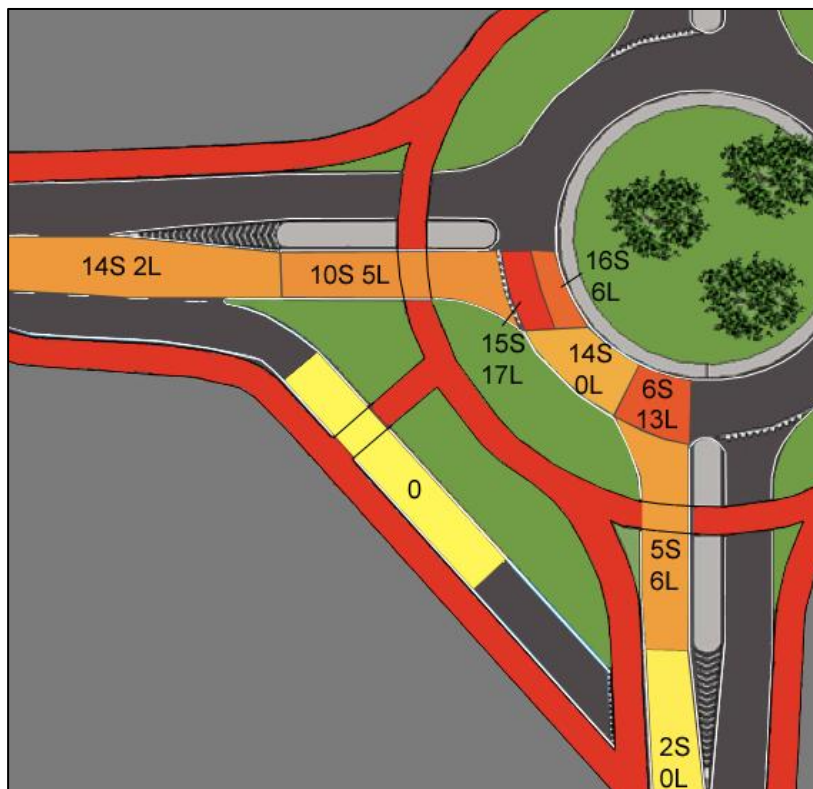
Type ongeval	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie ongevallen op Vorm 3	X ²	p
Alle types	399	1	0,273		
AH	42	0,105	0,083	0,820	0,365
AR	79	0,198	0,330	16,526	0,000
FR	4	0,010	0,000	1,519	0,218
KS	115	0,288	0,202	5,455	0,020
VC	42	0,105	0,147	2,746	0,098
VOR	53	0,133	0,110	0,673	0,412
VZW	51	0,128	0,009	18,936	0,000
WB	13	0,033	0,119	35,752	0,000

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie per type ongeval van vorm 5 is gelijk aan de proportie per type ongeval van alle andere vormen. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

De vorm van de fietsvoorzieningen hebben eveneens effect op de locatie van een ongeval. Aan de hand van Figuur 25, Figuur 26 en Figuur 27 kan men het volgende besluiten:

- Vorm 2 heeft de meeste ongevallen op segment 3 en 6.
- Vorm 4 heeft opvallend veel ongevallen op segment 1.
- Vorm 5 heeft de meeste ongevallen op segment 4.

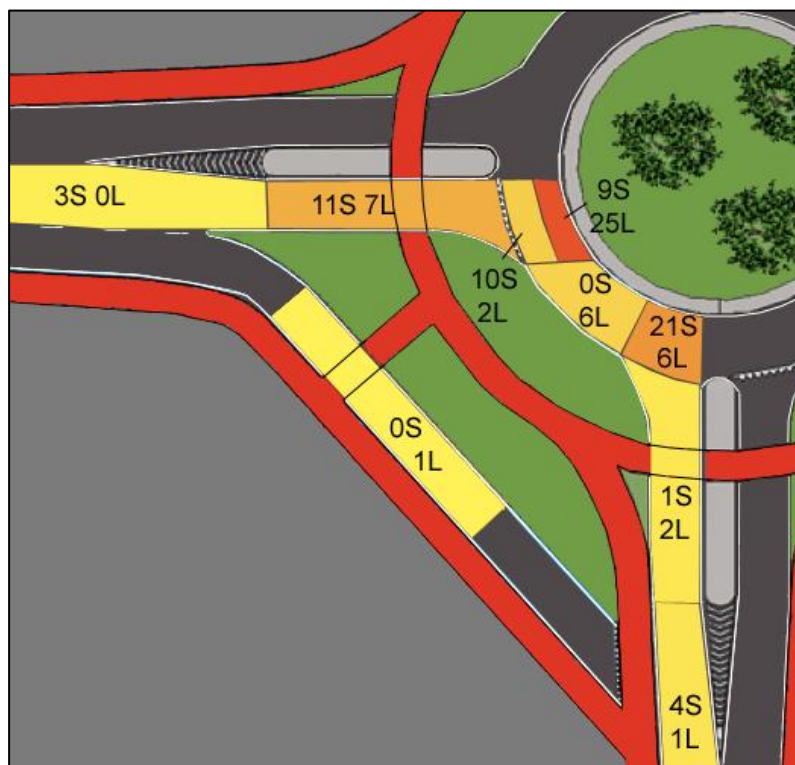
FIGUUR 25 VERDELING ONGEVALLEN PER SEGMENT (VORM 2: AANLIGGENDE FIETSPADEN)



FIGUUR 26 VERDELING ONGEVALLEN PER SEGMENT (VORM 4: VRIJLIGGENDE FIETSPADEN, UIT VOORRANG)



FIGUUR 27 VERDELING ONGEVALLEN PER SEGMENT (VORM 5: VRIJLIGGENDE FIETSPADEN, VER VAN DE ROTONDE)



III.3.4. BETROKKEN WEGGEBRUIKERS

a) Bij welke weggebruikers is de ernst van de ongevallen het hoogst?

In het algemeen zijn ongevallen waarbij zwakke weggebruikers betrokken zijn vaak ernstiger dan ongevallen met enkel voertuigen. Uit Figuur 28 en Tabel 22 blijkt dat dit ook voor rotondes zo is, bij ongevallen tussen auto's en fietsers zijn er namelijk 77% letselongevallen.

Voor ongevallen met enkel auto's is het percentage letselongevallen kleiner maar er is wel een verschil tussen de eenzijdige ongevallen en de ongevallen tussen twee auto's, eenzijdige ongevallen hebben een iets hoger percentage letselongevallen. Uit Tabel 22 blijkt echter dat ongevallen er tussen twee auto's significant minder letselongevallen gebeuren, maar dat er niet significant meer letselongevallen gebeuren bij eenzijdige auto-ongevallen. Het verschil tussen deze twee categorieën blijft evenwel relatief betekenisvol, zeker als men rekening houdt met Tabel 21, die indiceert dat er per ongeval meer lichtgewonden en zwaargewonden vallen bij eenzijdige ongevallen met auto's.

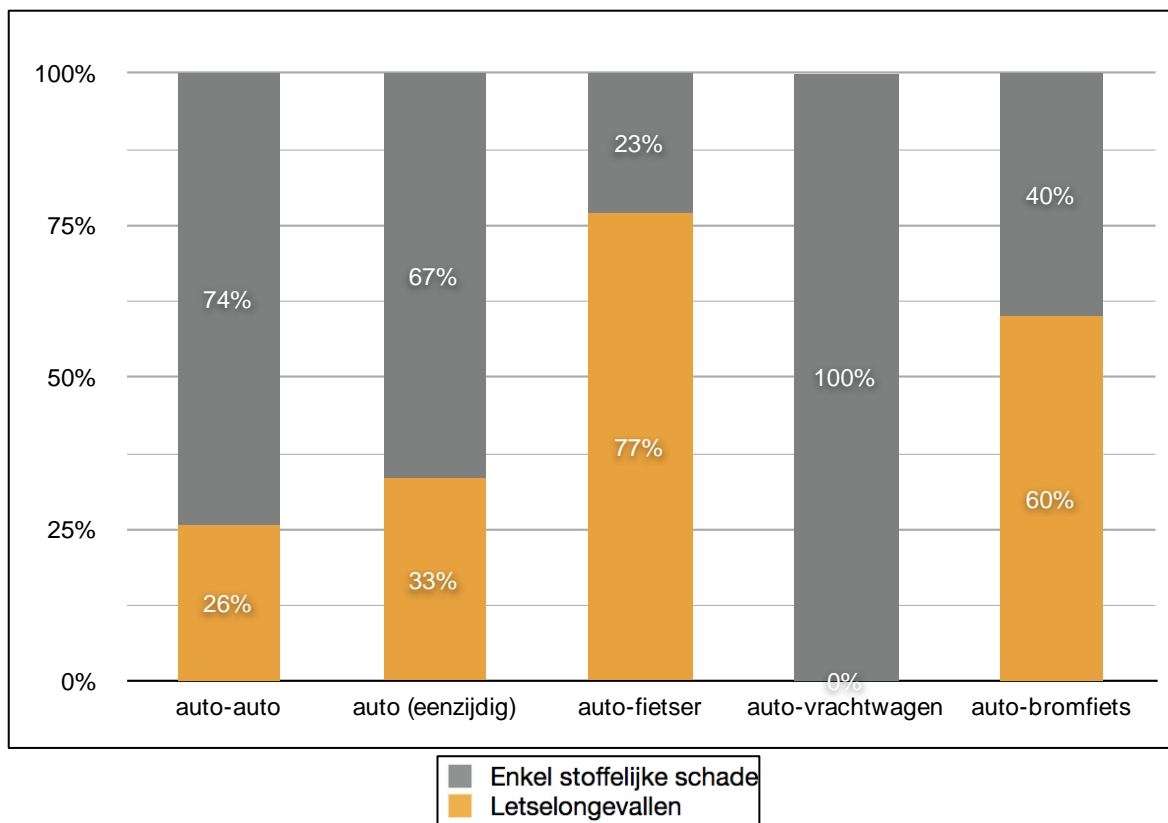
TABEL 21 VERDELING LICHTGEWONDEN EN ZWAARGEWONDEN TUSSEN TWEE DOMINANTE TYPES VAN ONGEVALLEN MET AUTO'S

Type-auto-ongeval	Totaal aantal ongevallen	Totaal aantal lichtgewonden	Aantal lichtgewonden per ongeval	Totaal aantal zwaargewonden	Aantal zwaargewonden per ongeval
Eenzijdige auto-ongevallen	114	43	0,377	6	0,053
Ongevallen tussen twee of meer auto's	179	58	0,324	3	0,017

Ongevallen waarbij minstens één motorrijder betrokken is, blijken eveneens vaker een letselongeval te zijn. Dit is zeker geen verrassing aangezien motorrijders in het algemeen een risicogroep zijn in het verkeer.

Opvallend zijn de ongevallen tussen auto en vrachtwagen, waarbij geen enkel letselongeval werd opgetekend. Intuïtief kan men echter wel zeggen dat de oprijpsnelheid van vrachtwagens op rotondes vaak zeer laag is, dit zou de ernst van ongeval sterk kunnen verminderen.

