

2012•2013  
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN  
*master in de verkeerskunde: verkeersveiligheid  
(Interfacultaire opleiding)*

Masterproef  
Conflictvrije verkeersinstallaties: Het effect op de verkeersveiligheid

Promotor :  
Prof. dr. Gerhard WETS

Copromotor :  
dr. Stijn DANIELS  
Mevrouw Ellen DE PAUW

Stijn Van Herck  
*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de verkeerskunde ,  
afstudeerrichting verkeersveiligheid*

2012•2013  
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE  
WETENSCHAPPEN  
*master in de verkeerskunde: verkeersveiligheid  
(Interfacultaire opleiding)*

## Masterproef

Conflictvrije verkeersinstallaties: Het effect op de  
verkeersveiligheid

Promotor :  
Prof. dr. Gerhard WETS

Copromotor :  
dr. Stijn DANIELS  
Mevrouw Ellen DE PAUW

Stijn Van Herck

*Masterproef voorgedragen tot het bekomen van de graad van master in de verkeerskunde,  
afstudeerrichting verkeersveiligheid*



## Woord vooraf

In het kader van het afstudeerproject van de masteropleiding verkeerskunde aan de universiteit Hasselt dienen de studenten een masterproef te maken. De studenten konden voor deze masterproef uit een vooropgestelde lijst een topic naar persoonlijke interesse kiezen. Voor deze masterproef is er gekozen om te werken met het topic "De effectiviteit van conflictvrije verkeersregelinstanties op de verschillende type ongevallen".

De keuze voor dit bepaald onderwerp was echter niet evident. Tijdens mijn opleiding aan de universiteit Hasselt kwamen er verscheidene aspecten van de richting verkeerskunde naar voor die mijn interesse opwekten. Uiteindelijk heb ik een onderwerp gekozen dat aanleunt bij mijn huidige job (projectleider verkeers- en werfsignalisatie). Het topic analyseert namelijk het effect van conflictvrije verkeerslichten op het aantal en soorten ongevallen. Hierbij zal in de eerste plaats de analyse van belang zijn, doch intrigeert het mij ten zeerste hoe de verkeersstromen zich met elkaar verhouden en welke conflicten er voorkomen en voorkomen kunnen worden. Deze denkrichting heeft mij over de streep getrokken naar het kiezen van dit topic.

Het voorbereidende werk van deze masterproef bestond uit het opmaken van een onderzoeksplan. In dit onderzoeksplan werd het gekozen topic voor een eerste maal onder de loep genomen en dit werd het fundament van de masterproef. Hierbij was het voornamelijk belangrijk het onderwerp af te bakenen en de probleemstelling (met de centrale onderzoeksvraag) te achterhalen. Vervolgens werden de doelstellingen (met bijhorende onderzoeksvragen) opgesteld die een antwoord moesten bieden op de algemene probleemstelling. Uiteindelijk werd nog een werk- en tijdschema opgesteld.



## **Dankwoord**

Bij het begin van deze thesis, die het eindpunt vormt van de opleiding verkeerskunde, zijn er een aantal mensen in het bijzonder die ik zou willen bedanken:

In de eerste plaats zou ik mijn promotor Prof. Dr. Geert Wets, co-promotor Dr. Stijn Daniels en begeleider Ellen de Pauw willen bedanken. Zij zorgden voor het thesisonderwerp en verleenden hun expertise om het eindwerk tot een goed eind te brengen.

Vervolgens zou ik de steun van het thuisfront willen vermelden. Zij hebben mij de afgelopen jaren op alle mogelijke manieren geholpen en gesteund bij deze opleiding.

Tot slot zou ik ook mijn werkgever en collega's willen bedanken voor hun steun en begrip bij het maken van een masterproef in combinatie met een voltijdse baan.



## Samenvatting

Kruispunten zijn plaatsen in het verkeersnetwerk waar verkeersstromen, van vaak alle type verkeersdeelnemers, uit verschillende richtingen elkaar kruisen. Deze kruisende patronen brengen veel potentiële conflicten met zich mee. Er worden vaak specifieke maatregelen genomen om deze plaatsen te organiseren en te structureren. Eén van deze maatregelen zijn verkeersregelininstallaties.

Verkeersregelininstallaties zorgen er namelijk voor dat de verschillende verkeersstromen in tijd gescheiden worden. In dit rapport worden de gedeeltelijk en volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties in het bijzonder onderzocht. Volledig conflictvrij betekent dat er geen conflicten of deelconflicten voorkomen. Het afslaand verkeer krijgt een groene pijl en het tegemoetkomend verkeer krijgt rood. Gedeeltelijk conflictvrij zijn kruispunten waarbij het links afslaand verkeer gedeeltelijk beschermd is. De afslaande voertuigen zien namelijk slechts gedurende een bepaald interval een groene pijl. Dergelijk systeem staat in België bekend onder de naam 'ontruimingspijl'.

Het invoeren van gedeeltelijk of volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties op niet-conflictvrije kruispunten heeft gevolgen voor de verkeersveiligheid. Bij conflictvrije verkeersregelininstallaties worden het aantal conflicten verminderd en kan men verwachten dat het aantal ongevallen, meer bepaald het aantal flankaanrijdingen, lager ligt dan op kruispunten met 'gewone' verkeerslichten. Het invoeren van de gedeeltelijk of volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties kan dus een gunstig effect hebben op de verkeersveiligheid.

In het algemeen werd er in de literatuurstudie dan ook een gunstig effect gevonden op het totaal aantal ongevallen bij het instellen van gedeeltelijk en volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties. Geschatte cijfers variëren tussen de 0% en -45%. Bij het type ongeval bleek er voornamelijk een gunstig effect op het aantal flankaanrijdingen met dalingen tot wel 98%. Het aantal kop-staart aanrijdingen daarentegen, kende een veel minder gunstig effect. De cijfers variëren tussen de 0% en 80%. Het effect van de volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties werd in het algemeen gunstiger bevonden dan het effect van de gedeeltelijk conflictvrije verkeerslichten.

In het eigen methodologisch onderzoek werd op 104 'gevaarlijke locaties' in Vlaanderen het effect op de verkeersveiligheid van gedeeltelijk en volledig conflictvrije



verkeersregelinstallaties nagegaan op basis van een voor- en nastudie, waarbij het aantal ongevallen voor de herinrichting van het gevaarlijke punt werd vergeleken met het aantal ongevallen na de herinrichting naar een gedeeltelijk of volledig conflictvrije verkeersregelinstallatie. Door gebruik te maken van de Empirical Bayes methode en een vergelijkingsgroep werd er gecorrigeerd voor de externe variabelen. De belangrijkste externe variabelen zijn de regressie naar het gemiddelde, de trend, migratie van ongevallen, veranderingen in verkeersvolume en andere veiligheidsmaatregelen.

In de meta-analyse van alle 104 onderzoekslocaties werd er bij het invoeren van volledig conflictvrije verkeersregelinstallaties een significante daling van het totaal aantal ongevallen met 35% en 38% vastgesteld, afhankelijk van de gebruikte vergelijkingsgroep. Ook voor de ernstige ongevallen werd er een zeer gunstig effect gevonden. De cijfers variëren tussen de -45% en -57%. Het effect op het totaal aantal ongevallen bij het invoeren van gedeeltelijk conflictvrije verkeersregelinstallaties is gunstig, maar ligt met -28% en -32% lager dan bij de volledig conflictvrije verkeersregelinstallaties. Het effect van gedeeltelijk conflictvrije verkeersregelinstallatie op de ernstige ongevallen is echter zeer gunstig. De cijfers variëren tussen de -58% en -65%.

Voor de gedeeltelijk en volledig conflictvrije verkeersregelinstallaties werden vergelijkbare resultaten gevonden voor het type ongevallen. Het aantal flankaanrijdingen daalde voor alle conflictvrije verkeersregelinstallaties met 31% en 36%, afhankelijk van de gebruikte vergelijkingsgroep. Het effect op het aantal kop-staart aanrijdingen bleek echter veel minder gunstig. Er werd een statistisch niet significante daling vastgesteld van 13% en 7%.

Naast de analyse op ongevalleniveau, werd er ook een analyse op slachtofferniveau uitgevoerd. Hierbij werd onderzocht wat het effect op de verschillende types weggebruikers was. De onderzochte weggebruikers bestonden uit bromfietzers, automobilisten, fietsers en motorrijders. Na controle voor algemene trendeffecten werd een daling in het aantal gewonden vastgesteld voor elk type weggebruiker.

# Inhoudsopgave

Samenvatting .....	7
1. Inleiding .....	15
2. Onderzoeksopzet .....	17
2.1 Probleemstelling .....	17
2.2 Onderzoeksvragen .....	18
2.3 Doelstelling .....	19
DEEL 1: LITERATUURSTUDIE.....	21
3. Ongevallencijfers op kruispunten .....	21
3.1 België .....	21
3.2 Europese Unie .....	22
3.3 Verenigde Staten van Amerika .....	24
3.4 Besluit.....	24
4. Verkeersregelinrichtingen .....	25
4.1 Het kruispunt .....	25
4.1.1 Fysieke factoren van het kruispunt .....	26
4.1.2 Verkeersstromen en intensiteit van een kruispunt.....	26
4.1.3 Menselijke factoren .....	29
4.2 Het verkeerslicht .....	30
4.2.1 Algemeen .....	30
4.2.2 Types VRI's .....	31
4.2.3 Criteria voor het plaatsen van een bepaald type VRI .....	36

5. Het berekenen van de effectiviteit.....	41
5.1 De analysemethode .....	41
5.2 Externe variabelen bij het berekenen van de effectiviteit .....	43
5.2.1 Regressie naar het gemiddelde.....	43
5.2.2 De trend.....	44
5.2.3 Verandering in verkeersvolume .....	44
5.2.4 Migratie van ongevallen.....	45
5.2.5 Controle externe variabelen .....	45
5.3 De Empirical Bayes methode .....	45
5.3.1 Algemeen .....	46
5.3.2 Correctie voor regressie naar het gemiddelde.....	46
5.3.3 Correctie voor de trend .....	48
5.3.4 Meta-analyse .....	49
6. Effectiviteit van conflictvrije VRI's .....	51
6.1 Verkeersveiligheid-effecten uit de literatuur .....	51
6.2 Overzicht effecten.....	57
6.2.1 Globaal effect.....	58
6.2.2 Effect op het type ongeval .....	60
6.2.3 Effect naar de betrokken weggebruikers .....	62
6.2.4 Besluit .....	62
DEEL 2: EIGEN ONDERZOEK .....	65
7. Studie ontwerp, dataverzameling en methodiek.....	65
7.1 Studie ontwerp.....	65

7.2 Data .....	66
7.2.1 Selectie van de onderzoeksgroep en vergelijklingsgroep.....	67
7.2.2 Selectie van de ongevallendata .....	70
7.3 Methodiek.....	78
8. Resultaten .....	83
8.1 Globaal effect.....	83
8.2 Effect op het type ongeval .....	85
8.3 Effectiviteit naar betrokken weggebruiker .....	87
9. Discussie .....	91
9.1 Globaal effect en effect op het type ongeval.....	91
9.2 Effect naar de betrokken weggebruiker .....	95
10. Conclusies en aanbevelingen .....	97
10.1 Conclusies.....	97
10.2 Aanbevelingen.....	98
11. Bronnen.....	99
12. Bijlagen .....	103

## Lijst van figuren

FIGUUR 1 Ongevallen op kruispunten, rotondes of buiten kruisingen in België (Casteels <i>et al.</i> , 2012).	22
FIGUUR 2 Aantal en percentage dodelijke ongevallen Europa (DaCoTA, 2011).	22
FIGUUR 3 Aantal en percentage dodelijke ongevallen per land (Broughton <i>et al.</i> , 2011).	23
FIGUUR 4 Basiselementen voor de veiligheid van een kruispunt.	25
FIGUUR 5 Conflicterende punten op kruispunt (Van de Winckel, 2012).	27
FIGUUR 6 Conflicterende richtingen en hun conflictvlak op een kruispunt (SWOV, 2009).	30
FIGUUR 7 Niet-conflictvrij links afslaan (Dreesen, 2005).	32
FIGUUR 8 Conflictvrij links afslaan (Dreesen, 2005).	32
FIGUUR 9 Fasen conflictvrij verkeerslicht fietsers (Castrel, 2013).	34
FIGUUR 10 Conflictvrij verkeerslicht fietsers.	35
FIGUUR 11 Flow-chart: selectie van locaties in de onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 1.	68
FIGUUR 12 Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in de onderzoeksgroep.	72
FIGUUR 13 Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in vergelijkingsgroep 1.	72
FIGUUR 14 Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in vergelijkingsgroep 2.	73
FIGUUR 15 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in de onderzoeksgroep.	74
FIGUUR 16 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in vergelijkingsgroep 1.	74
FIGUUR 17 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in vergelijkingsgroep 2.	75
FIGUUR 18 Aantal ongevallen per betrokken weggebruiker in de onderzoeksgroep.	76
FIGUUR 19 Aantal ongevallen per betrokken weggebruiker in vergelijkingsgroep 1.	77
FIGUUR 20 Aantal ongevallen per betrokken weggebruiker in vergelijkingsgroep 2.	78
FIGUUR 21 Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in vergelijkingsgroep 3.	103
FIGUUR 22 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in vergelijkingsgroep 3.	104
FIGUUR 23 Aantal ongevallen per betrokken weggebruiker in vergelijkingsgroep 3.	104
FIGUUR 24 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in de onderzoeksgroep.	107
FIGUUR 25 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen bij vergelijkingsgroep 1.	108

## Lijst van tabellen

TABEL 1 Geometrische Factoren van een Kruispunt (Brüde <i>et al.</i> , 1998).....	26
TABEL 2 Afwikkelingsniveau (HCM, 2000).....	28
TABEL 3 Voor- en Nadelen Rotonde / Verkeerslichtenregeling (Van de Winckel, 2012) ..	37
TABEL 4 Ongevallendata op Kruispunten in California (Washington <i>et al.</i> , 1991).....	52
TABEL 5 Aantal Ongevallen North Carolina (Srinivasan <i>et al.</i> , 2008).....	55
TABEL 6 Aantal Ongevallen in Toronto (Srinivasan <i>et al.</i> , 2012) .....	56
TABEL 7 Overzicht Globale Effecten op Verkeersveiligheid .....	58
Tabel 8 Overzicht Effecten op het Type Ongevallen .....	60
TABEL 9 Effectiviteit Conflictvrije VRI's op Globaal en Type Aanrijdingen .....	63
TABEL 10 Odds Ratio's van Ongevallen in de Onderzoeksgroep ten opzichte van Vergelijklingsgroep 1 en Vergelijklingsgroep 2 .....	70
TABEL 11 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties met Alle Letselongevallen .....	84
TABEL 12 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties met Ernstige Ongevallen .....	85
TABEL 13 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties naar het Type Ongeval met Vergelijklingsgroep 1.....	86
TABEL 14 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties naar het Type Ongeval met Vergelijklingsgroep 2.....	87
TABEL 15 Gemiddeld Aantal Gewonden Per Type Weggebruikers Voor en Na het Aanpassen van de VRI, dit zowel voor de Onderzoeksgroep als voor Vergelijklingsgroep 1 .....	89
TABEL 16 Gemiddeld Aantal Gewonden Per Type Weggebruikers Voor en Na het Aanpassen van de VRI, dit zowel voor de Onderzoeksgroep als voor Vergelijklingsgroep 2 .....	90
TABEL 17 Overzicht Effecten op Verkeersveiligheid voor alle VRI's, Gedeeltelijk Conflictvrije VRI's en Volledig Conflictvrije VRI's.....	91
TABEL 18 Overzicht Effecten naar Betrokken Weggebruiker .....	95
Tabel 19 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties met Vergelijklingsgroep 3 .....	105
Tabel 20 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties naar het Type Ongevallen met Vergelijklingsgroep 3.....	106



# 1. Inleiding

Kruispunten zijn plaatsen in het verkeersnetwerk waar verkeersstromen, van vaak alle type verkeersdeelnemers, uit verschillende richtingen elkaar kruisen. Deze kruisende patronen brengen veel potentiële conflicten met zich mee. Logischerwijs is de kans op het aantal ongevallen hoger bij een groter aantal conflictpunten.