FIGUUR 28 VERDELING LETSELONGEVALLEN PER BETROKKEN WEGGEBRUIKERS



TABEL 22 VERDELING LETSELONGEVALLEN PER BETROKKEN WEGGEBRUIKERS

Betrokken weggebruikers	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie letselongevallen	X ²	p
Alle weggebruikers	399	1	0,356		
Auto-auto	179	0,449	0,257	13,854	0,000
Auto (eenzijdig)	114	0,286	0,333	0,354	0,552
Auto-fietser	39	0,098	0,769	32,216	0,000
Auto-vrachtwagen	17	0,043	0,000	9,811	0,002
Auto-bromfiets	10	0,025	0,600	2,666	0,102
Minstens 1 motorfiets	11	0,028	0,636	3,882	0,049

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie letselongevallen per betrokken weggebruikers is gelijk aan de proportie letselongevallen van alle andere ongevallen. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

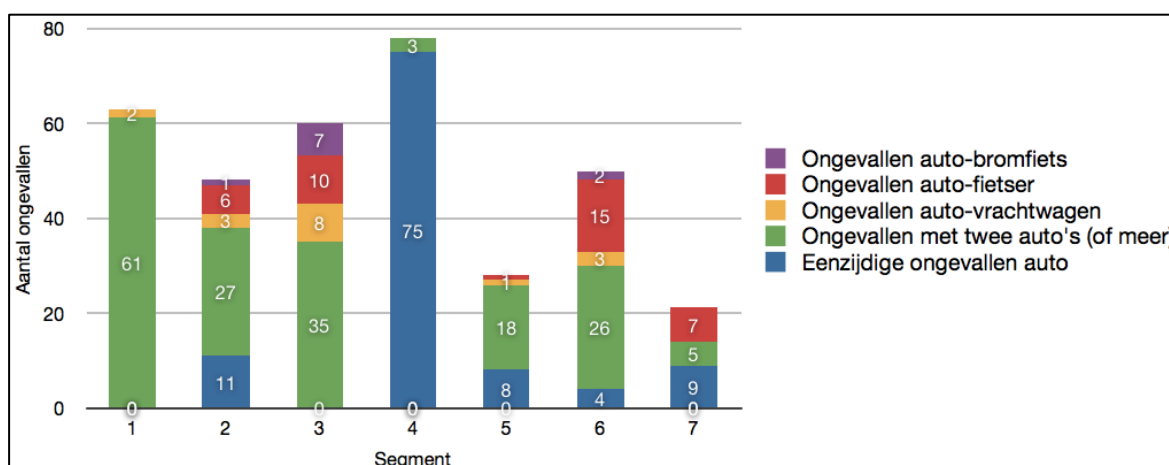
b) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de betrokken weggebruikers?

Figuur 29 toont aan dat er enkele verbanden zijn wat betreft de locatie van een ongeval en de betrokken weggebruikers:

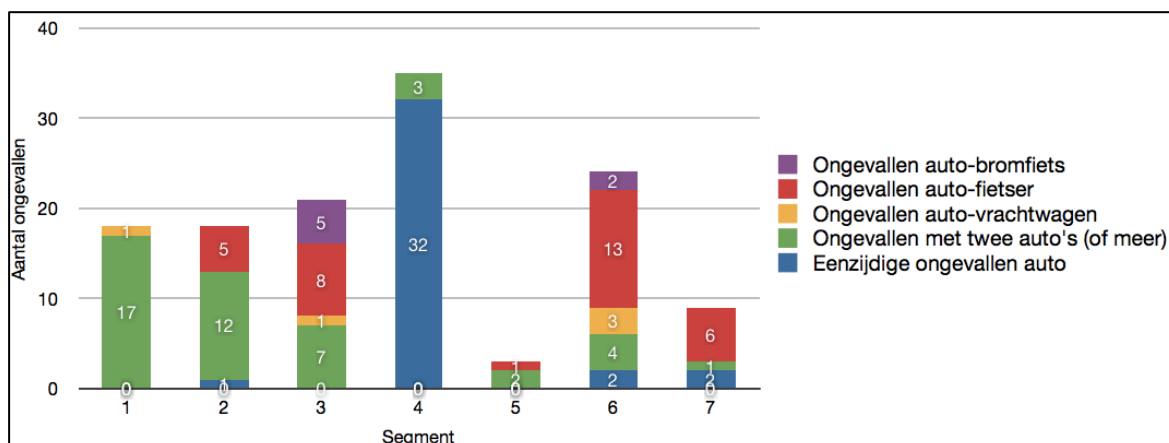
- Segment 1: 61 van de 63 ongevallen zijn ongevallen waarbij enkel auto's betrokken zijn. Dit is geen verrassing aangezien bijna alle ongevallen in dit segment kop-staartbotsingen zijn.
- Segmenten 2,3,6,7: Enkel bij deze segmenten gebeurden er ongevallen met fietsers, want bijna enkel op deze segmenten komen fietsers in contact met andere weggebruikers. Op segmenten 3,6 en 7 zijn ongevallen tussen auto en fietser het meest voorkomende letselongeval.
- Segment 3:
 - o In dit segment gebeuren er significant meer ongevallen met bromfietsers ($X^2(1, N = 399) = 22,393, p = 0,000$).
 - o Ook ongevallen met vrachtwagens gebeuren significant meer in dit segment dan in andere segmenten ($X^2(1, N = 399) = 16,345, p = 0,000$).
- Segment 4: 75 van de 78 ongevallen zijn eenzijdige auto-ongevallen. 93% van de ongevallen in dit segment zijn aanrijdingen met de rotonde, dit is dus logisch dat dit allemaal eenzijdige auto-ongevallen zijn.

Figuur 30 toont aan dat voor letselongevallen dezelfde verbanden gelden.

FIGUUR 29 VERDELING VAN ALLE ONGEVALLEN MET BEPAALDE BETROKKEN WEGGEBRUIKERS PER SEGMENT



FIGUUR 30 VERDELING VAN DE LETSELONGEVALLEN MET BEPAALDE BETROKKEN WEGGEBRUIKERS PER SEGMENT



c) Is er een verband tussen het type ongeval en de betrokken weggebruikers?

Aangezien uit ieder ongevallentype af te leiden valt welke weggebruikers hierbij betrokken zouden kunnen zijn, worden er geen opvallende resultaten verwacht. Tabel 23 bevestigt dit vermoeden, er is namelijk steeds één groep weggebruikers die sterk betrokken is bij dat bepaald type ongeval. Bij de opmerkingen zien we dat ongevallen met motorrijders vooral AR- en VOR-ongevallen zijn.

TABEL 23 MEEST BETROKKEN WEGGEBRUIKERS PER TYPE ONGEVAL

Type ongeval	Totaal aantal ongevallen	Betrokken weggebruikers	Opmerkingen
AH	42	79% eenzijdige ongevallen (auto)	
AR	79	91% eenzijdige ongevallen (auto)	3 motorrijders betrokken (1 dode en 1 lichtgewonde)
FR	4	100% ongevallen met twee auto's	
KS	115	92% ongevallen met twee auto's	
VC	42	57% ongevallen met twee auto's	
VOR	53	60% ongevallen met twee auto's	4 motorrijders betrokken (1 zwaargewonde en 1 lichtgewonde), 8 vrachtwagens betrokken
VZW	51	75% ongevallen auto-fietser	4 voetgangers betrokken
WB	13	77% ongevallen met twee auto's	

d) Is er een verband tussen de inrichting van de rotonde en de betrokken weggebruikers?

Bij deze onderzoeksvraag zullen enkel de inrichtingen of vormen van fietsvoorzieningen 2, 4 en 5 besproken worden omwille van de steekproefgrootte, net zoals in onderdeel 'Vorm van de fietsvoorzieningen' bij 'III.3.3. Inrichting van de rotonde'.

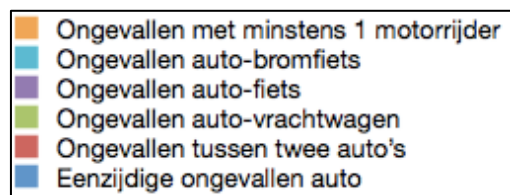
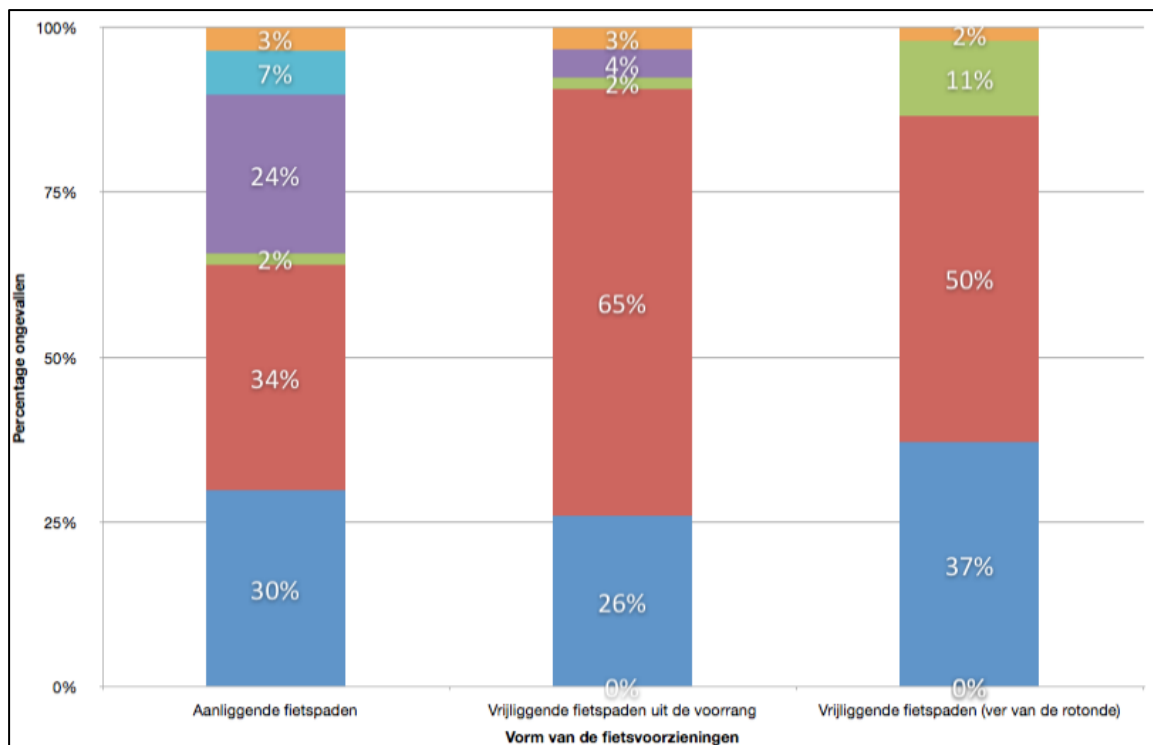
Figuur 31 toont aan dat er zeker een aantal verschillen zijn tussen de verschillende vormen van fietsvoorzieningen wat betreft de betrokken weggebruikers:

- Rotondes met aanliggende fietspaden hebben een lager aantal ongevallen tussen twee auto's en een sterk verhoogd aantal ongevallen tussen auto en fietser. Ongevallen tussen auto en bromfiets komen enkel op deze rotonde voor.
- Rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang kennen meer ongevallen tussen twee auto's.
- Rotondes met vrijliggende fietspaden ver van de rotonde kennen meer ongevallen tussen auto en vrachtwagen.
- Ongevallen tussen auto en fietser komen veel minder voor op rotondes met vrijliggende fietspaden (zowel vorm 4 als 5).

Tabel 24, Tabel 25 en Tabel 26 bevestigen al deze vaststellingen:

- Vorm 2 kent significant meer ongevallen auto-fiets en auto-bromfiets en significant minder ongevallen tussen twee auto's.
- Vorm 4 kent significant minder ongevallen auto-fiets en auto-bromfiets en significant meer ongevallen tussen twee auto's.
- Vorm 5 kent significant minder ongevallen auto-fiets en auto-bromfiets en significant meer ongevallen auto-vrachtwagen.

FIGUUR 31 VERDELING BETROKKEN WEGGEBRUIKERS PER VORM VAN FIETSVORZIENINGEN



TABEL 24 VERDELING BETROKKEN WEGGEBRUIKERS VOOR VORM 2 (AANLIGGENDE FIETSPADEN)

Betrokken weggebruikers	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie het ongevallen Vorm 2	X ² op	p
Alle ongevallen	399	1	0,328		
Minstens 1 motorrijder	11	0,028	0,031	0,064	0,800
Auto-bromfiets	10	0,025	0,061	10,348	0,001
Auto-fiets	39	0,098	0,214	29,756	0,000
Auto-vrachtwagen	17	0,043	0,015	3,574	0,059
Auto-auto	179	0,449	0,305	16,186	0,000
Eenzijdig auto	114	0,286	0,267	0,328	0,567

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie per betrokken weggebruikers bij vorm 2 is gelijk aan de proportie betrokken weggebruikers van alle andere vormen. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

TABEL 25 VERDELING BETROKKEN WEGGEBRUIKERS VOOR VORM 4 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN UIT DE VOORRANG)

Betrokken weggebruikers	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie het ongevallen Vorm 4	X ² op	p
Alle ongevallen	399	1	0,311		
Minstens 1 motorrijder	11	0,028	0,032	0,148	0,701
Auto-bromfiets	10	0,025	0,000	4,625	0,032
Auto-fiets	39	0,098	0,040	6,727	0,009
Auto-vrachtwagen	17	0,043	0,043	3,092	0,079
Auto-auto	179	0,449	0,621	21,604	0,000
Eenzijdig auto	114	0,286	0,250	1,124	0,289

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie per betrokken weggebruikers bij vorm 4 is gelijk aan de proportie betrokken weggebruikers van alle andere vormen. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

TABEL 26 VERDELING BETROKKEN WEGGEBRUIKERS VOOR VORM 5 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN VER VAN DE ROTONDE (FIETSTUNNELS, GROTE GROENVOORZIENINGEN, ...))

Betrokken weggebruikers	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie het ongevallen Vorm 5	X ² op	p
Alle ongevallen	399	1	0,273		
Minstens 1 motorrijder	11	0,028	0,018	0,476	0,490
Auto-bromfiets	10	0,025	0,000	3,855	0,050
Auto-fiets	39	0,098	0,000	16,247	0,000
Auto-vrachtwagen	17	0,043	0,110	16,744	0,000
Auto-auto	179	0,449	0,477	0,490	0,484
Eenzijdig auto	114	0,286	0,358	3,818	0,051

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie per betrokken weggebruikers bij vorm 5 is gelijk aan de proportie betrokken weggebruikers van alle andere vormen. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

III.3.5. LICHTGESTELDHEID

a) Is er een verband tussen het aantal ongevallen en de lichtgesteldheid?

b) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de lichtgesteldheid?

Tabel 27 laat zien dat het verschil tussen het aantal ongevallen overdag en 's nachts niet zo groot is. Aangezien het aantal voertuigkilometers hoger is overdag, zou men hieruit kunnen afleiden dat er relatief gezien meer ongevallen op rotondes gebeuren als het donker is. Door een gebrek aan cijfers over de intensiteiten op de rotondes in kwestie, is het echter niet mogelijk om dit met concrete cijfers te ondersteunen. Als men naar het verschil in ernst van de ongevallen per lichtgesteldheid gaat kijken, zijn er geen grote verschillen op te merken. De statistische testen geven ook geen enkele indicatie dat dit het geval zou zijn.

TABEL 27 VERDELING VAN HET AANTAL ONGEVALLEN PER LICHTGESTELDHEID EN ERNST

Lichtgesteldheid	Aantal ongevallen	Proportie het totaal	van	Proportie letselongevallen	χ^2	p
Alle ongevallen	399	1		0,356		
Dag	198	0,496		0,389	1,867	0,172
Nacht	155	0,388		0,348	0,062	0,803
Schemering	19	0,048		0,263	0,748	0,387

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H_0 : proportie letselongevallen bij een bepaalde lichtgesteldheid is gelijk aan de proportie letselongevallen bij alle andere lichtgesteldheden. H_0 wordt verworpen wanneer $p \leq 0,05$.

c) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de lichtgesteldheid?

Vervolgens is er gekeken naar de verdeling van de ongevallen naargelang de plaats op de rotonde aan de hand van de eerder besproken segmenten. Mogelijk is een rotonde minder zichtbaar in het donker, waardoor deze te laat opgemerkt wordt en er uiteindelijk tegen gereden wordt.

Figuur 32 en Figuur 33 geven de verdelingen weer per segment voor respectievelijk de ongevallen met stoffelijke schade en letselongevallen. Er zijn opmerkelijk veel ongevallen 's nachts op segment 4 (80%), terwijl de verhoudingen bij de andere segmenten min of meer gelijk zijn, nl. 70 tot 75% van de ongevallen gebeuren hier overdag. Het is dus logisch dat er volgens de Chi²-test uit Tabel 28 veel meer aanrijdingen met de rotonde gebeuren wanneer het donker wordt. Mogelijk zijn rotondes minder zichtbaar in het donker, waardoor deze te laat opgemerkt wordt en er uiteindelijk tegenaan gereden wordt.

Bij segmenten 3 en 6 gebeuren dan weer significant meer ongevallen overdag. Voor de segmenten 1,2,5,7,8 en 11 zijn er geen significante verschillen met de normale verdeling op te merken. Figuur 33 geeft aan dat voor de letselongevallen dezelfde trends gelden.

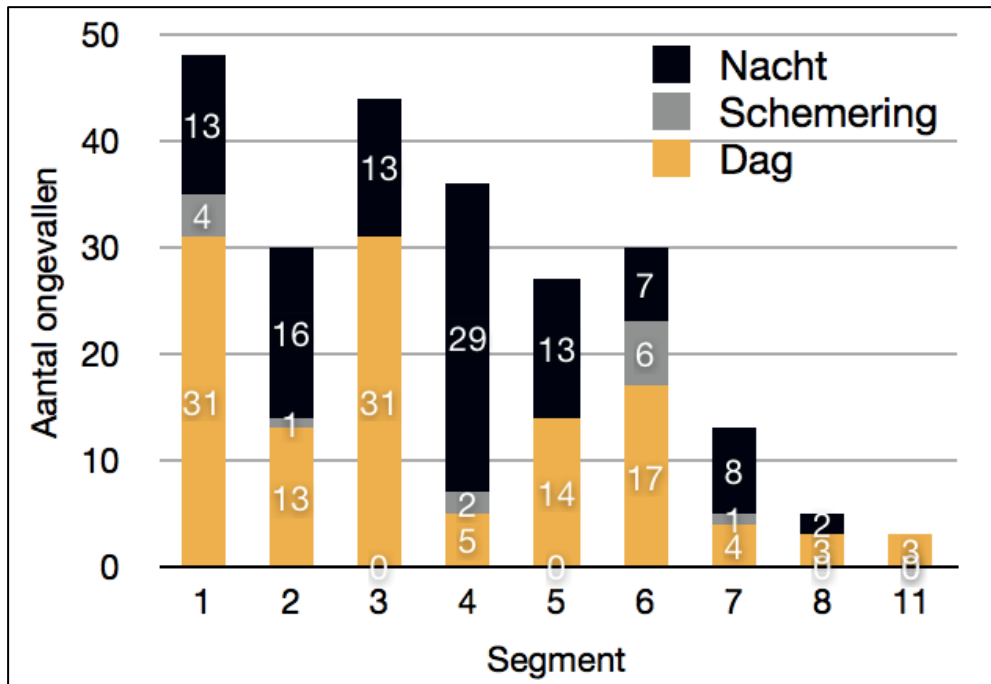
Figuur 34 dient als ondersteuning om de uiteindelijke conclusie duidelijk weer te geven met een visuele voorstelling van de resultaten.

TABEL 28 VERDELING VAN ONGEVALLEN NAAR LICHTGESTELDHEID EN PER SEGMENT

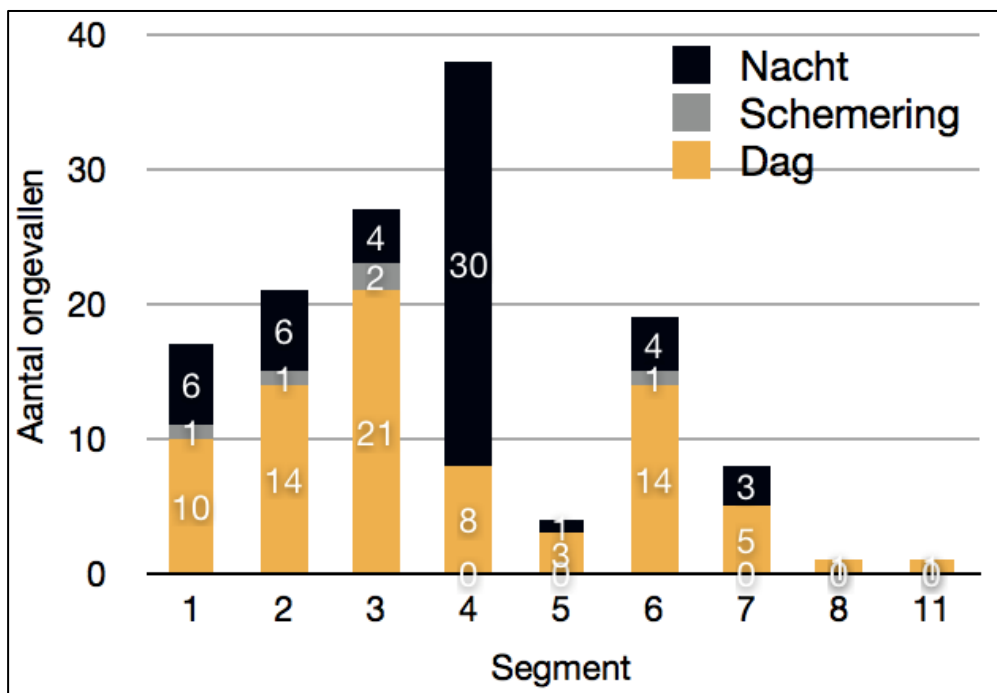
Segment	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie ongevallen 's nachts	X ²	p
Alle segmenten	399	1	0,388		
1	65	0,163	0,292	3,023	0,082
2	52	0,130	0,431	0,301	0,583
3	75	0,188	0,239	10,179	0,001
4	83	0,208	0,797	45,846	0,000
5	32	0,080	0,452	0,352	0,553
6	53	0,133	0,224	8,421	0,004
7	27	0,068	0,524	0,044	0,834
8	8	0,020	0,333	0,659	0,417
11	4	0,010	0,000	2,567	0,109

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie ongevallen 's nachts per segment is gelijk aan de proportie ongevallen 's nachts bij alle andere segmenten. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

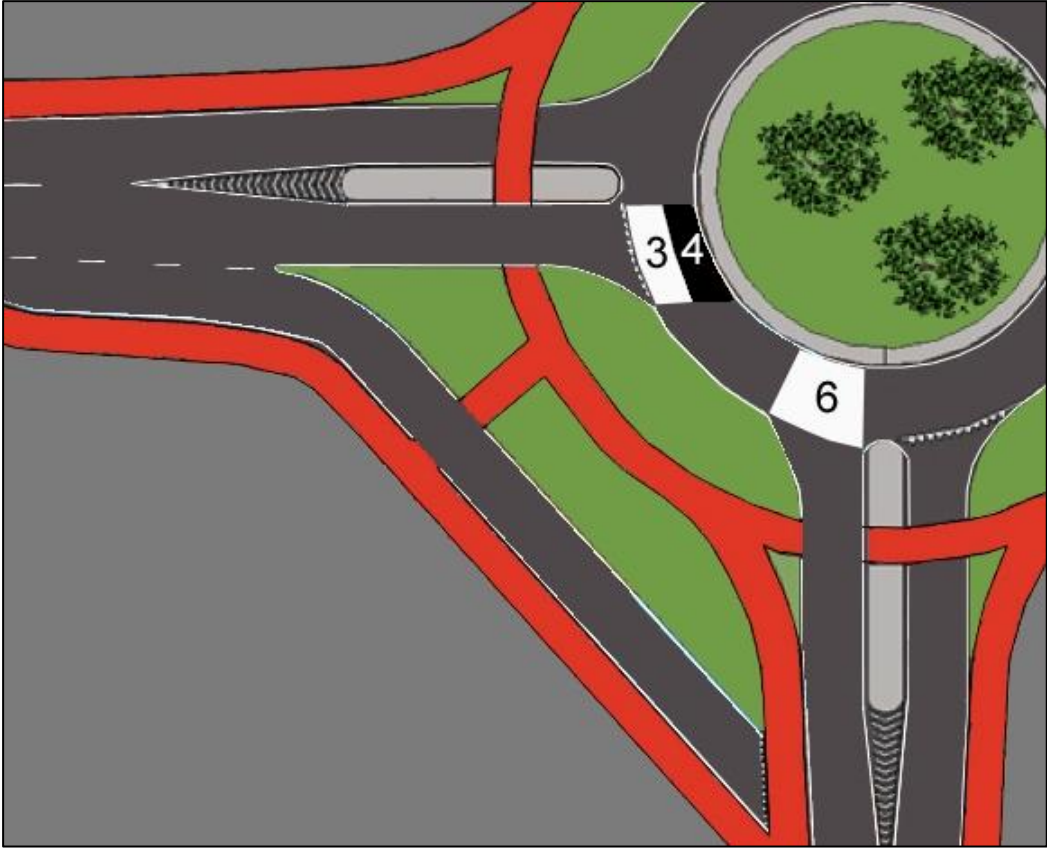
FIGUUR 32 VERDELING VAN DE ONGEVALLEN PER LICHTGESTELDHEID NAARGELANG DE PLAATS OP DE ROTONDE (VOOR ONGEVALLEN MET STOFFELIJKE SCHADE)