De kans dat op kruispunten meer verkeersongevallen plaatsvinden dan op andere wegsegmenten lijkt dan ook voor de hand liggend. Uit ongevallencijfers op kruispunten blijkt dat zowel ongevallen met gewonden als ongevallen met doden voor een groot deel plaatsvinden op kruispunten. In Vlaanderen komen 36% van alle ongevallen voor op kruispunten. (Casteels, Nuyttens, Vlaminck & Focant, 2012)

Het is zeer aannemelijk dat er een zeker verband bestaat tussen het type kruispunt en de mate van verkeersveiligheid. Er zijn namelijk verschillende mogelijkheden /maatregelen om verkeersstromen op kruispunten te organiseren. Er kan bijvoorbeeld gewerkt worden met voorrangregels via bebording en belijning, maar er kan ook gewerkt worden via verkeerslichten of rotondes. Deze laatste twee maatregelen kunnen in verschillende vormen voorkomen. Het komt er echter telkens op neer dat men de mogelijke conflicten probeert te verminderen. Bij een verkeerslichteninstallatie weet de bestuurder van een voertuig dat er geen overstekend verkeer is als hij groen licht heeft en bij een rotonde weet de bestuurder dat er enkel voertuigen van links komen.

Bij deze studie zal er gefocust worden op maatregelen met verkeerslichten. Namelijk op conflictvrije verkeersregelinstallaties (VRI's) in het bijzonder. Bij een dergelijke verkeerslichtenregeling wordt, in vergelijking met een gewone verkeerslichtenregeling, het aantal conflicten verder verminderd, doordat het links afslaan beveiligd kan gebeuren. Men kan dan ook verwachten dat het aantal ongevallen op dergelijke kruispunten lager zal liggen dan op normale kruispunten.

Het hoofddoel van dit onderzoek is om na te gaan welke effecten deze conflictvrije VRI's hebben op het aantal ongevallen. Hierbij wordt er niet enkel gekeken naar het globale aantal ongevallen, maar ook naar de ernst van de ongevallen, het type aanrijdingen en de betrokkenen bij de ongevallen. Aan de hand van een literatuuronderzoek en een eigen onderzoek met Vlaamse data (beschikbaar gesteld door het Instituut voor Mobiliteit, IMOB) zal de effectiviteit op deze VRI's onderzocht worden.





## 2. Onderzoeksopzet

### 2.1 Probleemstelling

Kruispunten zijn kritieke elementen in het verkeersnetwerk wat betreft veiligheid. Zowel in binnen- als buitenland gebeuren er een groot deel van het aantal verkeersongevallen op kruispunten. In Vlaanderen vindt namelijk 36% van het totale aantal verkeersongevallen en 22% van het totale aantal dodelijke ongevallen plaats op kruispunten (Casteels *et al.*, 2012). In Europa zijn dat 21.3% van het totale aantal dodelijke ongevallen (Broughton *et al.*, 2011).

Op deze kruispunten zijn er verschillende voorrangregels opgelegd om dergelijke plaatsen te structureren en de veiligheid te bevorderen. Eén mogelijkheid daarvan is het plaatsen van verkeerslichten. Dergelijke verkeerslichten zorgen ervoor dat verkeersstromen in de tijd gescheiden worden. Bij conflictvrije verkeerslichten worden het aantal mogelijke conflicten nog verder verminderd, aangezien het links afslaan ook in de tijd gescheiden wordt met het tegemoetkomende verkeer. Hierdoor kan men verwachten dat het aantal ongevallen op dergelijke kruispunten lager ligt dan bij de standaard verkeerslichten. Een eerste onderzoeksronde bevestigt deze verwachtingen. In een studie van Dreesen en Nuyts (2005), waarbij de effectiviteit van dergelijke conflictvrije verkeerslichten onderzocht werd in Vlaanderen, is er een daling van het globale aantal ongevallen met 30% vastgesteld op kruispunten met conflictvrije verkeerslichten. Een internationaal literatuuroverzicht van Hauer (2004) geeft ook aan dat bij de meeste onderzochte studies er een daling van het globale effect waarneembaar is (overzicht cijfers in hoofdstuk 5). De vraag blijft echter welke effectiviteit deze conflictvrije verkeerslichten hebben op andere factoren.

Het globale effect kan namelijk gunstig zijn, terwijl er voor bepaalde weggebruikers juist meer gevaar dreigt. Er kan bijvoorbeeld gedacht worden aan rotondes. Deze worden vaak gezien als veilige kruispunten, waarbij het aantal ongevallen afneemt. Fietsongevallen komen echter vaker voor bij rotondes in een bebouwde kom dan bij lichtgeregelde kruispunten. Hoewel er hier schijnbaar een globaal positief effect is, is er een negatief effect voor de actieve weggebruiker - de actieve weggebruiker die juist beter beschermd moet worden in het verkeer. (Daniels & Wets, 2007)

Bij de effectiviteit van conflictvrije VRI's kan er mogelijks ook een wezenlijk verschil zijn tussen het globale effect en bepaalde 'deeleffecten'. Onder deeleffecten verstaan we in

deze studie drie verschillende vormen. De studie zal namelijk de ernst van de ongevallen, het type aanrijdingen en de betrokkenen bij de ongevallen onderzoeken. Onder de ernst van een ongeval zijn er drie categorieën te onderscheiden, namelijk ongevallen met dodelijke slachtoffers, ongevallen met zwaar gewonden en ongevallen met licht gewonden. Bij het type aanrijdingen wordt er gekeken naar de aanrijding bij dit ongeval. Hieronder kunnen er verschillende aanrijdingen onderscheiden worden, waarbij de kop-staart aanrijdingen en de flankaanrijdingen het meest voorkomend zijn op een kruispunt (Bochner & Walden, 2010). Als laatste kan er ook een onderscheid naar de betrokkenen van een ongeval gemaakt worden. Er kan namelijk een ongeval voorkomen tussen twee gemotoriseerde voertuigen, maar ook tussen een actieve weggebruiker en een gemotoriseerd voertuig (zoals het voorbeeld van de rotondes weergeeft).

Zoals eerder vermeld blijkt er een positief effect te zijn op het globale aantal ongevallen bij het onderzoek van Dreesen en Nuyts (2005) in Vlaanderen. Wanneer er onderzocht werd naar het type aanrijdingen, bleek het echter zo simpel niet. Bij het onderzoek van Dreesen & Nuyts zijn er namelijk evenveel kruispunten waar het aantal kop-staart aanrijdingen blijkt te dalen, als te stijgen na de invoering van een conflictvrij VRI. Daar waar het aantal flankaanrijdingen significant afneemt bij de invoering van een conflictvrij VRI. Ook bij het internationale literatuuroverzicht van Hauer (2004) zijn er uiteenlopende cijfers vastgesteld. Doch lijkt er een algemene trend waarneembaar, waarbij er een stijging is van het aantal kop-staart aanrijdingen, een daling van het aantal flankaanrijdingen en een algemene daling van het aantal ongevallen na de invoering van een conflictvrije verkeersregelininstallatie.

## 2.2 Onderzoeksvragen

**“Wat is de effectiviteit van conflictvrije verkeersregelininstallaties op de verkeersveiligheid?”**

De bijkomende onderzoeksvragen zijn:

**OZV1: Wat is het globale effect van conflictvrije verkeersregelininstallaties op het aantal ongevallen?**

De basis voor het methodologisch onderzoek. De globale effecten analyseren en vergelijken met de literatuurstudie. Hierbij dient de ernst van het ongeval in rekening gebracht te worden:

- Wat is het globale effect op het aantal letselonegevallen?

- Wat is het globale effect op het aantal ernstige ongevallen?

**OZV2: Wat is het effect van conflictvrije verkeersregelininstallaties op het type ongeval?**

- Wat is het effect op het aantal flankaanrijdingen met licht gewonden?
- Wat is het effect op het aantal flankaanrijdingen met ernstig gewonden?
- Wat is het effect op het aantal kop-staart aanrijdingen met licht gewonden?
- Wat is het effect op het aantal kop-staart aanrijdingen met ernstig gewonden?

**OZV3: Welke effecten naar betrokken weggebruikers hebben conflictvrije verkeersregelininstallaties?**

- Wat is het effect op het aantal gewonde voetgangers?
- Wat is het effect op het aantal gewonde fietsers?
- Wat is het effect op het aantal gewonde bromfietzers?
- Wat is het effect op het aantal gewonde motorbestuurders?
- Wat is het effect op het aantal gewonde inzittenden van een personenwagen?
- Wat is het effect op het aantal gewonde vrachtwagenbestuurders?

**OZV4: Welke effecten hebben volledige conflictvrije verkeersregelininstallaties en gedeeltelijk conflictvrije verkeersregelininstallaties?**

- Wat is het globale effect / effect op het type ongevallen van conflictvrije VRI's?
- Wat is het globale effect / effect op het type ongevallen van gedeeltelijk conflictvrije VRI's?

## **2.3 Doelstelling**

Om een antwoord te vinden op de geformuleerde onderzoeksvragen zal er een onderzoek uitgevoerd worden over het academiejaar 2012-2013. In deze studie zal er gebruik gemaakt worden van enerzijds een literatuurstudie en anderzijds een eigen onderzoek.

Zoals de inleiding reeds weergaf komen er op kruispunten veel potentiële conflicten voor (Bochner & Walden, 2010). Veel potentiële conflicten betekent logischerwijs een grotere kans op ongevallen. Conflictvrije VRI's zouden de verkeersveiligheid op dergelijke kruispunten moeten verhogen. In de eerste plaats is het dan ook de doelstelling om via een literatuurstudie de effectiviteit van conflictvrije verkeersregelininstallaties in binnen- en buitenland na te gaan. Hierbij zal er zowel naar de globale effectiviteit als naar de effectiviteit naar type aanrijding en betrokken weggebruiker onderzoek gedaan worden.

Volgend op deze literatuurstudie zal, specifiek voor Vlaanderen, nagegaan worden wat het effect is van conflictvrije VRI's. Hierbij zal eveneens het effect op de ongevallen onderzocht worden, waarbij een onderscheid zal worden gemaakt in de ernst van het ongeval. Het onderzoek zal uitgevoerd worden op basis van Vlaamse data, verkregen via het IMOB. Deze data bestaat uit een selectie kruispunten die opgenomen zijn in de 'gevaarlijke punten' sites van de Vlaamse overheid. De analyse van deze data zal enerzijds het eerste beeld geven van de verkregen data en anderzijds de basis vormen van het eigen onderzoek.

Vervolgens zal het onderzoek nagaan wat het effect van VRI's is op het type aanrijding en de betrokken weggebruiker. Wederom zal het hier mogelijk zijn de ernst van het ongeval in rekening te brengen om een beter beeld te krijgen op het effect van VRI's. Hierbij kan er gebruik gemaakt worden van de vergaarde informatie en werkwijze vanuit zowel de literatuurstudie als het inleidend onderzoek.

## DEEL 1: LITERATUURSTUDIE

---

Het eerste deel van dit rapport zal bestaan uit een literatuurstudie. Hierbij wordt zowel in nationale als internationale literatuur gezocht naar de ongevallenstatistieken op kruispunten. Vervolgens zal het algemene concept van kruispunten en verkeersregelininstallaties besproken worden. Als laatste zal er in dit deel onderzocht worden wat het effect is van conflictvrije verkeersregelininstallaties op zowel de globale ongevallen, het type aanrijdingen en de betrokken weggebruikers.

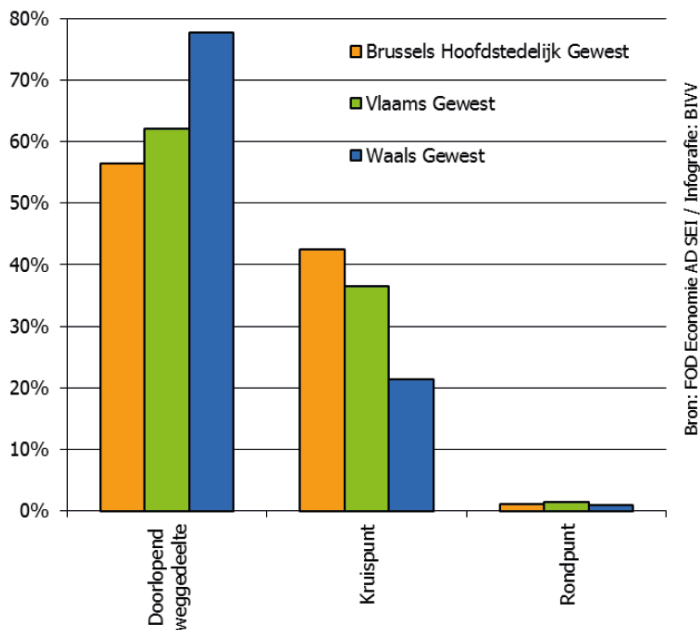
### **3. Ongevallencijfers op kruispunten**

Kruispunten zijn kritieke elementen in het verkeersnetwerk wat betreft veiligheid (Dreesen A. , 2005). Zowel in binnen- als buitenland gebeuren er een groot deel van het aantal verkeersongevallen op kruispunten. In dit onderdeel zullen de algemene ongevallenstatistieken op kruispunten in het binnen- en het buitenland dan ook nader onderzocht worden.