FIGUUR 33 VERDELING VAN DE ONGEVALLEN PER LICHTGESTELDHEID NAARGELANG DE PLAATS OP DE ROTONDE (VOOR LETSELONGEVALLEN)



FIGUUR 34 AANDUIDING VAN DE SEGMENTEN MET SIGNIFICANT MEER ONGEVALLen OVERDAG (WIT) OF 'S NACHTS (ZWART)

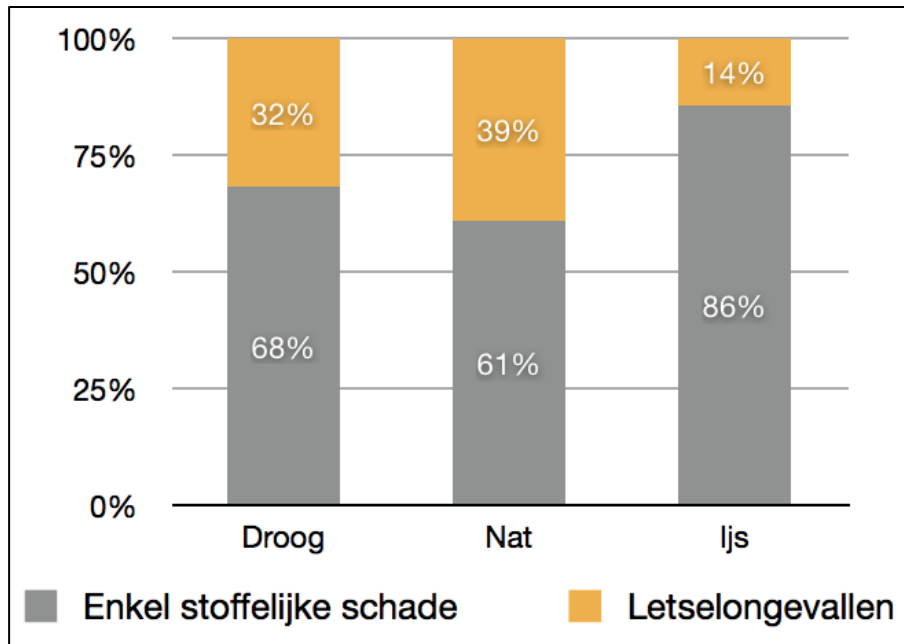


III.3.6. WEERSOMSTANDIGHEDEN

a) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de weersomstandigheden?

Als we naar Figuur 35 kijken, kunnen we concluderen dat er een klein verschil is in ernst van de ongevallen tussen droge en natte weersomstandigheden. Alle ongevallen met zwaargewonden en doden gebeurden op een droog wegdek, maar over het algemeen gebeurden er meer letselongevallen op een nat wegdek. Deze resultaten zijn volgens Tabel 29 echter niet statistisch significant. In het geval van ijs op het wegdek gebeurden er zeer weinig letselongevallen, maar we spreken hier over een te kleine steekproef (nl. 7 ongevallen), waardoor ook deze resultaten niet als statistisch significant kunnen worden bevonden.

FIGUUR 35 VERDELING ERNST VAN ONGEVALLEN NAARGELANG DE WEERSOMSTANDIGHEDEN



TABEL 29 VERDELING VAN HET AANTAL LETSELONGEVALLEN PER WEERSOMSTANDIGHEDEN

Lichtgesteldheid	Aantal ongevallen	Proportie het totaal	van	Proportie letselongevallen	X ²	p
Alle ongevallen	399	1		0,356		
Droog	214	0,536		0,318	2,928	0,087
Nat	82	0,206		0,390	0,531	0,466
Ijs	7	0,018		0,143	1,411	0,235

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H₀: proportie letselongevallen bij bepaalde weersomstandigheden is gelijk aan de proportie letselongevallen bij alle andere weersomstandigheden. H₀ wordt verworpen wanneer p ≤ 0,05.

b) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de weersomstandigheden?

Bij de verdeling van de ongevallen over de verschillende segmenten die te zien is op Tabel 30 en Figuur 36 is het duidelijk dat er meer ongevallen op nat wegdek gebeuren in aanloop naar de rotonde (segmenten 1 en 2) en na de rotonde (segment 7) dan op de andere segmenten. Volgens Tabel 30 blijkt echter enkel segment 1 significant te verschillen.

Op de rotonde zelf lijken er minder ongevallen te gebeuren bij een nat wegdek, vooral segmenten 5 en 6 kennen betrekkelijk weinig ongevallen in natte omstandigheden. Enkel segment 6 blijkt hier echter volgens Tabel 30 significant te verschillen van alle andere segmenten. Segmenten 8 en 11 zijn buiten beschouwing gelaten wegens te weinig ongevallen.

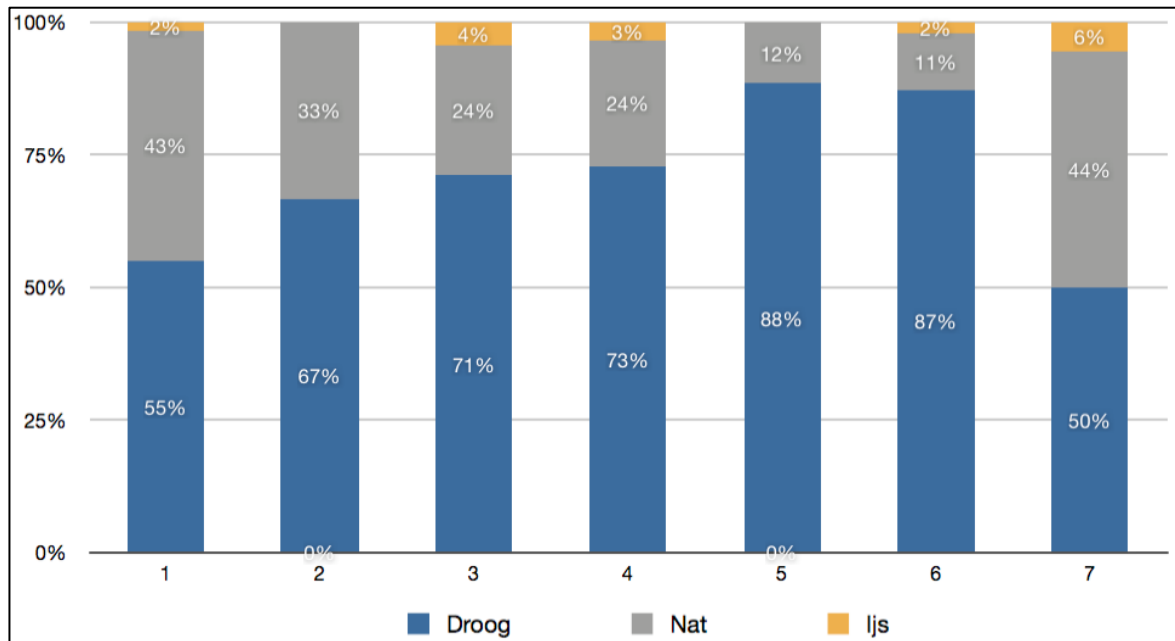
Op Figuur 37 zijn 4 segmenten aangeduid waarbij kan gesteld worden dat de weersomstandigheden een invloed kunnen hebben. Segmenten 1 en 6 zijn respectievelijk rood en blauw gekleurd, dit wil zeggen dat hier respectievelijk meer en minder ongevallen gebeuren bij een nat wegdek. Segmenten 5 en 7 zijn lichtblauw en lichtrood gekleurd, dit wil zeggen dat zij (rekening houdend met een 90%-betrouwbaarheidsinterval) ook significant afwijken van de normale verdeling en dus meer (lichtrood) of minder (lichtblauw) ongevallen bij een nat wegdek kennen.

TABEL 30 VERDELING VAN ONGEVALLEN NAAR WEERSOMSTANDIGHEDEN EN PER SEGMENT

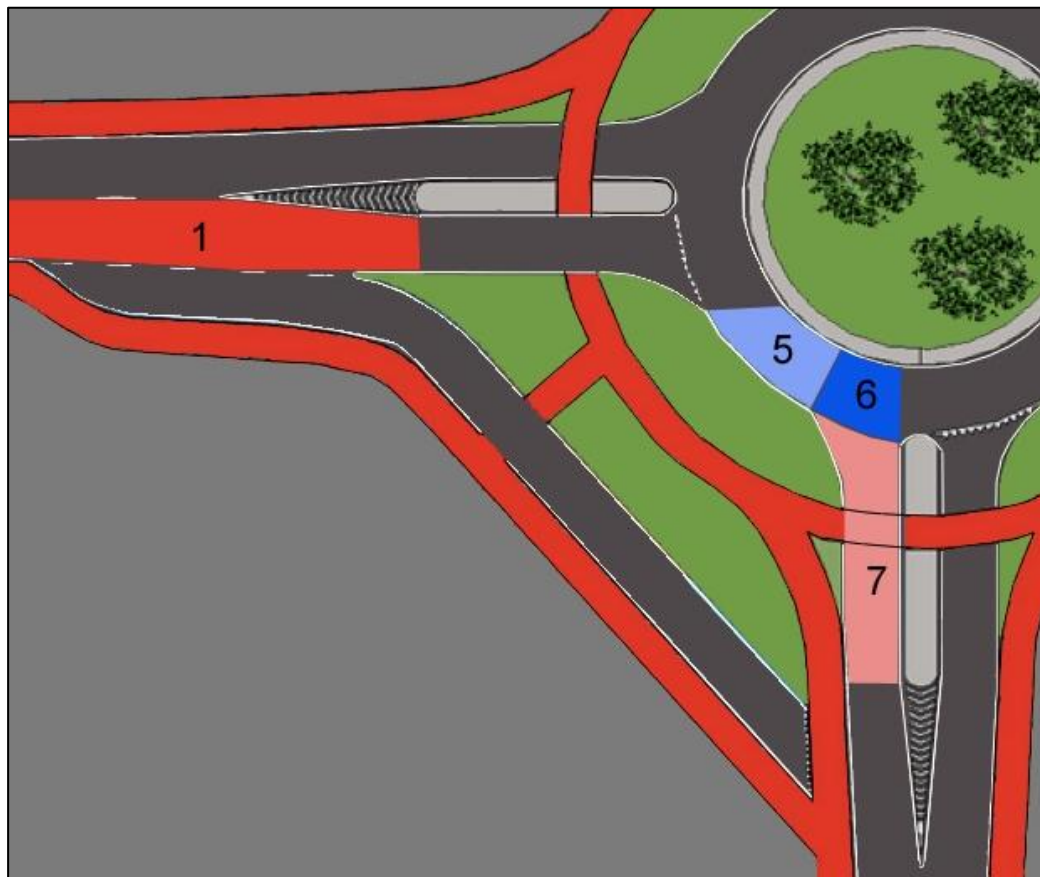
Segment	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie ongevallen op een nat wegdek	X ²	p
Alle segmenten	304	1	0,270		
1	60	0,197	0,433	10,157	0,001
2	39	0,128	0,333	0,919	0,338
3	45	0,148	0,244	0,172	0,679
4	60	0,197	0,233	0,503	0,478
5	26	0,086	0,115	3,439	0,064
6	47	0,155	0,106	7,531	0,006
7	18	0,059	0,444	2,965	0,085
8	6	0,020	0,000	2,261	0,133
11	3	0,010	0,667	2,423	0,120

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H_0 : proportie ongevallen op een nat wegdek per segment is gelijk aan de proportie ongevallen op een nat wegdek bij alle andere segmenten. H_0 wordt verworpen wanneer $p \leq 0,05$.