#### **3.1 België**

In België kwamen er in 2010 in totaal 61 220 verkeersongevallen voor (gewogen cijfer). Van deze 61 220 vonden 33.4% plaats op kruispunten (Nuyttens, Focant & Casteels, 2012). In Vlaanderen kwamen er 29 115 verkeersongevallen voor in 2010. Van deze 29 115 ongevallen vonden er 36% plaats op kruispunten. De overige ongevallen vonden plaats op doorlopende weggedeeltes (62%) en rotondes (1%). Van de ongevallen op kruispunten in Vlaanderen waren er 22% dodelijk. (Casteels *et al.*, 2012)

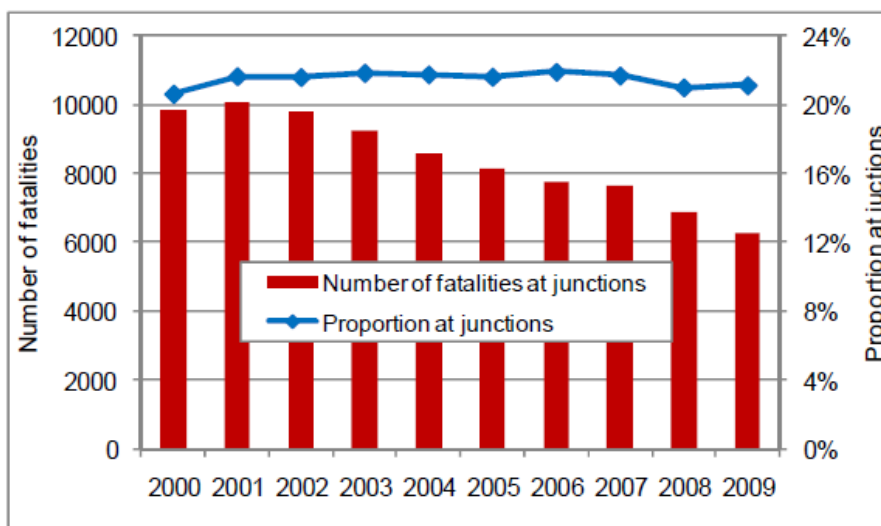
Er treedt een duidelijk verschil op met Wallonië, waar er maar liefst 77% van de verkeersongevallen gebeurt op doorlopende weggedeeltes en slechts 22% op de kruispunten. Het verschil tussen Vlaanderen en Wallonië houdt mogelijk verband met de lage urbanisatiegraad in Wallonië, waardoor kruispunten een kleiner aandeel van het totale verkeersnetwerk innemen. Typerend voor Vlaanderen is dan ook het grote aantal ongevallen (19%) op kruispunten met verkeersborden B1 of B5 (voorrang verlenen en stoppen). Op kruispunten met VRI's komen 8.1% van het totale aantal verkeersongevallen in Vlaanderen voor. (Casteels *et al.*, 2012)



**FIGUUR 1** Ongevallen op kruispunten, rotondes of buiten kruisingen in België (Casteels *et al.*, 2012).

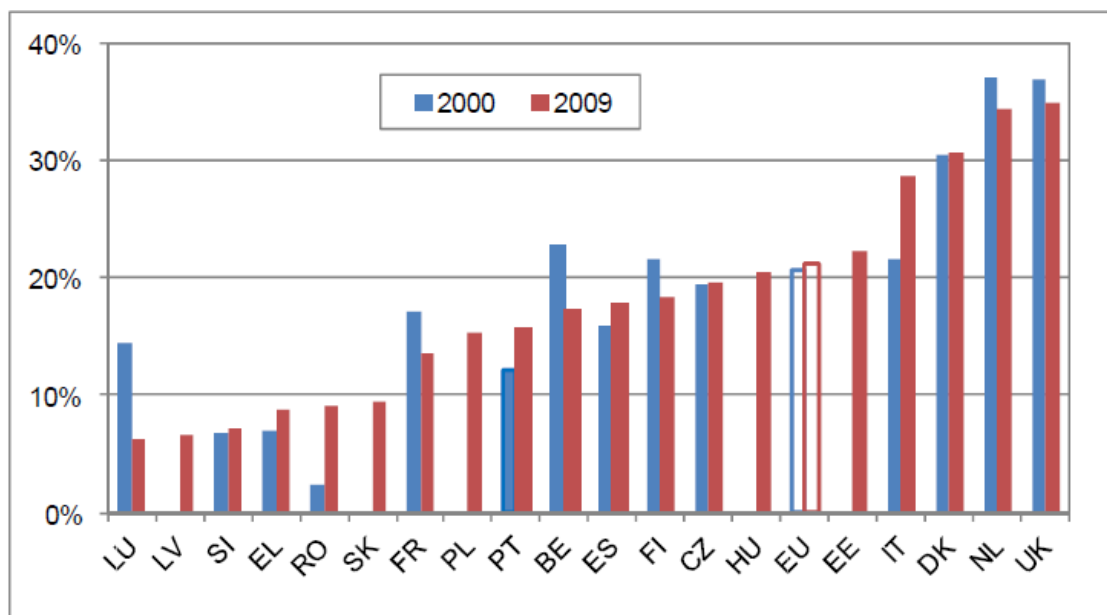
### 3.2 Europese Unie

In Europa waren er bijna 10 500 dodelijke verkeersslachtoffers op kruispunten in 1999. Dit aantal daalde met 30% naar 6 300 dodelijke slachtoffers tegen 2009. De daling van het aantal dodelijke slachtoffers kent ongeveer dezelfde trend als de daling van het totale aantal ongevallen op kruispunten. In figuur 2 is deze trend waar te nemen. (Broughton *et al.*, 2011)



**FIGUUR 2** Aantal en percentage dodelijke ongevallen Europa (DaCoTA, 2011).

In figuur 3 zijn de dodelijke ongevallencijfers op alle types kruispunten van de EU-22 weergegeven, uitgezet per land. Enkel Ierland en Duitsland zijn niet weergegeven wegens statistisch incorrecte data. De EU-22 zijn de 22 Europese landen die bij de Europese Economische Gemeenschap behoren. (Broughton *et al.*, 2011)



**FIGUUR 3** Aantal en percentage dodelijke ongevallen per land (Broughton *et al.*, 2011).

In 2000 stond België nog ruim boven het Europese gemiddelde. Sinds 2009 is het aantal dodelijke slachtoffers op kruispunten in België echter gezakt naar ongeveer 19% van het totaal aantal verkeersdoden, waar dit in Europa ongeveer 21% van alle verkeersdoden vertegenwoordigt. Op de figuur is verder te zien dat enkel Italië, Denemarken, Nederland en het Verenigd Koninkrijk hoger scoren dan het Europese gemiddelde. Hierbij moet er echter rekening gehouden worden met de gebruikte criteria in verband met de dataverzameling. In het Verenigd Koninkrijk worden bijvoorbeeld ongevallen die 20 meter voor of na een kruispunt gebeuren mee opgenomen bij het totale aantal ongevallen op kruispunten. Dit is bij de meeste andere Europese landen niet het geval. Het is dan ook logisch dat het Verenigd Koninkrijk een dergelijk hoger gemiddelde kent dan de andere Europese landen. (Simons, Hermitte & Page, 2009)



### **3.3 Verenigde Staten van Amerika**

In de VSA (Verenigde Staten van Amerika) vielen er in 2009 ongeveer 33 800 dodelijke slachtoffers bij verkeersongevallen. Hiervan vielen 7 043 dodelijke slachtoffers op kruispunten. In percentage uitgedrukt hebben 20.8% van alle dodelijke verkeersongevallen plaats op kruispunten. Het cijfer ligt dan ook zeer dicht bij de 21% in Europa. (FHA, 2012)

### **3.4 Besluit**

Hoewel bovenstaande data aantoont dat het totale aantal verkeersongevallen en het totale aantal dodelijke ongevallen een grote daling kende over het laatste decennium, komen er nog steeds veel (dodelijke) ongevallen voor op kruispunten. Het lijkt dus van belang om na te gaan op welk type kruispunten de meeste ongevallen gebeuren. In het volgende hoofdstuk zal het kruispunt dan ook nader bekeken worden.

Het probleem is natuurlijk groter dan het globaal aantal ongevallen alleen. Er zijn namelijk verschillende gradaties van ongevallen, meestal gekenmerkt als materiële schade, lichte ongevallen, zware ongevallen en dodelijke ongevallen. Bij bepaalde types ongevallen is de kans op een hogere ernst groter dan bij andere ongevallen. De twee meest voorkomende types ongevallen op gesignaleerde kruispunten zijn flankaanrijdingen (kruisende rijlijnen) en kop-staart aanrijdingen (wanneer het voertuig in botsing komt met het voertuig dat voor hem rijdt). De flankaanrijdingen hebben echter meestal een veel hogere ernst dan de kop-staart aanrijdingen. Bij flankaanrijdingen is de snelheid bij het ongeval vaak hoog en er vindt vaak een rechtstreeks contact met de passagiersruimte plaats. (Bochner & Walden, 2010)

Verder dient er buiten het globaal aantal ongevallen en de soort ongevallen ook nog rekening gehouden te worden met de betrokken weggebruikers bij ongevallen. Over het algemeen denkt men vaak alleen aan gemotoriseerde voertuigen, maar ook fietsers en voetgangers zijn vaak betrokken bij ongevallen op kruispunten. Hier ontmoeten fietsers en voetgangers namelijk ander verkeer, uit andere richtingen en met andere snelheden. Hieruit ontstaan dan mogelijke conflicten. Uit het eindrapport 'Fietsongevallen van de politiezone Antwerpen in 2011' blijkt dan ook dat fietsers extra kwetsbaar zijn op kruispunten. In 51.6% gebeuren de ongevallen met fietsers op kruispunten. (VSV, 2011)

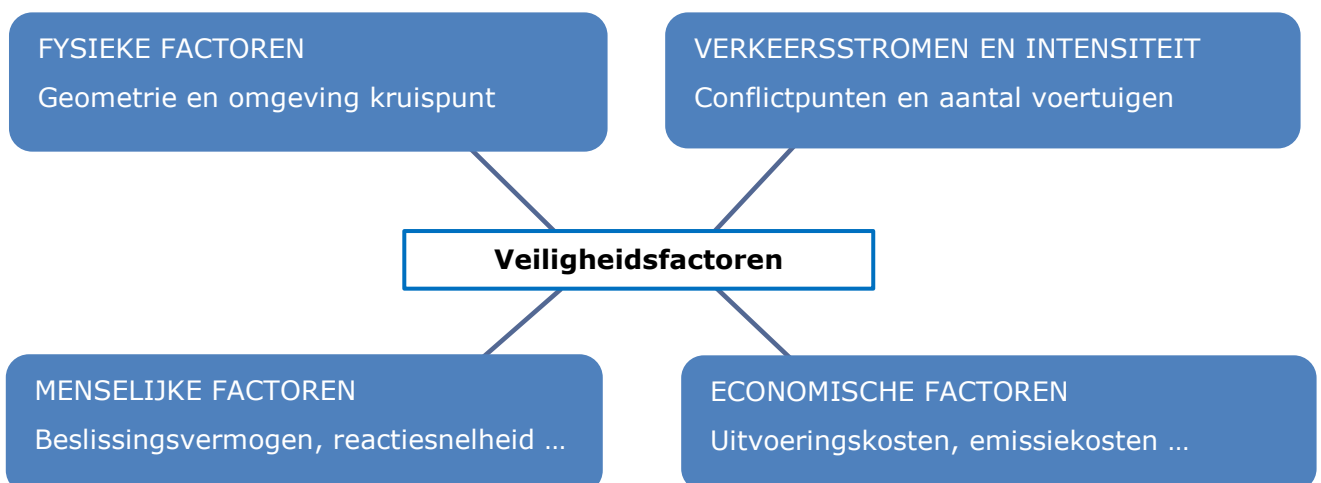
## 4. Verkeersregelinrichtingen

In het tweede hoofdstuk van deze literatuurstudie gaan we inzoomen op de kruispunten en verkeerslichten zelf. Onder andere de analyse van het kruispunt, het type VRI en de criteria voor het plaatsen van een VRI zullen besproken worden.

### 4.1 Het kruispunt

Eerder werd er aangehaald dat kruispunten kritische elementen zijn in het verkeersnetwerk. Er zijn verschillende mogelijkheden om de kruisende verkeersstromen op een dergelijk punt te structureren en te organiseren. Hierbij denken we in de eerste plaats aan rotondes en verkeerslichten. In dit rapport zal er echter gefocust worden op de verkeerslichten waarbij er een onderscheid gemaakt kan worden tussen conflictvrije verkeerslichten, gedeeltelijk conflictvrije verkeerslichten en niet-conflictvrije verkeerslichten. Bij conflictvrije verkeerslichten zijn namelijk links afslaande bewegingen beschermd, daar bij gedeeltelijk conflictvrije VRI's niet alle links afslaande bewegingen beschermd zijn en bij niet-conflictvrije VRI's er zelfs geen bescherming is voor deze links afslaande bewegingen. Allereerst is het echter belangrijk om het aspect kruispunt en de veiligheid op een kruispunt van dichterbij te bekijken.

Volgens een onderzoek bij het VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute) voor het Europese project SAFESTAR (Brüde, Hedman, Larsson & Thuresson, 1998) zijn er vier basiselementen die in beschouwing moeten genomen worden in functie van de veiligheid van een kruispunt:



**FIGUUR 4 Basiselementen voor de veiligheid van een kruispunt.**

In onderstaande paragrafen zullen deze kenmerken (op de economische factor na) achtereenvolgens besproken worden. Daarna zullen de ongevallencijfers op kruispunten onderzocht worden in binnen- en buitenland.