FIGUUR 36 VERDELING ONGEVALLEN PER SEGMENT NAARGELANG WEERSOMSTANDIGHEDEN



FIGUUR 37 VISUELE VOORSTELLING VAN DE SIGNIFICANTE VERSCHILLEN IN ONGEVALLEN BIJ WEERSOMSTANDIGHEDEN PER SEGMENT



c) Is er een verband tussen het type ongeval en de weersomstandigheden?

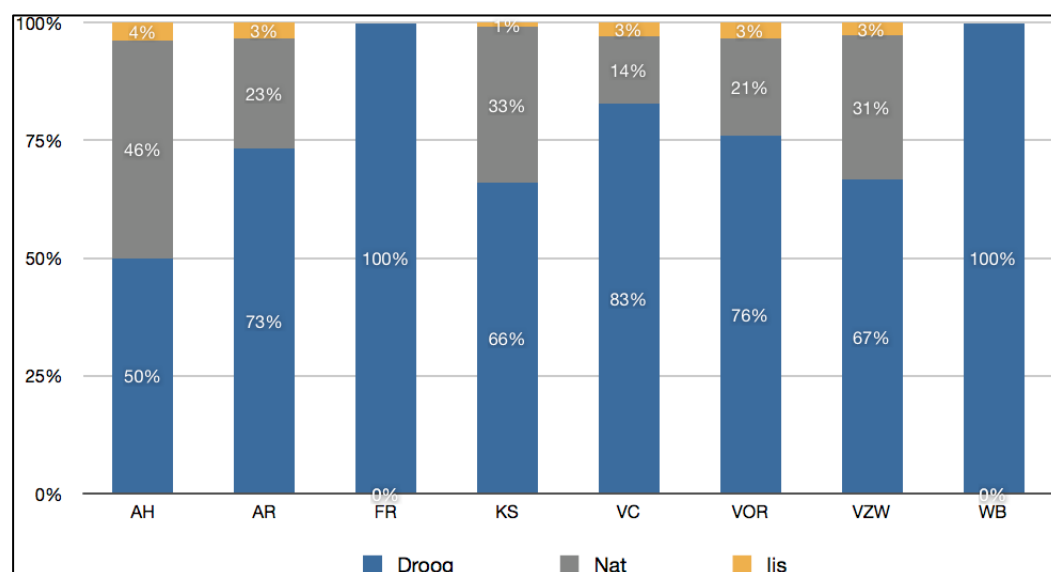
Tabel 31 en Figuur 38 tonen aan dat er duidelijk significant meer aanrijdingen met een hindernis op een nat wegdek gebeuren dan op een droog wegdek. Ook kop-staartbotsingen en ongevallen met zwakke weggebruikers lijken meer te gebeuren wanneer het nat is in vergelijking met de andere types ongevallen. De resultaten voor deze twee types zijn echter niet statistisch significant, althans niet met een 95%-betrouwbaarheidsinterval. De p-waarde voor kop-staartbotsingen valt hier net buiten, wat een indicatie kan zijn dat er toch enig verband bestaat. Het enige type ongeval dat nog significant afwijkt zijn de weefbewegingen, geen enkele van deze ongevallen gebeurden op een nat wegdek. Bij de andere types ongevallen is er niet dadelijk een verband te ontdekken met weersomstandigheden.

TABEL 31 VERDELING TYPE ONGEVALLEN VOOR VORM 5 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN VER VAN DE ROTONDE (FIETSTUNNELS, GROTE GROENVOORZIENINGEN, ...))

Type ongeval	Aantal ongevallen	Proportie van het totaal	Proportie ongevallen op een nat wegdek	op X^2	p
Alle types	304	1	0,270		
AH	26	0,086	0,462	5,310	0,021
AR	61	0,201	0,230	0,627	0,428
FR	2	0,007	0,000	0,744	0,389
KS	103	0,339	0,330	2,881	0,090
VC	35	0,115	0,143	3,233	0,072
VOR	29	0,095	0,207	0,643	0,423
VZW	36	0,118	0,306	0,266	0,606
WB	12	0,039	0,000	4,615	0,032

*Significantie van de chi-kwadraattest met nulhypothese H_0 : proportie ongevallen op een nat wegdek voor een bepaald type ongeval is gelijk aan de proportie ongevallen op een nat wegdek voor alle andere type ongevallen. H_0 wordt verworpen wanneer $p \leq 0,05$.

FIGUUR 38 VERDELING ONGEVALLEN PER TYPE NAARGELANG WEERSOMSTANDIGHEDEN



III.4. OVEREENSTEMMING VAN DE RESULTATEN UIT DE ANALYSE MET DE LITERATUUR

De conclusies uit de literatuurstudie zullen behandeld worden per onderzoeksvraag die (gedeeltelijk) beantwoord werd. De onderzoeksvragen die niet werden beantwoord door de literatuur worden bij ieder onderdeel onderaan in cursief vermeld. De antwoorden op deze onderzoeksvragen zijn te vinden in de conclusies. De volledige antwoorden op de onderzoeksvragen die slechts gedeeltelijk werden beantwoord in dit hoofdstuk zijn eveneens te vinden in de conclusies.

III.4.1. ALGEMEEN

a) Op welke locaties op de rotonde komen de meeste ongevallen voor?

Literatuur:

De meeste ongevallen gebeuren in aanloop naar de rotonde (segmenten 1 & 2) en bij het oprijden (of aanrijden) van de rotonde (segmenten 3 & 4). Ook bij het verlaten van de rotonde (segment 6) gebeurden ongevallen, zelfs meer als bij het oprijden (segment 3). Segmenten 5, 7, 8 kennen in verhouding minder ongevallen. Op de bypass gebeurden maar enkele ongevallen, allen in segment 11.

Resultaten uit de analyse:

Segment 1 tot 4 kennen de meeste ongevallen. Er zijn meer ongevallen bij het oprijden (segment 3) dan bij het verlaten van de rotonde (segment 6) (zie Figuur 14).

Onbeantwoorde onderzoeksvraag:

b) Is er een verband tussen de locatie en de ernst van een ongeval?

III.4.2. TYPE ONGEVAL

a) Welke types ongevallen komen het meest voor op rotondes?

Literatuur:

De ongevallentypes AR, KS en VOR zijn de meest voorkomende ongevallentypes zijn op rotondes.

Resultaten uit de analyse:

KS- en AR-ongevallen komen het meest voor. AH-, VOR-, VZW- en VC-ongevallen hebben ongeveer gelijke aantallen.

Onbeantwoorde onderzoeksvragen:

b) Is er een verband tussen het type en de ernst van een ongeval?

c) Is er een verband tussen het type en de locatie van een ongeval?

III.4.3. INRICHTING VAN DE ROTONDE

b) Is er een verband tussen het type ongeval en de inrichting van de rotonde?

Literatuur:

Rotondes met aanliggende fietspaden zijn het gevaarlijkst voor zwakke weggebruikers. Op rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang gebeuren voornamelijk veel kop-staartbotsingen. Naarmate de diameter van het middeneiland stijgt, gebeuren er meer ongevallen met het aanrijden van de rotonde.

Resultaten uit de analyse:

De meeste VZW-ongevallen gebeuren bij rotondes met aanliggende fietspaden. Er gebeuren meer kop-staartbotsingen bij rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang. Rotondes met vrijliggende fietspaden ver van de rotonde (dus vaak rotondes met een groter middeneiland) hebben significant meer AR-ongevallen (zie Figuur 24).

Onbeantwoorde onderzoeksvragen:

a) Is er een verband tussen de ernst van een ongeval en de inrichting van de rotonde?

c) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de inrichting van de rotonde?

III.4.4. BETROKKEN WEGGEBRUIKERS

Literatuur:

97% van de ongevallen gebeuren met minstens één auto. 51% zijn ongevallen tussen twee auto's, 30% zijn ongevallen waarbij de auto een hindernis raakt (dus eenzijdig) en 8% zijn ongevallen tussen auto's en zwakke weggebruikers.

Resultaten uit de analyse:

93% van de ongevallen gebeurt met minstens één auto. 45% zijn ongevallen tussen twee auto's, 28% zijn eenzijdige auto-ongevallen, 10% zijn ongevallen tussen auto en fietser.

a) Bij welke weggebruikers is de ernst van de ongevallen het hoogst?

Literatuur:

Een studie van Daniels et al. (2010) geeft aan dat zwakke weggebruikers meer betrokken zijn bij letselongevallen op rotondes.

Resultaten uit de analyse:

Zwakke weggebruikers zijn veel meer betrokken bij letselongevallen, 77% van de ongevallen tussen auto en fietser zijn letselongevallen (zie Figuur 28).

d) Is er een verband tussen de inrichting van de rotonde en de betrokken weggebruikers?

Literatuur:

Rotondes met aanliggende fietspaden zijn het gevaarlijkst voor zwakke weggebruikers.

Resultaten uit de analyse:

Er gebeuren significant meer ongevallen tussen auto en fiets of bromfiets op rotondes met aanliggende fietspaden (zie Figuur 31).

Onbeantwoorde onderzoeksvragen:

b) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de betrokken weggebruikers?

c) Is er een verband tussen het type ongeval en de betrokken weggebruikers?

III.4.5. LICHTGESTELDHEID

Literatuur:

a) Is er een verband tussen het aantal ongevallen en de lichtgesteldheid?

Er gebeuren relatief gezien meer ongevallen 's nachts, het aantal ongevallen was bijna gelijk, terwijl de intensiteit toch sterk zou kunnen verschillen.

Resultaten uit de analyse:

Het verschil tussen het aantal ongevallen overdag en 's nachts is niet erg groot (zie Tabel 27). Door een gebrek aan cijfers over de intensiteiten op de rotondes in kwestie, kan men niet met zekerheid concluderen of er al dan niet 's nachts meer ongevallen gebeuren op rotondes.

Onbeantwoorde onderzoeksvragen:

b) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de lichtgesteldheid?

c) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de lichtgesteldheid?

III.4.6. WEERSOMSTANDIGHEDEN

Onbeantwoorde onderzoeksvragen:

- a) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de weersomstandigheden?**
- b) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de weersomstandigheden?**
- c) Is er een verband tussen het type ongeval en de weersomstandigheden?**

III.4.7. CONCLUSIE

Dit is het antwoord op de laatste onderzoeksvraag:

a) Is er overeenstemming tussen de literatuur en de resultaten uit de data?

De resultaten uit de analyse komen grotendeels overeen met de literatuur. De resultaten uit de analyse komen grotendeels overeen met de literatuur. Er zijn enkele kleine verschillen bij de algemene resultaten en de types ongevallen, maar de algemene conclusies blijven dezelfde.

Er zijn een groot aantal onderzoeksvragen die niet of gedeeltelijk beantwoorden werden door de literatuur. De conclusies zullen met de resultaten uit dit onderzoek deze vragen trachten te beantwoorden.

HOOFDSTUK IV: CONCLUSIES

Voor er een eindconclusie kan gemaakt worden en de kernvraag van het onderzoek beantwoordt kan worden, zullen eerst de afzonderlijke deelvragen kort beantwoord worden.

IV.1. ANTWOORDEN OP DE DEELVRAGEN

IV.1.1. ALGEMEEN

a) Op welke locaties op de rotonde komen de meeste ongevallen voor?

De literatuur geeft aan dat de meeste ongevallen gebeuren in aanloop naar de rotonde, vanaf het begin van de toerit tot aan het middeneiland op de rotonde zelf (segmenten 1 tot 4). Daarnaast kent men op de plaats waar de rotonde wordt verlaten (segment 6) het hoogste aantal ongevallen. De resultaten uit de analyse tonen dezelfde resultaten. Uit de analyse blijkt dat eveneens dat er meer ongevallen gebeuren bij het oprijden van de rotonde dan bij het verlaten van de rotonde.

b) Is er een verband tussen de locatie en de ernst van een ongeval?

Er zijn twee locaties op de rotonde waarbij er zeker een verband bestaat tussen de locatie en de ernst van het ongeval:

- De locatie net voor het middeneiland (segment 4) kent significant meer letselongevallen dan de andere segmenten.
- De locatie op de rotonde zelf die tussen de verschillende takken ligt (segment 5), kent significant minder letselongevallen dan de andere segmenten.

Er zijn indicaties dat de meeste zware ongevallen gebeuren in aanloop naar de rotonde, vanaf de eventuele fietsvoorzieningen net voor de rotonde tot aan het middeneiland (segmenten 2, 3 en 4).

IV.1.2. TYPE ONGEVAL

a) Welke types ongevallen komen het meest voor op rotondes?

De literatuur geeft aan dat de ongevallen types "aanrijding van de rotonde" (AR), "kop-staartbotsing" (KS) en "voorrang op de rotonde" (VOR) de meest voorkomende ongevallentypes zijn. De resultaten uit de analyse geven aan dat vooral "kop-staartbotsingen" (KS) en "aanrijding van de rotonde" (AR) de dominante ongevallentypes zijn.

b) Is er een verband tussen het type en de ernst van een ongeval?

De ongevallentypes "ongeval met zwakke weggebruiker" (VZW) en "aanrijding van de rotonde" (AR) kennen significant meer letselongevallen. Dit heeft uiteraard te maken met respectievelijk de kwetsbaarheid van de zwakke weggebruiker en de aanrijdsnelheid van de rotonde.

Het type "aanrijding van de rotonde" (AR) heeft eveneens het grootste aandeel zwaargewonden en doden, wat nogmaals benadrukt dat dit type ongeval een groot probleem is op rotondes.

De types "aanrijding met een hindernis" (AH) en "ongevallen bij weefbeweging" (WB) hebben dan weer significant minder letselongevallen.

c) Is er een verband tussen het type en de locatie van een ongeval?

Er zijn voor vier types ongevallen verbanden met de locatie op de rotonde:

- Ongevallen met zwakke weggebruikers gebeuren enkel bij het oprijden en afrijden van de rotonde (segmenten 2, 3, 6 en 7), dit zijn dan ook enkel de locaties waarbij de zwakke weggebruikers in contact komen met het gemotoriseerd verkeer. De locaties op de rotonde zelf (dus niet op fietsvoorzieningen) waar ongevallen gebeurden met zwakke weggebruikers (segmenten 3 en 6) hebben een licht overwicht in het aantal ongevallen, wat kan betekenen dat het op- en afrijden van de rotonde zelf gevaarlijker is voor zwakke weggebruikers dan het oversteken van de fietsvoorzieningen die niet op de rotonde liggen.
- Kop-staartbotsingen komen vooral voor op de toerit voor de rotonde (segmenten x en x). Op en na de rotonde komt dit type ongeval minder voor.

- Aanrijdingen van de rotonde komen enkel voor op de locatie net voor het middeneiland (segment 4).
- Ongevallen met voorrang op de rotonde (VOR) komen vooral voor op de locatie waar de rotonde opgereden wordt (segment 3) en weinig op de locatie waar de rotonde verlaten wordt (segment 6).

IV.1.3. INRICHTING VAN DE ROTONDE

- a) Is er een verband tussen de ernst van een ongeval en de inrichting van de rotonde?

Er is geen verschil tussen enkelstrooks- en dubbelstrooksrotondes wat betreft de ernst van een ongeval. Wat betreft de vorm van de fietsvoorzieningen, blijkt dat rotondes met vrijliggende fietspaden met fietsers uit de voorrang minder letselongevallen kennen dan de andere vormen. Deze inrichting is dus significant veiliger dan de andere inrichtingen.

- b) Is er een verband tussen het type ongeval en de inrichting van de rotonde?

Uit de literatuur blijkt dat rotondes met aanliggende fietspaden het gevaarlijkst zijn voor zwakke weggebruikers. De resultaten uit de analyse bevestigen dit, aangezien er significant meer VZW-ongevallen gebeuren op rotondes met aanliggende fietspaden. Daarnaast blijkt dat op rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang meer kop-staartbotsingen gebeuren. De vrijliggende fietspaden zorgen hier naar alle waarschijnlijkheid voor meer remmanoeuvres bij het naderen en verlaten van de rotonde, wat leidt tot meer kop-staartbotsingen.

Ten slotte blijkt dat hoe groter de rotonde is, hoe meer aanrijdingen met de rotonde er gebeuren.

- c) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de inrichting van de rotonde?

Er bestaat een significant verschil tussen de locaties van ongevallen op enkel- en dubbelstrooksrotondes. Bij enkelstrooksrotondes gebeuren er meer ongevallen buiten de rotonde, namelijk op de toerit en de afrit (segmenten 1 en 7). Bij dubbelstrooksrotondes gebeuren er meer ongevallen op de rotonde zelf, namelijk net voor het middeneiland en op de locatie waar de rotonde wordt verlaten (segmenten 4 en 6). Daarnaast is er nog een belangrijk verschil tussen de locaties van ongevallen

bij de verschillende vormen van fietsvoorzieningen. Rotondes met aanliggende fietspaden kenden meer ongevallen op de locaties waar men de rotonde oprijdt en verlaat (segmenten 3 en 6, dit wijst op VZW-ongevallen). Rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang kennen opvallend meer ongevallen in het begin van de toerit (segment 1, wat wijst op KS-ongevallen) en rotondes met vrijliggende fietspaden ver van de rotonde kennen meer ongevallen op de locatie net voor het middeneiland (segment 4, wat wijst op AR-ongevallen). Deze resultaten zijn grotendeels parallel aan de resultaten van de vorige deelvraag.

IV.1.4. BETROKKEN WEGGEBRUIKERS

a) Bij welke weggebruikers is de ernst van de ongevallen het hoogst?

Uit de literatuur blijkt dat zwakke weggebruikers meer betrokken zijn bij letselongevallen. De resultaten uit de analyse bevestigen dit volledig, aangezien 77% van de ongevallen tussen auto en fietser letselongevallen waren. Wanneer men het heeft over ongevallen waarbij één of meer auto's betrokken zijn, blijkt dat bij de eenzijdige ongevallen de ernst van de ongevallen het hoogst is, met meer letselongevallen, lichtgewonden en zwaargewonden. Ongevallen tussen twee auto's zijn significant minder ernstig dan de alle andere. Uit de resultaten blijkt eveneens dat ongevallen met motorrijders vaker ernstiger zijn.

b) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de betrokken weggebruikers?

Ongevallen met auto's gebeuren significant meer in het begin van de toerit en op de locatie net voor het middeneiland (segmenten 1 en 4). In het begin van de toerit zijn dit vooral kop-staartbotsingen, bij de locatie net voor het middeneiland zijn dit vooral aanrijdingen met de rotonde.

De gevaarlijkste locaties voor fietsers en bromfietzers zijn de locaties waarbij ze de rotonde op- of afrijden en de locaties van de fietsoversteekplaatsen voor en na de rotonde (segmenten 2, 3, 6 en 7). Op de locaties waar men de rotonde op- en afrijdt (segmenten 3 en 6) zijn bijna alle letselongevallen ongevallen tussen auto en fiets of bromfiets.

Ongevallen met vrachtwagens gebeuren significant meer bij het oprijden van de rotonde (segment 3).

- c) Is er een verband tussen het type ongeval en de betrokken weggebruikers?

Aanrijdingen met een hindernis en aanrijdingen met de rotonde zijn vooral eenzijdige ongevallen, vooral met de auto maar ook enkelen met de motorfiets. Bij de ongevallen met zwakke weggebruikers is bij 75% van de ongevallen een fietser betrokken. Voor alle andere types zijn de ongevallen met twee auto's het meest voorkomend. Bij de ongevallen die gebeurden bij het op- en afrijden van de rotonde (VOR-ongevallen) zijn naast enkele motorrijders ook een aantal vrachtwagens betrokken. Bij de andere types van ongevallen komen ongevallen met vrachtwagens veel minder voor.

- d) Is er een verband tussen de inrichting van de rotonde en de betrokken weggebruikers?

Het is inmiddels duidelijk dat voor zwakke weggebruikers rotondes met aanliggende fietspaden het gevaarlijkst zijn. Ook de resultaten van deze deelvraag bevestigen dit, er gebeuren namelijk significant meer ongevallen tussen auto en fiets of bromfiets bij deze vorm van fietspaden. Op de rotondes met de andere vormen van fietsvoorzieningen komen ongevallen tussen auto en fietser weinig tot niet voor. Rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang kennen wel meer ongevallen tussen twee auto's (dit zijn hoofdzakelijk kop-staartbotsingen). Rotondes met vrijliggende fietspaden ver van de rotonde kennen meer ongevallen tussen auto en vrachtwagen, dit heeft waarschijnlijk te maken met de hogere intensiteiten van zwaar verkeer op grotere rotondes.

IV.1.4. LICHTGESTELDHEID

- a) Is er een verband tussen het aantal ongevallen en de lichtgesteldheid?

De literatuurstudie geeft aan dat er relatief gezien meer ongevallen 's nachts zouden kunnen gebeuren aangezien de aantallen niet sterk verschillen. De resultaten bevestigen deze stelling maar uitsluitel hierover kan niet worden gegeven, bij gebrek aan gegevens over de verkeersintensiteiten op iedere rotonde.

- b) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de lichtgesteldheid?

Er zijn geen grote verschillen op te merken tussen de verschillende lichtgesteldheden bij de ernst van de ongevallen. De statistische testen bevestigen dat er geen belangrijke verschillen zijn.

- c) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de lichtgesteldheid?

Er gebeuren 's nachts veel meer ongevallen (80% van de ongevallen 's nachts tegenover 25% voor de andere locaties) op de locatie net voor het middeneiland (segment 4), wat betekent dat AR-ongevallen eveneens vooral 's nachts gebeuren. Bij de locaties waar men de rotonde op- en afrijdt (segmenten 3 en 6) gebeuren dan weer significant meer ongevallen overdag.

IV.1.5. WEERSOMSTANDIGHEDEN

- a) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de weersomstandigheden?

Er is geen significant verschil gevonden in ernst van de ongevallen tussen de verschillende weersomstandigheden.

- b) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de weersomstandigheden?

Bij natte weersomstandigheden gebeuren er meer ongevallen in het begin van de toerit. Er zijn indicaties dat de locatie net na het verlaten van de rotonde (segment 7) eveneens meer ongevallen kent bij natte weersomstandigheden. In het geval van droge weersomstandigheden gebeuren er meer ongevallen bij het verlaten van de rotonde (segment 6). Er zijn eveneens indicaties dat er op de rotonde zelf, tussen de verschillende takken in, meer ongevallen zouden kunnen gebeuren in droge weersomstandigheden.

c) Is er een verband tussen het type ongeval en de weersomstandigheden?

Er gebeuren bij natte weersomstandigheden significant meer aanrijdingen met een hindernis. Er zijn indicaties dat kop-staartbotsingen en ongevallen met zwakke weggebruikers eveneens meer gebeuren bij natte weersomstandigheden. Bij droge weersomstandigheden gebeuren significant meer ongevallen bij weefbewegingen.

IV.1.6. SYNTHESE

a) Is er overeenstemming tussen de literatuur en de resultaten uit de data?

De resultaten uit de analyse komen grotendeels overeen met de literatuur. Er zijn enkele kleine verschillen, maar de algemene conclusies blijven dezelfde. De resultaten uit de analyse tonen echter aan dat de literatuur redelijk beperkt is wat betreft dit onderwerp.

IV.2. EINDCONCLUSIE

Door middel van de antwoorden op al deze deelvragen kunnen we een antwoord geven op de kernvraag: "Welke ongevallen gebeuren op welke locaties op rotondes en wat zijn hier de bepalende factoren voor?"