#### **4.1.1 Fysieke factoren van het kruispunt**

De geometrie en de omgeving van een kruispunt zijn belangrijke factoren bij het beschouwen van de veiligheid van dat kruispunt. Er zijn namelijk verschillende soorten kruispunten die elk andere conflicten en gevaren met zich meebrengen. Zo zijn er bijvoorbeeld andere stromen en conflicten op een T-kruispunt dan op een X-vormig kruispunt. Volgens het VTI (Brüde *et al.*, 1998) zijn de geometrische factoren in tabel 1 van belang:

**TABEL 1 Geometrische Factoren van een Kruispunt (Brüde *et al.*, 1998)**

<b>Geometrische factoren kruispunt</b>	
Aantal armen	Hoek tussen de armen
Zichtafstand	Alignement
Extra rijstroken	Kanaliserie
Wrijving	Draaicirkel
Verlichting	Breedte van rijstroken en bermen
Aantal rijstroken	Vorrangsregeling
Nadersnelheid	

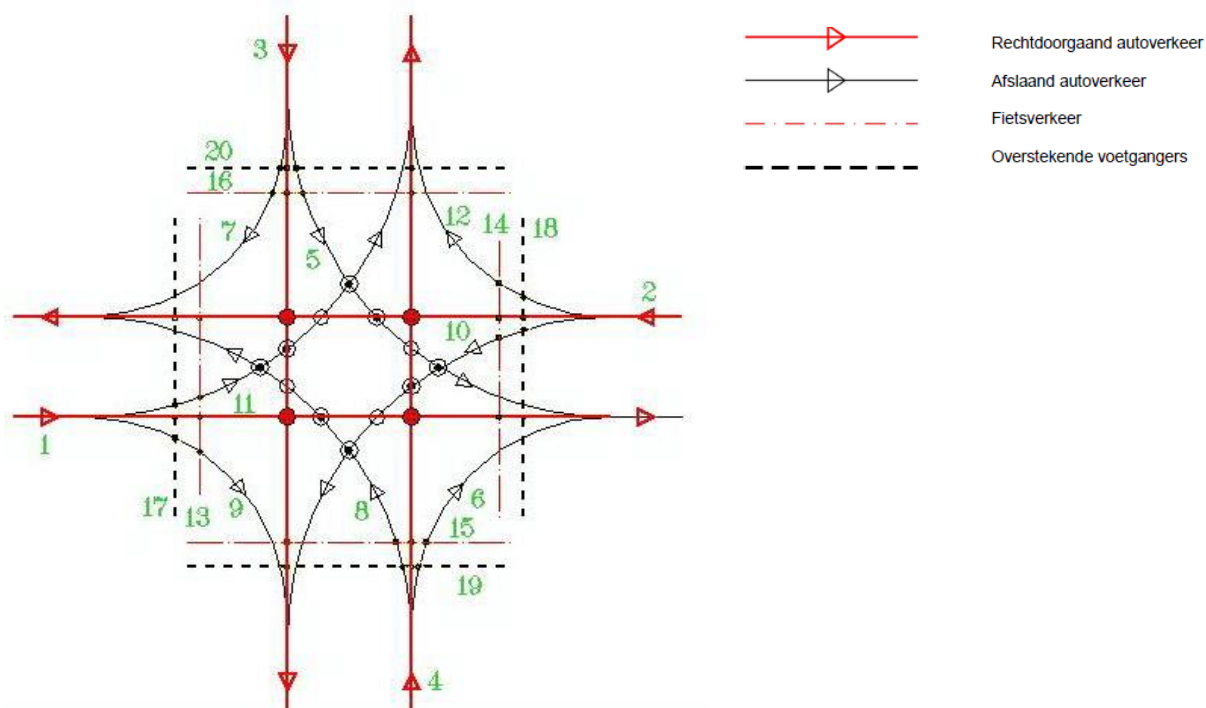
Bij de keuze van een bepaald type VRI (conflictvrij, gedeeltelijk conflictvrij of niet-conflictvrij) kunnen deze fysieke factoren een grote rol spelen. Op een vierarmig kruispunt, waarbij er een snelheid van 90km/u geldt op een 2x2 rijbaan, zal de noodzaak aan een conflictvrij kruispunt hoger liggen dan bij een kruispunt waarbij er een snelheid van 50km/u geldt op een 2x1 rijbaan.

#### **4.1.2 Verkeersstromen en intensiteit van een kruispunt**

##### **Verkeersstromen:**

Wanneer we de verkeersstromen gaan analyseren op een algemeen X-vormig kruispunt kunnen verschillende conflictpunten waargenomen worden. Deze conflictpunten creëren potentiële gevaren en mogelijke ongevallen. Wanneer er bijvoorbeeld twee kruisende

voertuigen op hetzelfde moment het kruispunt betreden, is de kans groot dat hun rijlijnen snijden en er een botsing optreedt. In figuur 5 worden de conflicterende rijlijnen op een kruispunt getoond.



**FIGUUR 5 Conflicterende punten op kruispunt (Van de Winkel, 2012).**

Bovenstaande afbeelding van de verkeersstromen op een klassiek kruispunt wordt gebruikt als illustratie in het reglement voor de wegbeheerder (Van de Winkel, 2012). Het geeft namelijk aan dat er verschillende conflictpunten op een dergelijk kruispunt voorkomen. Het onderzoek van Bochner en Walden in 2010 bevestigt dat het ongevalpercentage toeneemt bij een hoger aantal conflictpunten (dit is het geval bij een kruispunt).

Bij de keuze van een bepaald type VRI kan het aantal conflictpunten al dan niet verlaagd worden. Verkeersstromen kunnen namelijk gescheiden worden in tijd, waarbij het links afslaan bijvoorbeeld een aparte groenfase kent. Op de afbeelding zouden de zwarte conflictpunten theoretisch volledig geëlimineerd worden bij de invoering van een volledig conflictvrije VRI. In de praktijk konden we bij een eerste onderzoeksrondte dan ook vaststellen dat er vaak een daling van het aantal flankaanrijdingen plaatsvond bij de invoering van een volledig conflictvrije VRI (Hauer, 2004). Een eliminatie van het aantal

flankaanrijdingen zal in de praktijk echter niet snel voorvallen, daarvoor spelen er nog andere factoren (bv. rood rijden) een te grote rol.

### **Intensiteit:**

De verschillende verkeersstromen verschillen niet enkel in rijrichting, maar ook in intensiteit (of anders gezegd verkeersvolume). De intensiteit geeft aan hoeveel voertuigen er per tijdseenheid over een bepaald wegvak rijden.

Bij het ontwerpen van een kruispunt is het belangrijk om zoveel mogelijk rekening te houden met de intensiteit van de verkeersstromen, zodat het kruispunt een zo hoog mogelijke capaciteit kent. De verwachting dat een conflictvrije regeling de verliestijd op een kruispunt doet toenemen, kan de keuze voor een volledig conflictvrij kruispunt echter negatief beïnvloeden. Er dient dan ook een compromis gesloten te worden tussen de verkeersveiligheid en reistijd van het verkeer. (Dreesen, 2005)

Een goede maatstaf om de reistijd van een bestuurder te meten is het berekenen van het afwikkelingsniveau. Het afwikkelingsniveau van een kruispunt wordt bepaald door de verliestijd die elke verkeersdeelnemer oploopt. Deze verliestijd is het verschil tussen de werkelijke tijd die nodig is om een kruispunt te passeren en de referentietijd, namelijk de tijd die nodig is om het kruispunt onder 'normale' omstandigheden, zonder enig oponthoud, te doorkruisen. Het gedeelte van deze verliestijd, dat enkel te wijten is aan de verkeersregelinstallatie, bevat elementen zoals de tijd verloren door afremmen, de tijd waarin men stilstaat in de rij, de tijd die nodig is om de rij te laten opschuiven, en de tijd die nodig is om op te trekken als het groen is. (HCM, 2000)

**TABEL 2 Afwikkelingsniveau (HCM, 2000)**

<b>Afwikkelingsniveau</b>	<b>Verliestijd</b>
LOS A	Verliestijd < 10s/voertuig
LOS B	10s/v < verliestijd < 20s/v
LOS C	20s/v < verliestijd < 35s/v
LOS D	35s/v < verliestijd < 55s/v
LOS E	55s/v < verliestijd < 80s/v
LOS F	80s/v < verliestijd

Het afwikkelingsniveau wordt typisch uitgedrukt in termen van gemiddelde verliestijd per voertuig tijdens een periode van 15 minuten. Er worden zes categorieën van

dienstniveaus beschreven, van LOS A tot LOS F, steeds met een stijgende verliestijd per voertuig. In tabel 2 zijn deze zes categorieën terug te vinden. De verliestijden zijn weergegeven in seconden per voertuig (s/v). In tabel 2 wordt de verliestijd per categorie weergegeven. (HCM, 2000).

#### **4.1.3 Menselijke factoren**

Verschillende types en uitvoeringen van kruispunten (rotondes, voorrangswegen, conflictvrije of niet-conflictvrije VRI's) hebben hun invloed op het gedrag van de bestuurder. Afhankelijk van de wijze waarop de bestuurder de signalen interpreteert, kan deze invloed hebben op zijn rijgedrag en dus ook zijn veiligheid.

Het gedrag van een bestuurder wordt bepaald door het verwachtingspatroon dat bij de bestuurder leeft. Het invoeren van een duidelijk verkeersregelsysteem (bijvoorbeeld VRI's) zorgt er vaak voor dat de situatie voor de bestuurder duidelijker wordt en de appreciatie verhoogd wordt. Deze verduidelijking en appreciatie kunnen leiden tot hogere verkeersveiligheid. (Dreesen, 2005)

Bij het regelen/ontwerpen van een kruispunt dient er dan ook rekening gehouden te worden met de perceptie van de weggebruiker. Resultaten van Radwin (1996) geven aan dat het aantal ongevallen bij een kruispunt met ontruimingspijl kleiner is dan bij kruispunten met een voorstart. Bij het type voorstart krijgt het links afslaande verkeer de mogelijkheid om het kruispunt te verlaten alvorens het rechtdoorgaande verkeer zich op het kruispunt begeeft. Bij het type ontruimingspijl krijgt het afslaande verkeer pas een groene pijl nadat het rechtdoorgaande verkeer het kruispunt verlaten heeft. De onderzoeker geeft hierbij aan dat bestuurders waarschijnlijk geduldiger zijn bij een VRI met ontruimingspijl, omdat ze weten dat ze op het einde van de cyclus in elk geval een groene pijl krijgen.

Verder is eenvormigheid en uitvoering binnen een groot gebied ook een belangrijke factor aangaande het verwachtingspatroon van een bestuurder. Het zorgt er namelijk voor dat de bestuurder de situatie herkent en weet hoe hij moet handelen. Anderzijds, als de bestuurder buiten dit gebied komt, kan dit een foute verwachting scheppen, wat eerder verkeersonveiligheid in de hand werkt. Een studie van het Belgisch Instituut voor Verkeersveiligheid (BIVV), in samenwerking met het Regionaal Orgaan Verkeersveiligheid Zeeland, ging in 2003 na bij welke types ongevallen Belgen in Nederland betrokken geraakten en omgekeerd. Het beleid in Nederland is, in tegenstelling tot Vlaanderen, van die aard dat de meeste verkeerslichten in Nederland conflictvrij zijn. Hierdoor worden

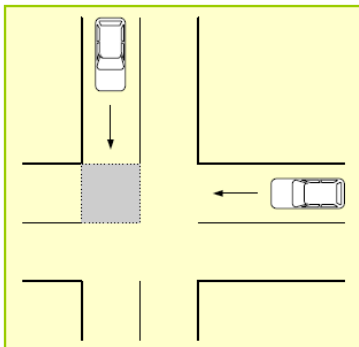
Nederlandse bestuurders in Vlaanderen 'verrast' door de tegenliggers als ze links afslaan, ze verwachten dan namelijk vaak een conflictvrije regeling. Ongevallen met Nederlanders in Vlaanderen gebeuren heel vaak aan kruispunten uitgerust met een niet-conflictvrije VRI. (BIVV & ROVZ, 2003)

## 4.2 Het verkeerslicht

In het vorige hoofdstuk werden het kruispunt en de veiligheid op kruispunten algemeen besproken. De verschillende types VRI's werden hierbij reeds kort aangehaald. In dit onderdeel zullen verkeersregelininstallaties en de verschillende types nader besproken worden.

### 4.2.1 Algemeen

Verkeerslichten scheiden het verkeer naar tijd. Verkeerslichten regelen bijvoorbeeld dat de twee conflicterende richtingen op het kruispunt in figuur 6 niet gelijktijdig groen of oranje krijgen. Daarnaast zit er voldoende tijd tussen het einde van de oranjefase van de ene en het begin van de groenfase van de andere conflicterende richting. Dit wordt ook wel de ontruimingstijd genoemd. (CROW, 2006; SWOV, 2009)



**FIGUUR 6** Conflicterende richtingen en hun conflictvlak op een kruispunt (SWOV, 2009).

De groentijd en ontruimingstijd zitten in een bepaalde cyclus. Deze cyclustijdsbepaling is afhankelijk naargelang de noden en mogelijkheden van het desbetreffende kruispunt. Willems (2003) gaf een overzicht van de verschillende mogelijkheden:

1. Starre verkeerslichtenregeling:

Een verkeerslicht met een vaste cyclustijd en een vaste groentijd.

2. Starre verkeerslichtenregeling met voertuigafhankelijke modificatie:

Een verkeerslicht met een aangepaste groentijd, afhankelijk van het aanbod verkeer.

Bij een hoge intensiteit wordt bijvoorbeeld de groentijd verlengd. De cyclustijd van het verkeerslicht blijft meestal behouden.

### 3. Voertuigafhankelijke verkeerslichtenregeling:

Een verkeerslicht waarbij individuele metingen per voertuig uitgevoerd worden. Het aanmelden van een voertuig in een bepaalde richting bepaalt of die richting groen krijgt, terwijl de volgorde van de richtingen die groen krijgen vastgelegd wordt door de volgorde waarin verschillende voertuigen zich aandienen. De groentijd bij een dergelijk verkeerslicht wordt bepaald door de volgtijden van de voertuigen die het kruispunt betreden op basis van een hiaatmeting. Bij deze meting gaat men na hoeveel tijd er tussen twee voertuigen in één richting is.

### 4. Verkeersafhankelijke regelingen:

Bij deze verkeerslichten wordt de regeling bepaald op basis van metingen van het hele kruispunt (of netwerk). Hierbij worden de volledige verkeersstromen geregistreerd in plaats van enkel de individuele voertuigen. Het systeem gaat hierbij zowel de stromen bij het kruispunt als de stromen verderop na. Permanente berekeningen gaan de prestaties van het kruispunt nagaan op basis van de gemeten verliestijden en verkeersstromen, waarbij het systeem regelmatig bijstuurt.