Uit de deelvragen kan afgeleid worden dat er drie grote problemen bestaan wat betreft ongevallen op bepaalde locaties op een rotonde, nl.:

1. Kop-staartbotsingen in aanloop naar de rotonde.

Dit probleem bevindt zich in segment 1 (minder in segment 2) en gebeuren uiteraard altijd tussen twee auto's. Factoren die dit probleem versterken zijn natte weersomstandigheden en rotondes met vrijliggende fietspaden uit de voorrang, deze vorm van fietsvoorzieningen veroorzaakt mogelijk meer rembewegingen dan de andere vormen. Deze ongevallen zijn niet de meest ernstige ongevallen, maar zijn wel veruit de grootste groep ongevallen op rotondes. Hierdoor gebeuren er toch een groot aantal letselongevallen bij dit soort ongeval.

2. Aanrijdingen tussen auto en fietser op de rotonde.

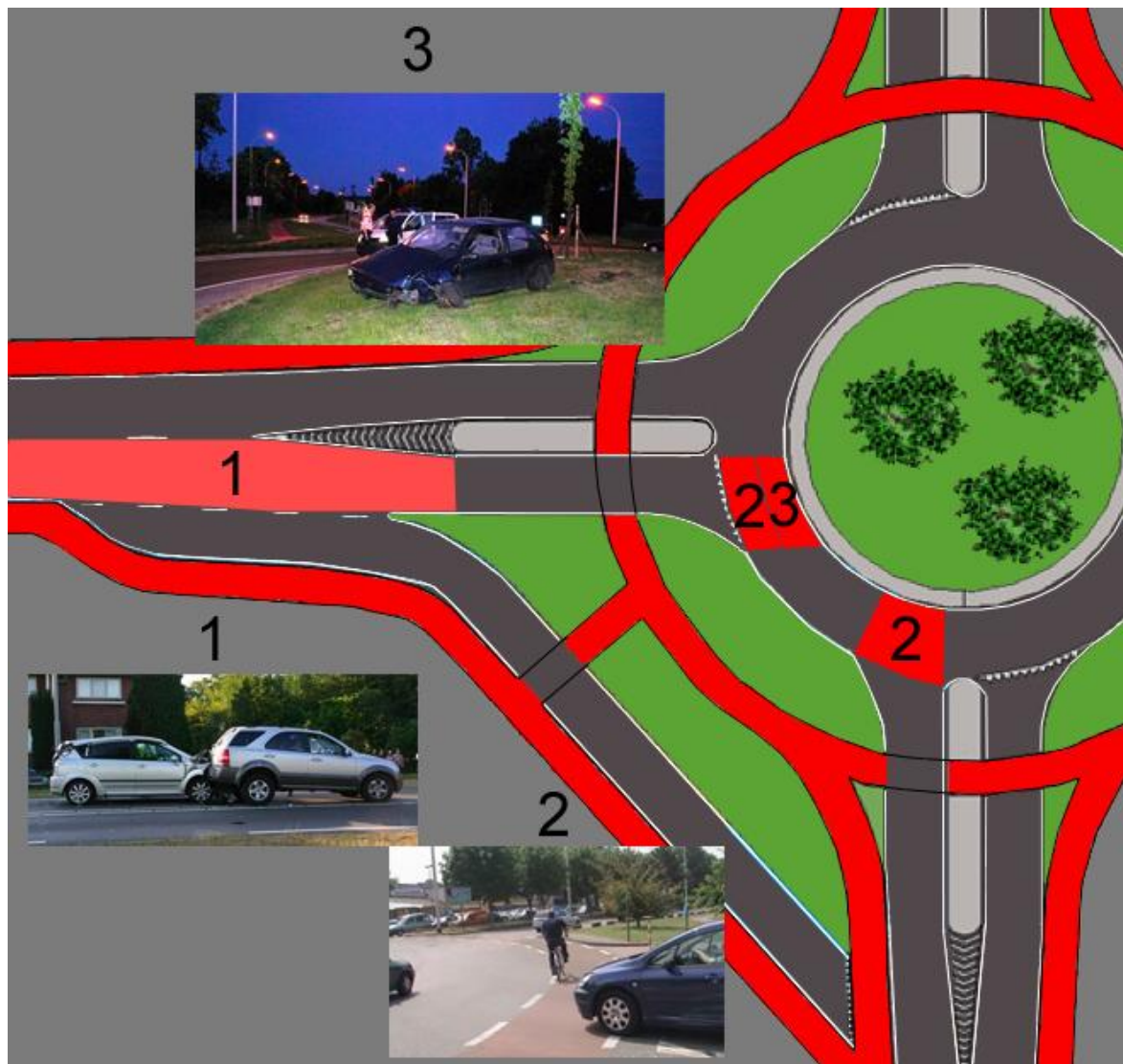
Dit probleem bevindt zich vooral in segmenten 3 en 6 en doet zich niet enkel voor met fietsers, maar ook met bromfietzers. Dit soort ongevallen gebeurt vooral overdag en bij droge weersomstandigheden. Uiteraard is dit probleem bijna enkel te wijten aan rotondes met aanliggende fietspaden, de andere vormen van fietsvoorzieningen kennen veel minder problemen inzake ongevallen met fietsers. Bijna al deze ongevallen zijn letselongevallen omwille van de kwetsbaarheid van de zwakke weggebruiker.

3. Aanrijdingen met de rotonde.

Dit probleem betreft eenzijdige auto-ongevallen op segment 4. Dit probleem doet zich vooral voor 's nachts en bij zeer grote rotondes. De aanrijdsnelheid, de verlichting en/of zichtbaarheid van een rotonde blijken dus zeer belangrijk om dit probleem aan te pakken. De resultaten tonen aan dat dit soort ongevallen vaak zeer ernstig is, met veel (zwaar)gewonden en doden.

Deze 3 problemen worden met hun hierboven aangeduid nummer geïllustreerd op Figuur 39.

FIGUUR 39 ILLUSTRATIE VAN DE 3 PROBLEMEN OP ROTONDES



LIJST VAN GERAADPLEEGDE WERKEN

Arndt, O. (1998). Road Design Incorporating Three Fundamental Safety Parameters. *Technology Transfer Forum 5 & 6*. Queensland, Australia: Transport & Technology Division, Main Roads Department.

Centre d'Etude des Transports Urbains Paris [CETUR] (1992). *Safety of Roundabouts in Urban and Suburban Areas*.

Dayers, G., Nowicki, K. (2009). Case Study: Analyse van ongevallen op rotondes. Universiteit Hasselt: Opleiding Verkeerskunde.

De Brabander, B., Vereeck, L. (2005). Safety effects of roundabouts in Flanders: Signal type, speed limits and vulnerable road users. *Accident Analysis and Prevention*, 39, 591-599.

De Brabander, B., Nuyts, E., Vereeck, L. (2005). Road Safety Effects of roundabouts in Flanders. Steunpunt Verkeersveiligheid, RA-2005-63.

De Brabander, B., Vereeck, L. (2005). Determinanten van de letselernst bij verkeersongevallen. Steunpunt Verkeersveiligheid, RA-2005-51.

Daniels, S., Nuyts, E., Wets, G., (2008). The effects of roundabouts on traffic safety for bicyclists: an observational study. *Accident Analysis & Prevention*, 40 (2), 518-526.

Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., Wets, G. (2009). Design types of cycle facilities at roundabouts and their effects on traffic safety: some empirical evidence. *Velo-city 2009*, Tour & Taxis Brussels.

Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., Wets, G., (2009). Injury crashes with bicyclists at roundabouts: influence of some location characteristics and the design of cycle facilities. *Journal of Safety Research*, 40 (2), 141-148.

Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., Wets, G., (2010). Explaining variation in safety performance of roundabouts. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 393-402.

Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., Wets, G., (2010). Externality of risk and crash severity at roundabouts. *Accident Analysis and Prevention*, 42, 1966-1973.

Daniels, S., Brijs, T., Nuyts, E., Wets, G., (2011). Extended prediction models for crashes at roundabouts. *Safety Science*, 49, 198-207.

Geurts, K., Thomas, I., Wets, G. (2005). Understanding spatial concentrations of road accidents using frequent item sets. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 787-799.

Geurts, K., Brijs, T., Wets, G. (2003). Clustering and Profiling Traffic Roads by means of Accident Data. Steunpunt Verkeersveiligheid, RA-2003-27.

Mandavilli, S., A. McCartt, and R. Retting (2008). *Crash Patterns and Potential Engineering Countermeasures at Maryland Roundabouts*. Arlington, Virginia: Insurance Institute for Highway Safety.

Maycock, G., Hall, R. D. (1984). *Crashes at Four-Arm Roundabouts. TRRL Laboratory Report LR 1120*. Crowthorne, England: Transport and Road Research Laboratory.

Moller, M., Hels, T. (2008). Cyclists' perception of risk in roundabouts. *Accident Analysis and Prevention, 40*, 1055–1062.

Robinson, B. W., Bared, J. G. (2000). *Roundabouts: an informational guide*. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Administration.

Rodegerdts, L., Blogg, M., Wemple, E., Myers, E., Kyte, M., Dixon, M., List, G., Flannery, A., Troutbeck, R., Brilon, W., Wu, N., Persaud, B., Lyon, C., Harkey, D., Carter, D. (2007). *NCHRP Report 572: Roundabouts in the United States*. Washington, D.C.: Transportation Research Board of the National Academies.

BIJLAGEN

FIGURENLIJST

FIGUUR 1 CONFLICTPUNTEN VAN EEN ROTONDE MET VIER TAKKEN (NCHRP, 2003)	15
FIGUUR 2 CONFLICTPUNTEN VAN EEN ROTONDE MET DRIE TAKKEN (NCHRP, 2003).....	16
FIGUUR 3 BESTUURDERS DIE NIET OP HUN RIJSTROOK BLIJVEN (NCHRP, 2003).....	17
FIGUUR 4 BESTUURDERS DIE DE ROTONDE OPRIJDEN NAAST EEN VOERTUIG DAT DE ROTONDE ZAL VERLATEN, WAARDOOR EEN CONFLICT ONSTAAT BIJ HET VERLATEN VAN DE ROTONDE (NCHRP, 2003)	17
FIGUUR 5 BESTUURDERS DIE DE VERKEERDE RIJSTROOK GEBRUIKEN OM DE ROTONDE TE VERLATEN (NCHRP, 2003)	18
FIGUUR 6 CONFLICTPUNTEN TUSSEN VOETGANGERS EN VOERTUIGEN (NCHRP, 2003).....	19
FIGUUR 7 GRAFISCHE VOORSTELLING VAN ONGEVALLENTYPES OP ROTONDES (NCHRP, 2003).....	21
FIGUUR 8 AANTAL ONGEVALLen PER TYPE (DAYERS & NOWICKI, 2009)	22
FIGUUR 9 INDELING VAN ROTONDE IN SEGMENTEN (DAYERS & NOWICKI, 2009).....	27
FIGUUR 10 AANTAL ONGEVALLen PER SEGMENT VAN DE ROTONDE (DAYERS & NOWICKI, 2009)	28
FIGUUR 11 PERCENTAGE LETSELONGEVALLen PER POLITIEZONE.....	34
FIGUUR 12 VISUELE VOORSTELLING ROTONDE + INDELING IN SEGMENTEN (DAYERS & NOWICKI, 2009, EIGEN BEWERKING)	38
FIGUUR 13 VERDELING ALLE ONGEVALLen PER SEGMENT.....	43
FIGUUR 14 VERDELING LETSELONGEVALLen EN ONGEVALLen MET STOFFELIJKE SCHADE PER SEGMENT.....	44
FIGUUR 15 AANDUIDING VAN DE SEGMENTEN MET SIGNIFICANT MEER OF MINDER LETSELONGEVALLen.....	45
FIGUUR 16 VERDELING AANTAL LICHTGEWONDEN PER SEGMENT	46
FIGUUR 17 VERDELING ZWAARGEWONDEN EN DODEN PER SEGMENT.....	47
FIGUUR 18 AANTAL ONGEVALLen PER TYPE ONGEVAL.....	49
FIGUUR 19 ERNST VAN DE ONGEVALLen PER TYPE ONGEVAL	51
FIGUUR 20 VERDELING VAN TYPES ONGEVALLen PER SEGMENT	52
FIGUUR 21 VERSCHIL IN ERNST VAN ONGEVALLen TUSSEN ENKEL- EN DUBBELSTROOKSROTONDES	54
FIGUUR 22 VERDELING ONGEVALLen MET STOFFELIJKE SCHADE EN LETSELONGEVALLen PER SEGMENT (ENKELSTROOKSROTONDE)	58
FIGUUR 23 VERDELING ONGEVALLen MET STOFFELIJKE SCHADE EN LETSELONGEVALLen PER SEGMENT (DUBBELSTROOKSROTONDE).....	58
FIGUUR 24 VERDELING ONGEVALLen PER TYPE ONGEVAL EN VORM VAN DE FIETSVOORZIENINGEN	61
FIGUUR 25 VERDELING ONGEVALLen PER SEGMENT (VORM 2: AANLIGGENDE FIETSPADEN).....	63
FIGUUR 26 VERDELING ONGEVALLen PER SEGMENT (VORM 4: VRIJLIGGENDE FIETSPADEN, UIT VOORRANG)	64
FIGUUR 27 VERDELING ONGEVALLen PER SEGMENT (VORM 5: VRIJLIGGENDE FIETSPADEN, VER VAN DE ROTONDE)	64
FIGUUR 28 VERDELING LETSELONGEVALLen PER BETROKKEN WEGGEBRUIKERS.....	66
FIGUUR 29 VERDELING VAN ALLE ONGEVALLen MET BEPAALDE BETROKKEN WEGGEBRUIKERS PER SEGMENT.....	67
FIGUUR 30 VERDELING VAN DE LETSELONGEVALLen MET BEPAALDE BETROKKEN WEGGEBRUIKERS PER SEGMENT	68
FIGUUR 31 VERDELING BETROKKEN WEGGEBRUIKERS PER VORM VAN FIETSVOORZIENINGEN.....	70
FIGUUR 32 VERDELING VAN DE ONGEVALLen PER LICHTGESTELDHEID NAARGELANG DE PLAATS OP DE ROTONDE (VOOR ONGEVALLen MET STOFFELIJKE SCHADE)	75
FIGUUR 33 VERDELING VAN DE ONGEVALLen PER LICHTGESTELDHEID NAARGELANG DE PLAATS OP DE ROTONDE (VOOR LETSELONGEVALLen)	75
FIGUUR 34 AANDUIDING VAN DE SEGMENTEN MET SIGNIFICANT MEER ONGEVALLen OVERDAG (WIT) OF 'S NACHTS (ZWART)	76
FIGUUR 35 VERDELING ERNST VAN ONGEVALLen NAARGELANG DE WEERSOMSTANDIGHEDEN	77

FIGUUR 36 VERDELING ONGEVALLEN PER SEGMENT NAARGELANG WEERSOMSTANDIGHEDEN	79
FIGUUR 37 VISUELE VOORSTELLING VAN DE SIGNIFICANTE VERSCHILLEN IN ONGEVALLEN BIJ WEERSOMSTANDIGHEDEN PER SEGMENT	79
FIGUUR 38 VERDELING ONGEVALLEN PER TYPE NAARGELANG WEERSOMSTANDIGHEDEN	80
FIGUUR 39 ILLUSTRATIE VAN DE 3 PROBLEMEN OP ROTONDES	96

TABELLENLIJST

TABEL 1 VERGELIJKING TUSSEN TYPE ONGEVAL EN GRAFISCHE VOORSTELLING VAN ONGEVALLENTYPES OP ROTONDES	20
TABEL 2 OVERZICHT VAN STUDIES OVER VERDELING VAN TYPES ONGEVALLEN OP ROTONDES	23
TABEL 3 ONGEVALLENTYPES OP ROTONDES IN DE VERENIGDE STATEN (NCHRP, 2003)	23
TABEL 4 VERGELIJKING VAN ONGEVALLENTYPES OP ROTONDES (NCHRP, 2003)	25
TABEL 5 DOMINANT TYPE ONGEVAL PER SEGMENT (DAYERS & NOWICKI, 2009)	28
TABEL 6 OVERZICHT VAN BESCHIKBARE DATA	33
TABEL 7 BESCHRIJVING VAN DE GEBRUIKTE VARIABLEN IN DE DATABANK	35
TABEL 8 VERDELING LETSELONGEVALLEN PER SEGMENT OP DE ROTONDE	45
TABEL 9 VERDELING ERNST VAN DE LETSELONGEVALLEN PER SEGMENT	46
TABEL 10 VERDELING VAN DE LETSELONGEVALLEN PER TYPE ONGEVAL	50
TABEL 11 MEEST VOORKOMENDE ONGEVALLENTYPE PER SEGMENT	52
TABEL 12 BESCHRIJVING VAN DE VERSCHILLENDE TYPES ROTONDES	53
TABEL 13 VERDELING LETSELONGEVALLEN VOOR ENKELSTROOKS- DUBBELSTROOKSROTONDES	54
TABEL 14 VERDELING ONGEVALLEN PER SEGMENT VOOR ENKEL- EN DUBBELSTROOKSROTONDES	55
TABEL 15 VERDELING ONGEVALLEN OP ENKELSTROOKSROTONDES PER SEGMENT	55
TABEL 16 VERSCHIL IN TYPES ONGEVALLEN VOOR SEGMENT 6	57
TABEL 17 VERDELING VAN ONGEVALLEN OVER DE VERSCHILLENDE VORMEN VAN FIETSVORZIENINGEN	59
TABEL 18 VERDELING TYPE ONGEVALLEN VOOR VORM 2 (AANLIGGENDE FIETSPADEN)	62
TABEL 19 VERDELING TYPE ONGEVALLEN VOOR VORM 4 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN UIT DE VOORRANG)	62
TABEL 20 VERDELING TYPE ONGEVALLEN VOOR VORM 5 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN VER VAN DE ROTONDE (FIETSTUNNELS, GROTE GROENVOORZIENINGEN, ...))	62
TABEL 21 VERDELING LICHTGEWONDEN EN ZWAARGEWONDEN TUSSEN TWEE DOMINANTE TYPES VAN ONGEVALLEN MET AUTO'S	65
TABEL 22 VERDELING LETSELONGEVALLEN PER BETROKKEN WEGGEBRUIKERS	66
TABEL 23 MEEST BETROKKEN WEGGEBRUIKERS PER TYPE ONGEVAL	68
TABEL 24 VERDELING BETROKKEN WEGGEBRUIKERS VOOR VORM 2 (AANLIGGENDE FIETSPADEN)	71
TABEL 25 VERDELING BETROKKEN WEGGEBRUIKERS VOOR VORM 4 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN UIT DE VOORRANG)	71
TABEL 26 VERDELING BETROKKEN WEGGEBRUIKERS VOOR VORM 5 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN VER VAN DE ROTONDE (FIETSTUNNELS, GROTE GROENVOORZIENINGEN, ...))	71
TABEL 27 VERDELING VAN HET AANTAL ONGEVALLEN PER LICHTGESTELDHEID EN ERNST	73
TABEL 28 VERDELING VAN ONGEVALLEN NAAR LICHTGESTELDHEID EN PER SEGMENT	74
TABEL 29 VERDELING VAN HET AANTAL LETSELONGEVALLEN PER WEERSOMSTANDIGHEDEN	77
TABEL 30 VERDELING VAN ONGEVALLEN NAAR WEERSOMSTANDIGHEDEN EN PER SEGMENT	78
TABEL 31 VERDELING TYPE ONGEVALLEN VOOR VORM 5 (VRIJLIGGENDE FIETSPADEN VER VAN DE ROTONDE (FIETSTUNNELS, GROTE GROENVOORZIENINGEN, ...))	80

ONDERZOEKSPLAN

INHOUDSOPGAVE

Inleiding.....	101
Kernvraag van het onderzoek.....	101
Kadering van het onderzoek.....	103
Bepaling en verantwoording van de onderzoeksmethode	103

INLEIDING

Dit is het onderzoeksplan betreffende de masterproef 'Profilering van ongevallen op rotondes aan de hand van manoeuvre-diagrammen'. Deze masterproef kadert in de opleiding tot Master in de Verkeerskunde aan de Universiteit Hasselt. De promotor en co-promotor van deze masterproef zijn respectievelijk Prof. Dr. Tom Brijs en Dr. Stijn Daniels.

KERNVRAAG VAN HET ONDERZOEK

Welke ongevallen gebeuren op welke locaties op rotondes en wat zijn hier de bepalende factoren voor?

DEELVRAGEN

- Algemeen
 - a) Op welke locaties op de rotonde komen de meeste ongevallen voor?
 - b) Is er een verband tussen de locatie en de ernst van een ongeval?

- Type ongeval
 - a) Welke types ongevallen komen het meest voor op rotondes?
 - b) Is er een verband tussen het type en de ernst van een ongeval?
 - c) Is er een verband tussen het type en de locatie van een ongeval?

- Inrichting van de rotonde
 - a) Is er een verband tussen de ernst van een ongeval en de inrichting van de rotonde?
 - b) Is er een verband tussen het type ongeval en de inrichting van de rotonde?
 - c) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de inrichting van de rotonde?

- Betrokken weggebruikers
 - a) Bij welke weggebruikers is de ernst van de ongevallen het hoogst?
 - b) Is er een verband tussen de locatie van een ongeval en de betrokken weggebruikers?
 - c) Is er een verband tussen het type ongeval en de betrokken weggebruikers?
 - d) Is er een verband tussen de inrichting van de rotonde en de betrokken weggebruikers?

- Lichtgesteldheid
 - a) Is er een verband tussen het aantal ongevallen en de lichtgesteldheid?
 - b) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de lichtgesteldheid?
 - c) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de lichtgesteldheid?

- Weersomstandigheden
 - a) Is er een verband tussen de ernst van de ongevallen en de weersomstandigheden?
 - b) Is er een verband tussen de locatie van de ongevallen en de weersomstandigheden?
 - c) Is er een verband tussen het type ongeval en de weersomstandigheden?

- Synthese
 - a) Is er overeenstemming tussen de literatuur en de resultaten uit de data?

KADERING VAN HET ONDERZOEK

Dit onderzoek gaat verder op een Case Study van Gijs Dayers en Kristof Nowicki uit 2009, nl. "Analyse van ongevallen op rotondes". Zij hebben hierbij data gebruikt van 20 verschillende rotondes om de ongevallen te analyseren en in te delen volgens ernst, tijdstip, modus, type, inrichting en segment.

Verder is er al veel onderzoek gevoerd naar ongevallen op rotondes, nl. welke soorten ongevallen er gebeuren, welke soorten fietsvoorzieningen veiliger zijn voor fietsers, enzovoorts. Er is echter nog geen onderzoek gevoerd dat in detail de locaties van deze ongevallen onderzoekt.

Deze masterproef gaat daarin verder door met de bestaande data, aangevuld met nieuwe data, een gedetailleerde analyse te maken van de ongevallen die op rotondes gebeuren. Hierdoor kunnen we tot een betere profilering komen van ongevallen op rotondes.

BEPALING EN VERANTWOORDING VAN DE ONDERZOEKSMETHODE

Allereerst zal er een korte literatuurstudie worden gedaan. Daaruit zal moeten voortkomen waar de meeste ongevallen op een rotonde verwacht kunnen worden en welk type ongevallen het meest voorkomen. Ook wordt er literatuur gezocht over verschillende methodes om ongevallendata op verschillende locaties weer te geven.

Daarnaast zal er een dataverzameling uitgevoerd worden bij verschillende politiezones, om zo de bestaande database van ongevallen op rotondes (uit Dayers & Nowicki, 2009) uit te breiden.

Met deze data zal dan een verdere analyse gebeuren, zowel visueel als statistisch, om zo tot een duidelijk beeld te komen van waar ongevallen op rotondes gebeuren en wat hiervoor de bepalende factoren zijn.

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Profileren en clusteren van ongevallen op rotondes aan de hand van manoeuverdiagrammen

Richting: **master in de verkeerskunde-verkeersveiligheid**

Jaar: **2011**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Casters, Winfried

Datum: **3/06/2011**