#### **4.2.2 Types VRI's**

Zoals daarnet besproken probeert een VRI de verkeersstromen in tijd te scheiden aan de hand van cyclustijden die de verschillende richtingen afwisselend groen geven. Het scheiden in tijd van alle verkeersstromen (inclusief de actieve weggebruiker) zou de verliestijden sociaal (te hoge wachttijden) en economisch (files) gezien dan weer te hoog doen oplopen. Men kan namelijk niet enkel rekening houden met de verkeersveiligheid, maar er dient ook gestreefd te worden naar een zekere normale afwikkeling van het verkeer. (HCM, 2000)

Als standaardregel bij verkeerslichten geldt dat de loodrechte conflicten, waarbij verkeersstromen uit dwarse richtingen elkaar conflicteren, nooit toegelaten worden. Sommige verkeersstromen worden echter soms wel toegelaten. Vaak worden bijvoorbeeld links afslaande en rechtdoor rijdende voertuigen in dezelfde tijdsspanne toegelaten. Wanneer dit gebeurt, spreekt men van deelconflicten. (CROW, 2006)

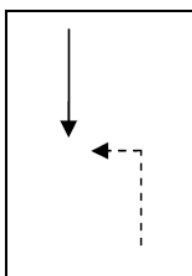


Afhankelijk van het type VRI, worden er al dan niet deelconflicten toegestaan. Vervolgens zullen de types VRI's besproken worden voor zowel het gemotoriseerd verkeer als voor de actieve weggebruiker (fietsers en voetgangers).

### **Gemotoriseerd verkeer:**

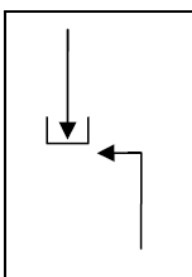
De verschillende types VRI's worden in dit rapport opgesplitst in drie categorieën. Zo zijn er volledig conflictvrije verkeerslichten, gedeeltelijk conflictvrije verkeerslichten en niet-conflictvrije verkeerslichten.

**Niet-conflictvrije verkeerslichten:** Bij deze regeling komen er deelconflicten voor. Het links afslaand verkeer wordt niet beschermd en dient tussen de openingen van het tegemoetkomende verkeer af te slaan. In figuur 7 wordt dit weergegeven.



**FIGUUR 7 Niet-conflictvrij links afslaan (Dreesen, 2005).**

**Conflictvrije verkeerslichten:** Bij deze regeling komen er geen conflicten of deelconflicten voor. Het afslaand verkeer krijgt een groene pijl en het tegemoetkomende verkeer krijgt rood. In figuur 8 wordt dit weergegeven.



**FIGUUR 8 Conflictvrij links afslaan (Dreesen, 2005).**

**Gedeeltelijk conflictvrije verkeerslichten:** Bij deze regeling wordt het links afslaand verkeer gedeeltelijk beschermd. De afslaande voertuigen zien namelijk slechts gedurende een bepaald interval een groene pijl. Bij deze situatie worden

de afslaande voertuigen dan ook gedeeltelijk beschermd. Het is namelijk mogelijk voor de bestuurders om conflictvrij het kruispunt te verlaten, maar de verkeersdeelnemer kan rechtmatig de beslissing nemen om de afslagbeweging niet-conflictvrij te maken. Dergelijk systeem staat in België bekend onder de naam 'ontruimingspijl'. (Dreesen, 2005)

### **Actieve weggebruiker:**

Wanneer er in de literatuur gesproken wordt over conflictvrije verkeerslichten, heeft men het vaak enkel over het gemotoriseerd verkeer. Met het beveiligen van het links afslaan op een kruispunt worden de mogelijke conflicten tussen het gemotoriseerde verkeer geneutraliseerd. Zoals reeds eerder aangehaald gebeuren op kruispunten echter ook veel ongevallen met actieve weggebruikers, fietsers in het bijzonder. Op kruispunten ontmoeten fietsers namelijk ander verkeer, uit andere richtingen en met andere snelheden. (VSV, 2011)

Er zijn drie mogelijke richtingen voor fietsers en voetgangers op een kruispunt. Ze kunnen namelijk rechts afslaan, rechtdoor gaan of links afslaan (Welleman, 1980; Zeegers, 2005):

Bij het rechts afslaan bestaat er voor de actieve weggebruiker in theorie het minst gevaar op een normaal kruispunt. Er zijn namelijk geen conflicterende punten tussen het gemotoriseerd verkeer en de actieve weggebruiker. Er kunnen zich in deze situatie enkel ongevallen voordoen tussen actieve weggebruikers onderling.

Bij de rechtdoorgaande actieve weggebruiker bestaat er een groter gevaar op een normaal kruispunt. Hoewel de fietsers en voetgangers in tijd gescheiden zijn met het kruisende verkeer, kan er een conflict ontstaan met een afslaand motorvoertuig. Dit afslaand voertuig kent namelijk meestal zijn groenfase in dezelfde tijdsspanne, omdat ze parallel geregeld zijn.

Het links afslaan kan op twee mogelijke manieren gebeuren op een normaal kruispunt. De eerste mogelijkheid is dat de actieve weggebruiker twee maal gebruik maakt van de oversteekplaatsen. Hierbij wordt de zwakke weggebruiker dus twee maal blootgesteld aan dezelfde gevaren als het rechtdoorgaand verkeer. De tweede mogelijkheid geldt enkel voor fietsers. Zij kunnen namelijk, afhankelijk van de kruispuntinrichting, de afslaande beweging maken via een aparte opstelruimte voor het linkafslaande gemotoriseerd verkeer. Hierbij kennen de

fietsers niet alleen mogelijke conflicten met rechts afslaande motorvoertuigen, maar ook met doorgaande stromen. Deze tweede mogelijkheid houdt dan ook het meeste gevaar in voor de fietser.

Bovenstaande conflicten met zwakke weggebruikers komen voor bij normale verkeerslichten, waarbij de actieve weggebruiker parallel met het gemotoriseerde verkeer wordt behandeld, al dan niet op een 'gemotoriseerd conflictvrij kruispunt'. Er bestaan echter ook een aantal conflictvrije en gedeeltelijk conflictvrije mogelijkheden betreffende de actieve weggebruiker (Zeegers, 2005):

- Gedeeltelijk conflictvrije verkeerslichten: Hierbij kennen de actieve weggebruikers geen aparte fase. Ze krijgen echter iets sneller groen dan de parallel rijdende motorvoertuigen, waardoor de actieve weggebruikers niet in de dode hoek belanden van het afslaand gemotoriseerde verkeer.
- Conflictvrije verkeerslichten: Een aparte fase voor de actieve weggebruiker. Hierbij krijgen fietsers en/of voetgangers in alle richtingen tegelijkertijd groen. Er komen geen harde conflicten voor tussen het gemotoriseerde verkeer en de actieve weggebruiker. In figuur 9 wordt een dergelijk conflictvrije verkeerslicht fase per fase weergegeven.



**FIGUUR 9 Fasen conflictvrij verkeerslicht fietsers (Castrel, 2013).**

Het conflictvrije verkeersregelsysteem voor de actieve weggebruiker is voornamelijk bekend in Nederland. Daar is het verkeersregelsysteem bekend onder de naam AFTG (alle fietsers tegelijkertijd groen bij verkeerslichten). Het systeem werd er succesvol getest en toegepast op bepaalde kruispunten. De voordelen van het systeem zijn de kortere wachttijden voor de actieve weggebruiker (voornamelijk voor het links afslaand

verkeer) en dat er geen harde conflicten meer voorkomen tussen de actieve weggebruiker en het gemotoriseerde verkeer. Natuurlijk zijn er nog wel 'zachte' conflicten tussen de actieve weggebruikers onderling, wat in de praktijk voornamelijk voor de voetgangers wel eens problemen oplevert (fietsers geven niet vaak voorrang op voetgangers). (Zeegers, 2005)

Verder geeft een onderzoek in Nederland weer dat AFTG niet voor ieder kruispunt geschikt is. Ze stellen hierbij volgende regels op: (Zeegers, 2005)

- **Kruispunt (geometrisch) niet te uitgestrekt:** een te uitgestrekt kruispunt leidt tot lange groen- en ontruimingstijden, aangezien de snelheid van de actieve weggebruiker te laag ligt.
- **Intensiteit gemotoriseerd verkeer tot 25 000 mtv/etmaal:** meestal kruispunten waar er geen noodzaak is aan voorsorteerstroken.
- **Tweemaal groen per cyclus:** hierdoor halveert de gemiddelde wachttijd en is er slechts beperkte toename in wachttijd voor gemotoriseerd verkeer. Bovendien zal het aantal fietsers per groenfase kleiner zijn, waardoor de mogelijke zachte conflicten verminderd worden.
- **Bromfietsers op de rijbaan:** snelheidsverschil tussen de actieve weggebruiker en tweewielige motorvoertuigen is te groot. In de praktijk bleken de zware ongevallen namelijk steeds betrokken met bromfietsers.
- **Aandeel links afslaand fiets/voetgangersverkeer meer dan 10%**

In België is het systeem voorlopig nog niet toegepast, maar er is grote interesse. Volgens staatssecretaris Wathélet zijn de Belgische kruispunten echter verschillend van die in Nederland, onder andere door de ruimtelijke ordening en de opbouw ervan. Daarom vraagt hij het BIVV de mogelijke gevolgen te onderzoeken van het AFTG-systeem. (Castrel, 2013)



**FIGUUR 10 Conflictvrij verkeerslicht fietsers.**

Als het systeem er zou komen, zal het verkeersreglement aangepast moeten worden. Nu mag er enkel groen komen als de lichten in de dwarsrichting op rood staan. (Van den Bergh, 2013)

#### **4.2.3 Criteria voor het plaatsen van een bepaald type VRI**

In het vorig hoofdstuk werden de verschillende types VRI's besproken. Vervolgens zal er nagegaan worden welke criteria of richtlijnen er bestaan om een bepaald type VRI te plaatsen in binnen- en buitenland.

##### **Vlaanderen:**

In Vlaanderen wordt het plaatsen van verkeerlichten wettelijk bepaald door het Ministerieel besluit van 1976. Hierin werden de regels vastgelegd aangaande de technische uitvoering van de signalisatie (wordt niet verder beschreven), maar ook de plaatsingsvoorwaarden:

*'Artikel 2 (K.B.) - Plaatsingsvoorwaarden.*

*Verkeerslichten andere dan de verkeersknipperlichten voorzien in artikel 64.1.1°, 64.2 en 64.3 van het Algemeen reglement op de politie van het wegverkeer, mogen slechts geplaatst worden indien het volume van het voertuigenverkeer en (of) van de voetgangers, de soort en het aantal ongevallen, het zicht, de snelheid van de voertuigen, de moeilijkheid die bij het oversteken van de rijbaan wordt ondervonden vanwege het verkeer, de plaatsgesteldheid of de verkeersvoorwaarden, dit rechtvaardigen.'*

In het algemeen geldt dus dat verkeerlichten slechts geplaatst mogen worden wanneer het kruispunt aan bepaalde normen (zoals verkeersintensiteit, plaatsgesteldheid ...) voldoet. Deze voorwaarden worden niet verder beschreven in het Ministerieel besluit. Het reglement voor de wegbeheerder, gebaseerd op het Ministerieel besluit van 1976, geeft echter weer dat er een afweging dient gemaakt te worden tussen het plaatsen van een rotonde en het plaatsen van verkeerlichten. In tabel 3 worden de voor- en nadelen volgens het reglement voor de wegbeheerder van zowel rotondes als kruispunten met een verkeerslicht overlopen. (Van de Winckel, 2012)

**TABEL 3 Voor- en Nadelen Rotonde / Verkeerslichtenregeling (Van de Winckel, 2012)**

+ / -	Rotonde	Verkeerslichten
Voordelen	Verlaging van de rijsnelheid	Kleinere plaatsinname
	Identiek gedrag op alle kruispunten	Lagere kostprijs
	Geen links afslaande bewegingen	Conflictvrije regeling mogelijk
	Vermindering van de invoegtijd	Intelligente kruispunten volgens verkeersstroom
Nadelen	Grote plaatsinname	Onderhoud/uitbating
	Hoge kostprijs	Hoge nadersnelheid bij groen licht
	Weinig bescherming actieve weggebruiker	Verkeerbelemmering mogelijk (defecten/te veel fasen)

Het is duidelijk dat er in het reglement van de wegbeheerder slechts een beperkte afweging gemaakt wordt ten opzichte van conflictvrije VRI's, doch wordt de mogelijkheid voor een conflictvrije regeling voorgesteld als een potentieel voordeel op een kruispunt ten opzichte van een rotonde. Het reglement voor de wegbeheerder geeft namelijk weer dat het mogelijk is om een bepaalde rijbeweging of bepaalde vloed te bevoordelen of te beschermen via een conflictvrije verkeersregelininstallatie. Het reglement wijst hiervoor naar het volgende artikel uit het Ministerieel besluit betreffende het wettelijk artikel voor een conflictvrije VRI:

*'Artikel 62 (K.B.) - Ontruimingspijl op een kruispunt.*

*Een naar links gerichte groene pijl afzonderlijk geplaatst bij het uitrijden van een kruispunt, betekent dat het tegenliggend verkeer op de rijbaan die de bestuurders bij het links afslaan gaan verlaten, tegengehouden wordt door een rood licht teneinde het ontruimen van het kruispunt te vergemakkelijken.'*

Men kan besluiten dat in Vlaanderen zowel de niet-conflictvrije verkeerslichten als de conflictvrije verkeerslichten wettelijk bepaald zijn in het Ministerieel besluit van 1976. Er

zijn echter enkel plaatsingscriteria opgesteld voor de niet-conflictvrije verkeerslichten. Het reglement voor de wegbeheerder wijst dan weer wel op een mogelijk voordeel van een conflictvrije regeling, maar maakt slechts een beperkte afweging.

### **Buitenland:**

Hierna volgt er een overzicht naar uitgeschreven criteria voor het plaatsen van een bepaald type VRI uit internationale bronnen.

In het literatuuronderzoek van Hauer (2004) staan enkele onderzoeken vermeld die criteria hebben opgesteld voor het invoeren van gedeeltelijke of volledige conflictvrije verkeersregelinstanties:

- Etelamaki (1982) geeft aan dat een gedeeltelijk conflictvrije fase moet voorzien worden als:
  - Er twee rijstroken exclusief bestemd zijn voor links afslaan
  - De geometrie van het kruispunt zo is dat een exclusieve fase nodig is
  - De zichtafstand te laag is (afhankelijk van snelheid)
  - Het systeem van het hele kruispunt dit vereist
- Upchurch (1986): criteria op basis van volumes, zichtafstand, snelheden en ongevallen:
  - Stap 1 - Bepaal het volume van het links afslaand verkeer op het piekmoment en verdeel over het aantal cyclussen per uur; ga na of dit groter is dan de waarde.
  - Stap 2 - Bepaal het totale aantal rijstroken van het tegenliggend verkeer.
  - Stap 3 - Maak het product van de uurvolumes van het links afslaand en het tegenliggend verkeer en kijk of deze waarden groter zijn dan de waarden 100 000 of 144 000, afhankelijk van het aantal rijstroken bepaald in criterium.
  - Stap 4 - Bepaal of de snelheid van het tegenliggend verkeer groter is dan 45 mph (72 km/u).
  - Stap 5 - Bepaal of er sprake is van beperkt zicht.
  - Stap 6 - Bepaal of er een 'ernstig' probleem is wat betreft de ongevallen met links afslaande voertuigen.
- Roupail (1986) beschreef een eenvoudige richtlijn voor het invoeren van een conflictvrije linksaf-fase:

*'Als de belastingsgraad (volume per capaciteit ratio) voor links afslaande voertuigen groter is dan de belastingsgraad voor doorgaand verkeer, dan is een beschermde linksaf-fase aangewezen.'*

- Pline (1996) geeft de volgende criteria weer bij het kiezen van een beschermde linksaf-fase:
  - Het product van links afslaande voertuigen en het tegemoetkomend verkeer tijdens piekuren is meer dan 100.000
  - Het volume links afslaande voertuigen is meer dan 100 voertuigen per uur tijdens piekuren.
  - Tijdens piekperiodes blijven er meer dan twee voertuigen, die links willen afslaan, staan na het einde van de groenfase.

Uiteindelijk besluit Hauer (2004) in zijn literatuuroverzicht dat criteria het best gebaseerd worden op een afweging van veiligheid en afwikkelingsniveau. Bijkomend stelt Hauer dat er met alle kosten en baten dient rekening gehouden te worden bij de invoering van een conflictvrije regeling.

In een andere studie onderzochten Al-Kaisy en Stewart (2001) de richtlijnen die gehanteerd werden voor de plaatsing van conflictvrije verkeerslichten in Noord-Amerika. Uit hun studie blijkt dat er heel wat verschillende normen en richtlijnen gehanteerd worden en dat geen enkele van deze richtlijnen algemeen aanvaard werd. Toch zijn de meeste richtlijnen gebaseerd op volgende criteria:

- Volume: absolute waarde van volume links afslaand verkeer en het product van het links afslaand volume met het volume van het tegenliggend verkeer;
- Verliestijd: verliestijd voor links afslaande voertuigen (zelden voor het gehele kruispunt, of voor andere stromen);
- Veiligheid: aantal ongevallen met links afslaande voertuigen.

In Nederland publiceert het nationale kenniscentrum voor infrastructuur, verkeer, vervoer en openbare ruimte (CROW) handboeken met richtlijnen voor het wegontwerp (CROW, 2006). Hierbij wordt er beleid gevoerd waarbij conflictvrije verkeerslichten de norm zijn. Gedeeltelijk of onbeschermde VRI's zijn slechts in bepaalde gevallen toegelaten. Volgende criteria worden door het CROW dan ook voorgeschreven voor het invoeren van conflictvrije VRI's op kruispunten waar nog geen verkeerslichten aanwezig zijn:



- Intensiteitscriterium: op basis van de rij- en opstelstroken en de intensiteiten op hoofd- en zijrichtingen wordt een bepaalde waarde uitgerekend. Afhankelijk van deze waarde kan worden bepaald of VRI's noodzakelijk, gewenst of ongewenst zijn.
- Verliestijdscriterium: de extra tijd die door de aanwezigheid van ander verkeer nodig is om een kruispunt te passeren in vergelijking met een situatie zonder ander verkeer.
- Onveiligheids criterium: dit gebeurt op basis van de AVOC-methode (Aanpak VerkeersOngevallenConcentratiepunten) en op basis van conflictobservaties. Enkel als er van andere maatregelen onvoldoende gunstig resultaat verwacht wordt, kan het aanbrengen van een VRI overwogen worden

Uit bovenstaande internationale studies kan er besloten worden dat steeds dezelfde criteria terugkomen bij het bepalen van het al dan niet aanbrengen van een conflictvrije VRI. Voornamelijk de verkeersafwikkeling (intensiteit en verliestijd), de geometrie van een kruispunt en de veiligheid (het aantal ongevallen links afslaand verkeer) blijken de belangrijkste factoren.

## **5. Het berekenen van de effectiviteit**

In dit hoofdstuk zal er nader ingegaan worden op het berekenen van de effectiviteit van een verkeersmaatregel. Meer bepaald zal er een analysemethode gezocht worden voor het berekenen van de effectiviteit van conflictvrije verkeersregelininstallaties. Met effectiviteit wordt in dit rapport telkens het effect op de verkeersveiligheid bedoeld, door het analyseren van de verkeersongevallen. Dit is niet alleen belangrijk voor het eigen onderzoek dat later zal volgen, maar ook om de wetenschappelijke relevantie van de literatuur te kunnen bepalen.

### **5.1 De analysemethode**

Er zijn verschillende mogelijkheden om de cijfers te analyseren. In dit rapport zullen vervolgens twee vaak gebruikte methodes, namelijk de voor- en nastudie en het cross-sectioneel onderzoek, besproken worden. Bij een voor- en nastudie wordt bijvoorbeeld het aantal ongevallen op een kruispunt voor de installatie van een gedeeltelijk of volledig conflictvrije VRI vergeleken met het aantal ongevallen na de installatie. Bij een cross-sectioneel onderzoek wordt bijvoorbeeld het aantal ongevallen op kruispunten met conflictvrije VRI's vergeleken met het aantal ongevallen op kruispunten zonder conflictvrije VRI's. Beide technieken hebben hun voor- en nadelen.

Bij een cross-sectioneel onderzoek gaat men een groep entiteiten, in dit geval kruispunten, met een gemeenschappelijk kenmerk X (bijvoorbeeld conflictvrije VRI's) vergelijken met een andere groep van dergelijke entiteiten met een gemeenschappelijk kenmerk Y (bijvoorbeeld niet-conflictvrije VRI's). Hierbij loopt men het risico om het effect van een maatregel te onderschatten (Nuyts & Cuyvers, 2003). Dit vertekend beeld kan namelijk ontstaan door het verschil tussen de twee groepen enkel toe te schrijven aan de gemeenschappelijke kenmerken X en Y. Meestal zal deze assumptie niet overeenkomen met de werkelijkheid. Het verschil tussen de groepen X en Y is niet enkel het gevolg van deze gemeenschappelijke kenmerken, maar ook het gevolg van alle factoren van deze verschillende kruispunten. Deze locaties zullen namelijk verschillen in volume, geometrie, maximale snelheid, zichtbaarheid, ... Hauer (2004) besloot dan ook dat de vergelijkingsgroepen in al deze factoren moeten overeenkomen om een goed cross-sectioneel onderzoek uit te voeren. In de praktijk zal het echter zeer moeilijk zijn om dergelijke vergelijkingsgroepen te vinden. Verder is het dan ook niet mogelijk om deze nadelen van een cross-sectioneel onderzoek statistisch te corrigeren.

Bij een voor- en nastudie wordt de voorsituatie van bepaalde entiteiten vergeleken met de nasituatie van deze zelfde entiteiten. In dit geval worden het aantal ongevallen voor de installatie van een conflictvrije VRI vergeleken met het aantal ongevallen na de installatie op hetzelfde kruispunt (in tegenstelling tot een cross-sectioneel onderzoek, waar er vergeleken wordt met soortgelijke kruispunten). Indien er een daling in het aantal ongevallen wordt vastgesteld in de naperiode ten opzichte van de voorperiode, kan verwacht worden dat de maatregel een gunstig effect had op de verkeersveiligheid. Hierbij wordt dus gericht op ongevallenniveau en niet op slachtofferniveau. Het analyseren op slachtofferniveau is namelijk minder representatief voor de verkeersveiligheid, aangezien het aantal betrokkenen in een bepaald ongeval deels berust op toeval. Immers, indien het ongeval gebeurd is, is het aantal betrokken slachtoffers onder meer afhankelijk van het aantal inzittenden, de kenmerken van het voertuig en bijvoorbeeld ook het al dan niet gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen zoals de gordel of helm (De Pauw, Daniels, Brijs, Hermans & Wets, 2012). Bij deze voor- en nastudies zijn de mogelijke 'externe' variabelen een van de grootste nadelen (lees moeilijkheden). Deze externe variabelen kunnen, indien men dit niet nagaat, bij de gewenste effectiviteitsbepaling meegerekend worden. Dit kan leiden tot een verkeerde inschatting van de effectiviteit van de onderzochte maatregel (Elvik, 2002). De belangrijkste externe variabelen zijn de regressie naar het gemiddelde, de trend, migratie van ongevallen, veranderingen in verkeersvolume en andere maatregelen die op hetzelfde moment als de te onderzoeken maatregel werden uitgevoerd (Elvik, 1997; Hauer, 1997; Hirst, Moutain & Maher, 2004). Bij het gebruik van voor- en nastudies bestaan er verschillende 'types'. Deze types verschillen voornamelijk in de mate dat er gecontroleerd wordt voor de vertekende variabelen. Nuyts en Cuyvers (2003) beschrijft bijvoorbeeld dat bij een slordig uitgevoerde voor- en nastudie er een vergelijking gemaakt kan worden tussen het aantal ongevallen voor de installatie van een conflictvrije VRI en het aantal ongevallen erna, waarbij er niet gecorrigeerd wordt voor de ongevallentrend in het algemeen, noch voor regressie naar het gemiddelde. In de literatuur spreekt men dan van een 'naïeve voor- en nastudie' (Hauer, 1997). Er is hierbij dus een risico om het effect van de maatregel te over- of onderschatten. Er bestaan echter ook types van voor- en nastudies die wel rekening houden met deze 'externe' variabelen. De types maken bijvoorbeeld gebruik van een controlegroep of van de Empirical Bayes methode.

Wanneer men de literatuur in beschouwing neemt, wordt de voor- en nastudie gezien als een van de beste methodes om de effectiviteit van een verkeersmaatregel te analyseren

(Elvik, 2002; Shinar, 2007). De aangehaalde nadelen van deze analyse kunnen namelijk gecorrigeerd worden. Dit is echter moeilijker het geval bij een cross-sectioneel onderzoek, wat niet betekent dat de resultaten van een dussdanig onderzoek niet opgenomen mogen worden. Wanneer er bijvoorbeeld slechts beperkte gegevens voorhanden zijn, kan een dergelijk cross-sectioneel onderzoek een goed alternatief bieden. In het algemeen kan er besloten worden dat een goed uitgevoerde voor- en nastudie de voorkeur heeft als analysemethode, mits er rekening gehouden wordt met de variabelen die uitgebreid aan bod komen in het volgende hoofdstuk (Dreesen, 2005).

## **5.2 Externe variabelen bij het berekenen van de effectiviteit**

Een klassieke methode in de verkeerskunde om de effectiviteit van bepaalde maatregelen te berekenen, is het in beschouwing nemen van het aantal ongevallen van de periode vóór het uitvoeren van een bepaalde maatregel en vervolgens deze te vergelijken met het aantal ongevallen na het uitvoeren van een bepaalde maatregel. De effectiviteit van deze maatregel kan dan uitgedrukt worden als een daling/stijging van het aantal ongevallen.

Bij de analysemethode werd echter aangehaald dat er rekening gehouden moet worden met 'externe variabelen'. Deze variabelen kunnen namelijk leiden tot een overschatting of onderschatting van de effectiviteit van de maatregel. Vervolgens zullen de belangrijkste variabelen besproken worden. Daarna zullen mogelijke oplossingen aangehaald worden om te controleren naar deze externe variabelen.

### **5.2.1 Regressie naar het gemiddelde**

De regressie naar het gemiddelde wordt beschouwd als een van de belangrijkste externe variabelen bij het berekenen van de effectiviteit van een maatregel. Het aantal ongevallen kan namelijk afgenomen of toegenomen zijn op basis van toeval en niet door de maatregel zelf. Dit effect, waarbij resultaten die bij wijze van puur toeval een bepaald jaar extreem waren en de jaren nadien weer dichterbij het gemiddelde lagen, heet in de literatuur 'regressie naar het gemiddelde'. Elvik en Vaa (2004) beschrijven het fenomeen als volgt:

*'Regression-to-the-mean denotes the tendency for an abnormally high number of accidents to return to values closer to the long term mean; conversely abnormally low numbers of accidents tend to be succeeded by higher numbers. Regression-*

*to-the-mean occurs as a result of random fluctuation in the recorded number of accidents around the long-term expected number of accidents.'*

Verkeersveiligheidsmaatregelen op bepaalde kruispunten worden vaak uitgevoerd naar aanleiding van het hoge aantal ongevallen op deze kruispunten. Het is dan ook denkbaar dat het aantal ongevallen zal dalen, ongeacht de genomen verkeersmaatregel. In deze gevallen leidt de regressie naar het gemiddelde dan ook tot een overschatting van de effectiviteit van de onderzochte maatregel. Het effect van regressie naar het gemiddelde varieert van studie tot studie. Nuyts en Cuyvers (2003) besluit op basis van enkele onderzochte studies (Ogden, 1996; Elvik, 1997; Hauer & Persaud, 1987) dat het negeren van regressie naar het gemiddelde het effect kan onderschatten (tot 5%), maar vaker een overschatting maakt die kan oplopen tot 30% van het gevonden effect.

### **5.2.2 De trend**

Een tweede belangrijke externe variabele is een algemene wijziging van de verkeersveiligheid, die geen rechtstreeks verband heeft met de te onderzoeken maatregel. Hierbij spreekt men van een trend naar minder of meer ongevallen ten gevolge van verschillende maatregelen/gebeurtenissen.

Er kan dus niet verondersteld worden dat een reductie of stijging van het aantal ongevallen na de maatregel enkel en alleen kan toegeschreven worden aan de desbetreffende maatregel. Er moet namelijk rekening gehouden worden met trendwijzigingen zoals technologische verbeteringen (ABS in voertuigen), gedragsaanpassingen (gordelgebruik), verhoogde handhaving, inrichting wegen, ... (Nuyts & Cuyvers, 2003).

### **5.2.3 Verandering in verkeersvolume**

Een andere externe variabele betreft het verkeersvolume. Tussen de voor- en naperiode kan het verkeersvolume namelijk veranderd zijn. Deze verandering kan invloed hebben op het ongevallenaantal en bijgevolg ook op de effectiviteitsberekening. Elvik (2002) geeft echter aan dat het niet noodzakelijk is om expliciet te controleren naar het verkeersvolume en het voldoende is om een ruime vergelijkingsgroep te includeren. Dit definieert hij als een groep waarin de jaarlijkse ongevallenaantallen verschillende honderden omvat. Volgens Elvik (2002) is dit voldoende aangezien deze vergelijkingsgroep alle factoren omvat die veranderingen overheen de tijd kunnen teweegbrengen. Een extra statistische schatting van de veranderingen in verkeersvolume

zou volgens de onderzoekers kunnen leiden tot een dubbele controle van het verkeersvolume. (De Pauw *et al.*, 2012)

#### **5.2.4 Migratie van ongevallen**

Als laatste wordt ook de migratie van ongevallen weergegeven als een mogelijke externe variabele. Er bestaat namelijk de kans dat de ongevallen, bij een herinrichting van een kruispunt, zich verplaatsen van het aangepaste punt naar punten in de omgeving (Elvik, 1997). De Pauw *et al.* (2012) gaven aan dat deze externe variabele kan gecontroleerd worden door de omliggende locaties op te nemen waarvan verondersteld wordt dat ongevallen er naartoe zullen migreren. Er is echter meer onderzoek nodig om te kunnen concluderen in welke mate ongevalmigratie voorkomt. In deze studie zal er dan ook geen rekening gehouden worden met de evolutie van ongevallen op locaties in de buurt van de heringerichte conflictvrije VRI's.

#### **5.2.5 Controle externe variabelen**

Er zijn verschillende methodes om de belangrijkste externe variabelen (regressie naar het gemiddelde en de trend) te controleren. Het tekstboek van Hauer (1997) geeft hierbij twee belangrijke mogelijkheden aan:

- Het effect van de externe variabele statistisch berekenen
- Gebruik maken van een goede vergelijkingsgroep

Vaak worden bij de verschillende methodes beide mogelijkheden gecombineerd, daar het niet altijd duidelijk is welke externe variabelen door de controlegroep worden gecontroleerd en welke variabelen statistisch worden gecontroleerd (Elvik, 2002). Eén van de best uitgewerkte methodes is de Empirical Bayes methode. In het volgende hoofdstuk zal deze methode uitgebreid beschreven worden, daar deze ook voor het eigen onderzoek gebruikt zal worden.

### **5.3 De Empirical Bayes methode**

De Empirical Bayes (EB) methode is de afgelopen 30 jaar geleidelijk aan uitgewerkt tot een 'state-of-the-art' methode om de effectiviteit van een verkeersmaatregel te meten (Hauer, Harwood, Council & Griffith, 2002). Deze methode werd oorspronkelijk ontwikkeld om de regressie naar het gemiddelde te controleren. Hoewel dit een zeer belangrijk aspect blijft van de methode, wordt de EB-methode nu ook gebruikt om zwarte punten te identificeren en voor het verfijnen van ongeval-voorspellingsmodellen (Elvik, 2008).

### 5.3.1 Algemeen

De EB-methode verhoogt de precisie van de schatting van de effectiviteit en corrigeert voor de regressie naar het gemiddelde. Het basisprincipe van de Empirical Bayes methode definieerde Hauer (1997) als volgt:

$$\text{effectiviteitsindex} = \frac{\text{geteld aantal ongevallen na maatregel}}{\text{geschat aantal ongevallen indien maatregel niet was toegepast}}$$

De effectiviteitsindex deelt het geteld aantal ongevallen door het verwachte aantal ongevallen voor een bepaalde plaats berekend alsof er geen maatregel zou zijn toegepast. Dit aantal wordt gedeeltelijk opgemaakt uit de geschiedenis van de plaats en gedeeltelijk uit het aantal ongevallen dat op een vergelijkbare plaats gewoonlijk plaatsvindt.

Intuïtief definiëren we de effectiviteit van de maatregel echter ook als de vermindering die optreedt na het invoeren van de maatregel (Elvik, 2002):

$$\text{effectiviteit} = \frac{(\text{geteld aantal ongevallen na maatregel}) - (\text{geschatte ongevallen indien maatregel niet was toegepast})}{\text{geschat aantal ongevallen indien maatregel niet was toegepast}}$$

De EB-methode gaat er namelijk vanuit dat ongevallen gedeeltelijk aan het toeval te wijten zijn, maar anderzijds ook veroorzaakt worden door specifieke kenmerken van het kruispunt. De EB-methode gaat dan ook een vergelijking maken tussen het aantal geregistreerde ongevallen na het uitvoeren van de maatregel en het verwachte aantal ongevallen in de naperiode indien de maatregel niet zou zijn uitgevoerd. Een schatting van het aantal ongevallen indien de maatregel niet werd toegepast wordt gebaseerd op het aantal ongevallen voor het toepassen van de maatregel, waarbij gecorrigeerd wordt voor regressie naar het gemiddelde en voor trendeffecten. Daarnaast worden kanseffecten gecontroleerd, door gebruik te maken van puntschattingen en betrouwbaarheidsintervallen. (De Pauw *et al.*, 2012)

### 5.3.2 Correctie voor regressie naar het gemiddelde

Om het aantal ongevallen te schatten dat zich had voorgedaan indien de maatregel niet was toegepast, wordt het aantal ongevallen voor het toepassen van de maatregel als basis genomen. Dat getal moet echter gecorrigeerd worden voor de regressie naar het gemiddelde, alsook de trend. Voor de correctie van de regressie naar het gemiddelde

wordt gebruik gemaakt van een vergelijkingsgroep. Deze is een groep van wegen die vergelijkbaar is met de te onderzoeken locatie/weg L (een weg waar conflictvrije verkeerslichten werden geplaatst). Locatie L, voor het invoeren van de maatregel, behoort daar toe. (Nuyts & Cuyvers, 2003)

Het verwachte aantal ongevallen na correctie voor de regressie naar het gemiddelde is:

$$L_{voor,RGM} = w * (\mu_{V+L} * km_l * T_{voor}) + (1 - w) * \left( \sum_{t=1}^{T_{voor}} L_t \right)$$

Waarbij:

- $w =$  het gewicht dat aan de groep toegekend wordt.
- $\mu_{V+L} =$  het gemiddelde aantal ongevallen per eenheid (meestal km) per jaar voor de vergelijkbare groep, inclusief L (kruispunt met conflictvrije VRI).
- $km_l =$  aantal eenheden (meestal km) van weg L. Bij kruispunten wordt deze variabele altijd gelijkgesteld aan 1.
- $T_{voor} =$  periode voor de maatregel.
- $(1 - w) =$  het gewicht van weg L.
- $L_t =$  het aantal ongevallen op weg L in het jaar t.

Het gewicht ( $w$ ) dat toegekend wordt aan de groep, kan berekend worden volgens volgende vergelijking:

$$w = \frac{1}{1 + \mu_{V+L} / k_{voor}}$$

Waarbij:

- $k =$  inverse waarde van de overdispersie parameter per eenheid lengte.
- $\mu_{V+L} =$  het gemiddelde aantal ongevallen per eenheid (meestal km) per jaar voor de vergelijkbare groep.

De inverse overdispersie parameter  $k$  die toegekend wordt aan het gewicht, kan berekend worden volgens hiernavolgende vergelijking:



$$K = \frac{\frac{Var(x)_{voor} - 1}{\mu_{V+L_{voor}}}}{\mu_{V+L_{voor}}}$$

Waarbij:

$\mu_{V+L}$  = het gemiddeld aantal ongevallen per eenheid (meestal km) per jaar voor de vergelijkbare groep.

### 5.3.3 Correctie voor de trend

Zonet werd er reeds gecorrigeerd voor de regressie naar het gemiddelde, maar nu moet er ook nog gecorrigeerd worden naar de trend (wijzigingen). De trend kan gevonden worden door het aantal ongevallen van de vergelijkingsgroep te vergelijken met het aantal ongevallen van de vergelijkingsgroep na het tijdstip van de maatregel. Hierbij neemt men aan dat de locatie van de maatregel de trend zou hebben gevolgd, indien de maatregel niet zou zijn toegepast. Hieruit volgt dat de effectiviteitsindex, bij toevoeging van correctie voor de trend, gelijk is aan: (Nuyts & Cuyvers, 2003)

$$effectiviteitsindex = \frac{L_{na}}{L_{voor,RGM} * \frac{V_{na}}{V_{voor}}}$$

waarbij:

$L_{na}$  = het aantal ongevallen op locatie L na de maatregel.

$L_{voor,RGM}$  = het aantal ongevallen op locatie L voor de maatregel, na correctie voor regressie naar het gemiddelde.

$V_{na}$  = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep na de maatregel.

$V_{voor}$  = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep voor de maatregel.

Om de betrouwbaarheidsindex van de effectiviteitsindex te kennen, wordt het 95% betrouwbaarheidsinterval (Bi) berekend volgens volgende formule:

$$Bi = \exp[\ln(effectiviteitsindex) \pm 1.96 * S]$$

Waarbij S gedefinieerd wordt door:

$$S^2 = \frac{1}{L_{na}} + \frac{1}{L_{voor,RGM}} + \frac{1}{V_{na}} + \frac{1}{V_{voor}}$$

### 5.3.4 Meta-analyse

Wanneer er resultaten bekend zijn van verschillende locaties is het mogelijk om deze te combineren in een meta-analyse. Door het combineren van resultaten worden de aantallen groter en de resultaten statistisch betrouwbaarder. (Nuyts & Cuyvers, 2003)

Praktisch kunnen we het effect van één locatie meten als de odds-ratio:

$$\text{effectiviteitsindex } l = \frac{L_{na}/L_{voor,RGM}}{V_{na}/V_{voor}}$$

Waarbij:

$L_{na}$  = aantal ongevallen op locatie L voor de maatregel.

$L_{voor,RGM}$  = geschat aantal ongevallen op locatie L na de maatregel.

$V_{na}$  = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep na de maatregel.

$V_{voor}$  = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep voor de maatregel.

Stel nu dat men beschikt over M verschillende plaatsen waar een maatregel is toegepast, dan wordt de gewogen gemiddelde effectiviteitsindex over alle plaatsen heen:

$$\text{effectiviteitsindex } M = \exp\left[\frac{\sum_{l=1}^m Wl * \ln(EFFl)}{\sum_{l=1}^m Wl}\right]$$

Waarbij:

$Wl$  = gewicht binnen de berekening van het overkoepelende effect. Dit gewicht is omgekeerd evenredig met de variantie.

EFF l: effectiviteitsindex locatie l

De schatting van het betrouwbaarheidsinterval (95%) is dan:

$$Bi M = \exp\left[\frac{\sum_{l=1}^m Wl * \ln(EFFl)}{\sum_{l=1}^m Wl} \pm 1.96 * \frac{1}{\sqrt{\sum_{l=1}^m Wl}}\right]$$



## **6. Effectiviteit van conflictvrije VRI's**

In dit hoofdstuk zullen de effecten van gedeeltelijk en volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties in zowel nationale als internationale literatuur nagegaan worden. Allereerst zullen de verschillende onderzoeken met hun resultaten beknopt besproken worden.

Daarna zullen de resultaten schematisch verzameld en besproken worden. Hierbij zal de globale effectiviteit, de effectiviteit op het type aanrijding en de effectiviteit naar de betrokken weggebruiker apart behandeld worden. Bijkomend zal er bij deze drie schema's een onderscheid gemaakt worden naar de aanpassing van het type VRI.

### **6.1 Verkeersveiligheid-effecten uit de literatuur**

Allereerst worden de opgenomen onderzoeken achtereenvolgens, op basis van publicatiejaar, besproken. In dit literatuuroverzicht is er gekozen om niet te werken met onderzoeken voor het jaar 1990. Verder is er steeds getracht om te werken met onderzoeken die rekening houden met de trend en de regressie naar het gemiddelde.

#### **Bui, Cameron en Chee Wai (1991):**

In 1991 namen Bui, Cameron en Chee Wai 217 kruispunten in Australië onder de loep. Via een voor- en nastudie, waarbij er gecorrigeerd werd voor de regressie naar het gemiddelde, onderzochten de onderzoekers drie verschillende groepen kruispunten. Groep 1 waren niet-conflictvrije VRI's die werden aangepast naar gedeeltelijk conflictvrije VRI's, groep 2 ging van niet-conflictvrije VRI's naar conflictvrije VRI's en groep 3 van gedeeltelijk conflictvrije VRI's naar conflictvrije VRI's.

Het onderzoek toonde aan dat er bij de eerste groep, van niet-conflictvrije VRI's naar gedeeltelijk conflictvrije VRI's, geen duidelijk verschil was. De onderzoekers vonden bij de tweede groep, van niet-conflictvrije VRI's naar conflictvrije VRI's, een vermindering van 45% van alle letselongevallen, 82% in ongevallen met afslaan wagens uit de tegenovergestelde richting, 48% in zijdelingse aanrijdingen en 35% in voetgangersongevallen. Het aantal kop-staart aanrijdingen steeg in de tweede groep met 72%. Ook in de derde groep, van gedeeltelijk conflictvrije VRI's naar conflictvrije VRI's, vonden de onderzoekers soortgelijke cijfers als bij de tweede groep. Er trad bij deze derde groep een vermindering op van 65% van alle letselongevallen, 93% in ongevallen met afslaan wagens 51% met zijdelingse aanrijdingen. (Bui *et al.*, 1991)

**Washington, Gibby en Ferrara (1991. Referentie in Hauer, 2004):**

Een studie van Washington *et al.* (1991) ging de effectiviteit van conflictvrije VRI's na op 20 kruispunten met een hoog aantal ongevallen en op 20 kruispunten met een laag aantal ongevallen. Het onderzoek werd uitgevoerd op basis van een voor- en nastudie, maar het is niet bekend of de onderzoekers corrigeerden voor de trend of de regressie naar het gemiddelde.

De resultaten van het onderzoek toonden aan dat niet alleen de ongevallenratio (in aantal ongevallen per miljoen voertuigen) met links afslaande voertuigen lager was op kruispunten met beschermd links afslaan, maar ook de ongevallenratio van kop-staart aanrijdingen. De totale ongevallenratio op het kruispunt was tot 71% lager. Voornamelijk het aantal flankaanrijdingen daalde aanzienlijk met 85%. Het aantal kop-staart aanrijdingen kende een lichtere daling van 17%. In tabel 4 zijn de resultaten van het onderzoek weergegeven.

**TABEL 4 Ongevallendata op Kruispunten in California (Washington *et al.*, 1991)**

Type aanrijding	Type VRI	Ongevallen / miljoen voertuigen	Effect
Alle ongevallen	Niet-conflictvrij	3.61	-71%
	Conflictvrij	1.04	
Kop-staart aanrijdingen	Niet-conflictvrij	0.41	-17%
	Conflictvrij	0.26	
Flankaanrijdingen	Niet-conflictvrij	1.08	-85%
	Conflictvrij	0.16	

**Shebeeb (1995):**

Shebeeb onderzocht in 1995 zowel de veiligheid als de efficiëntie op 54 kruispunten in Texas op basis van een cross-sectioneel onderzoek. De efficiëntie werd gemeten op basis van de vertraging bij het links afslaan tijdens de spitsuren. De veiligheid werd gemeten op basis van het aantal ongevallen met links afslaande wagens per product van volumes van links afslaande voertuigen en voertuigen in tegenliggend verkeer. Hoe kleiner deze ratio, hoe veiliger het kruispunt.

Uit de resultaten bleek dat de vertraging op een kruispunt relatief hoog oploopt naarmate de conflicten beperkt worden. Van veertien seconden bij een onbeschermd kruispunt tot

46 seconden bij een conflictvrij kruispunt. Wat betreft de veiligheid bleek er ook een groot verschil te zijn tussen de verschillende types VRI's. De ongevalratio, volgens de berekening in de vorige alinea, van een niet-conflictvrij kruispunt lag op 49.2, van een gedeeltelijk conflictvrij kruispunt op 45 en van een volledig conflictvrij kruispunt op 17.9. Deze cijfers geven aan dat beschermde linksaf-fasen tot drie keer veiliger zijn dan onbeschermde linksaf-fasen en er slechts een klein verschil zit tussen de gedeeltelijk conflictvrije kruispunten en de niet-conflictvrije kruispunten. (Shebeeb, 1995)

#### **Stamadiatus, Agent en Bizakis (1997):**

De onderzoekers analyseerden ongevalldata van 217 kruispunten in Kentucky op basis van een cross-sectioneel onderzoek. Zij gebruikten zowel absolute aantallen ongevallen als ongevalratio's als variabele, waarbij het product van de twee kruisende volumes (links afslaan en tegenliggende verkeer) als expositie genomen werd. Bij de berekeningen werd er dan ook rekening gehouden met het aantal rijstroken dat een links afslaand voertuig moest dwarsen.

Op basis van hun berekeningen, komen Stamadiatis *et al.* (1997) tot de bevinding dat conflictvrije verkeerslichten tot vier keer minder ongevallen per jaar hebben dan gewone verkeerslichten wanneer links afslaan voertuigen één rijstrook moeten oversteken, en zelfs tot zes maal minder ongevallen wanneer deze voertuigen twee rijstroken moeten oversteken. (Stamatiadis, Agent & Bizakis, 1997)

#### **Hubacher en Allenbach (2004):**

Hubacher en Allenbach onderzochten in 2004 of het mogelijk was om een model te ontwikkelen dat het aantal ongevallen op verschillende types kruispunten kon voorspellen. In de studiegroep zaten 45 kruispunten in California met zowel conflictvrije als niet-conflictvrije VRI's. Het onderzoek werd uitgevoerd op basis van een cross-sectioneel onderzoek.

Uit de studiegroep bleek dat er gemiddeld 0.7 ongevallen over vijf jaar plaatsvonden, op kruispuntarmen uitgerust met een groene pijl voor links afslaan voertuigen. Voor kruispuntarmen zonder een dergelijk beschermde fase, waren er 1.78 ongevallen. Het risico (ongevalratio, aantal ongevallen per 10.000 voertuigen) was respectievelijk 0.9 en 3.5.

De onderzoekers besloten dat het zeer moeilijk is om een model te creëren dat het aantal ongevallen kan voorspellen. Er was namelijk geen enkel model dat het grote verschil

tussen conflictvrije en niet-conflictvrije kruispunten voorspelde. De onderzoekers wijten dit aan externe factoren waar de modellen geen rekening mee kunnen houden. Het onderzoek ontkent echter niet dat conflictvrije VRI's een sterk positief effect hebben op de veiligheid van een kruispunt. (Hubacher & Allenbach, 2004)

### **Dreesen en Nuyts (2005):**

In 2005 onderzochten Dreesen en Nuyts het effect van gedeeltelijke conflictvrije en volledig conflictvrije verkeerslichten op de verkeersveiligheid op basis van vijftien kruispunten in Vlaanderen, waarvan elf volledig conflictvrije VRI's en vier gedeeltelijk conflictvrije VRI's. Het effect werd onderzocht met behulp van een voor- en nastudie, waarbij gecorrigeerd werd voor de trend en voor regressie naar het gemiddelde met gebruikmaking van een vergelijkingsgroep.

In de meta-analyse vonden ze voor alle ongevallen op kruispunten waar een volledig conflictvrije regeling ingevoerd werd, een significante daling van 30% (95% betrouwbaarheidsinterval [-42%, -16%]). Het aantal ongevallen met doden of zwaar gewonden daalde zelfs met 45% (95% betrouwbaarheidsinterval [-66%, -11%]). Ook het invoeren van gedeeltelijk conflictvrije verkeerslichten had een gunstig effect op de verkeersveiligheid. Het totale aantal ongevallen daalde (niet significant) met 10% (95% betrouwbaarheidsinterval [-33%, +22%]). Het effect op ongevallen met doden of zwaar gewonden is wel significant: dit daalde namelijk met 54% (95% betrouwbaarheidsinterval [-77%, -5%]).

Het effect op de verschillende types aanrijdingen divergeert tussen de kruispunten: zowel voor volledig als gedeeltelijk conflictvrije regelingen daalt het aantal linksaf-ongevallen, respectievelijk met 66% en 54%. Bij de gedeeltelijk conflictvrije regeling is er een stijging van 80% van het aantal kop-staart aanrijdingen, maar bij een volledig conflictvrije regeling is slechts een lichte, niet significante daling van het aantal kop-staart aanrijdingen. Er zijn evenveel kruispunten waar het aantal kop-staart aanrijdingen lijkt te dalen als waar dit type aanrijding meer voorkomt. Toch besloten de onderzoekers op basis van de meta-analyse dat ook bij volledige conflictvrije VRI's het aantal kop-staart aanrijdingen zal toenemen. (Dreesen & Nuyts, 2005)

**Srinivasan, Council, Lyon, Gross, Lefler en Persaud (2008):**

Op basis van een voor- en nastudie onderzochten Srinivasan *et al.* (2008) de effectiviteit van gedeeltelijk conflictvrije en volledig conflictvrije VRI's op vijftien kruispunten in North Carolina. Bij dit onderzoek werd er rekening gehouden met de trend en de regressie naar het gemiddelde. Ze onderzochten drie verschillende types. Bij het eerste type was er een aanpassing van een niet-conflictvrij kruispunt naar een gedeeltelijk conflictvrij kruispunt. Bij het tweede type was er een aanpassing van een niet-conflictvrij kruispunt naar een volledig conflictvrij kruispunt en bij het derde type was er een aanpassing van een gedeeltelijk conflictvrij kruispunt naar een volledig conflictvrij kruispunt.

**TABEL 5 Aantal Ongevallen North Carolina (Srinivasan *et al.*, 2008)**

Type aanpassingen VRI	Aantal sites	Soort ongeval	EB voor	X voor	EB na	X na	Percentag e voor/na
Van niet-conflictvrij naar gedeeltelijk conflictvrij	3	flank alle	17.07 100.88	27 109	17.88 104.4	17 110	2.2% -4.5%
Van niet-conflictvrij naar conflictvrij	8	flank alle	47.15 244.57	70 257	46.09 240.3	1 235	97.9% 2.5%
Van gedeeltelijk conflictvrij naar conflictvrij	4	flank alle	25.25 122.76	39 129	25.73 122.7	0 126	100% -2%

De resultaten in tabel 5 tonen aan dat de aanpassing naar een gedeeltelijk conflictvrij kruispunt een verwaarloosbaar verschil vertoont in het totaal aantal ongevallen. De aanpassing naar een volledig conflictvrije verkeersregelininstallatie heeft het aantal flankaanrijdingen bijna geëlimineerd, maar de kop-staart aanrijdingen en andere ongevallen nemen toe. De onderzoekers concludeerden echter dat de andere types aanrijdingen meestal minder erg van aard waren dan de flankaanrijdingen en er dus een positieve verandering plaats vond. (Srinivasan *et al.*, 2008)

**Meuleners, Hendrie, Lee en Legge (2008):**

In 2008 onderzochten Meuleners *et al.* (2008) de effectiviteit van het 'black spot' programma in West-Australië. Er werden in totaal 150 punten heringericht tijdens de periode 2000-2002. In dit programma werden de 150 punten op verschillende manieren



aangepakt. Er waren aanpassingen naar rotondes en conflictvrije VRI's, maar evengoed structurele aanpassingen zoals een middeneiland of een verbod om rechts af te slaan. Bij deze studie werd er gecorrigeerd voor de regressie naar het gemiddelde.

Het 'black spot' programma werd zeer gunstig bevonden met een daling van 15% van het totaal aantal ongevallen (zowel letselongevallen als ongevallen met enkel materiële schade). Voor de aanpassingen naar conflictvrije VRI's, werd er een daling van 21% gevonden van het totaal aantal ongevallen. (Meuleners *et al.*, 2008)

**Srinivasan *et al.* (2012):**

In 2012 onderzochten Srinivasan *et al.* (2012) de effectiviteit van conflictvrije VRI's op 59 kruispunten in Toronto. Bij deze 59 kruispunten werden niet-conflictvrije VRI's aangepast naar gedeeltelijk conflictvrije VRI's. Ook in deze studie werd er gecorrigeerd voor de regressie naar het gemiddelde en rekening gehouden met de trend.

**TABEL 6 Aantal Ongevallen in Toronto (Srinivasan *et al.*, 2012)**

<b>Type aanrijding</b>	<b>Aantal kruispunten</b>	<b>n</b>	<b>Var (n)</b>	<b>CMF</b>
Alle	59	5915.7	12 338.5	1.033
Dodelijke ongevallen	59	1619.8	2171.3	0.958
Flankaanrijdingen	59	568.5	697.3	0.858
Kop-staart aanrijdingen	59	2165.5	3810.4	1.063

De resultaten in tabel 6 geven aan dat het totaal aantal ongevallen ongeveer hetzelfde bleven. Er was echter een reductie van het aantal flankaanrijdingen met 4%. Het aantal kop-staart aanrijdingen steeg dan weer met 6.4%. Hoewel het totale aantal ongevallen een lichte stijging kende (3%), was er een daling van het aantal ernstig gewonde slachtoffers met 4%. De onderzoekers wijten dit aan het feit dat flankaanrijdingen vaak een hogere ernst veroorzaken dan kop-staart aanrijdingen. (Srinivasan *et al.*, 2012)

## 6.2 Overzicht effecten

Vervolgens zullen de zonet besproken resultaten in drie verschillende overzichten besproken worden. Het eerste overzicht trekt de globale effectiviteit van VRI's na, het tweede overzicht gaat de effectiviteit per type aanrijding specifiek na en in het derde deel wordt de effectiviteit naar betrokken weggebruikers besproken. De effectiviteit wordt vermeld als een percentagevermindering of -verhoging en niet als een aanpassingsfactor.

In elk overzicht zal er daarbij een onderscheid gemaakt worden naar de aanpassing van het type VRI. Hierbij worden drie verschillende types onderscheiden. Namelijk van niet-conflictvrije VRI naar conflictvrije VRI, van niet-conflictvrije VRI naar gedeeltelijk conflictvrije VRI en van gedeeltelijk conflictvrije VRI naar conflictvrije VRI.

In de tabellen zullen de resultaten van een cross-sectioneel onderzoek het effect weergeven van een wijziging van niet-conflictvrije naar gedeeltelijke of volledige conflictvrije VRI's. Of van gedeeltelijk conflictvrije naar volledig conflictvrije VRI's. De vermelde effecten zijn dan ook interpreteerbaar als het effect dat te verwachten is als men een kruispunt verandert van situatie 1 naar situatie 2 (zoals besproken in de vorige alinea). De resultaten van de voor- en nastudies worden weergegeven zoals de studie werd uitgevoerd. Het vermelde effect is hierbij de verandering van de nieuwe situatie ten opzichte van de oude situatie.

Volgende afkortingen worden in de tabellen gebruikt:

Type aanpassing VRI:

- NCV = niet-conflictvrije VRI
- GCV = gedeeltelijk conflictvrije VRI. Geen specificaties van voorstart of ontruimingspijl of beiden
- CV = conflictvrij

Effect op ongevallen:

- EG = ernstige ongevallen

### 6.2.1 Globaal effect

In tabel 7 zijn de resultaten van de besproken onderzoeken schematisch weergegeven betreffende de globale effectiviteit. Het effect in de tabel geeft dan ook de globale daling/stijging weer van het totaal aantal ongevallen.

**TABEL 7 Overzicht Globale Effecten op Verkeersveiligheid**

Type VRI	Auteur(s)/(jaar)	Type studie	Aantal locaties	Effect op alle ongevallen
Van NCV naar CV	Bui <i>et al.</i> (1991)	Voor- en nastudie	217 kruispunten in Australië	-45%
	Washington <i>et al.</i> (1991)	Voor- en nastudie	40 kruispunten in California	-71%
	Shebeeb (1995)	Cross-sectioneel	54 kruispunten in Texas	-56% tot -66%
	Stamadiatis <i>et al.</i> (1997)	Cross-sectioneel	217 kruispunten in Kentucky	-75% tot -85%
	Hubacher & Allenbach (2004)	Cross-sectioneel	45 kruispunten in California	-61% tot -74%
	Dreesen & Nuyts (2005)	Voor- en nastudie	11 kruispunten in Vlaanderen	-30% (-45% EG)
	Meuleners <i>et al.</i> (2008)	Voor- en nastudie	150 kruispunten in West-Australië	-21%
	Srinivasan <i>et al.</i> (2008)	Voor- en nastudie	15 kruispunten in North Carolina	±
Van NCV naar GCV	Bui <i>et al.</i> (1991)	Voor- en nastudie	217 kruispunten in Australië	±
	Shebeeb (1995)	Cross-sectioneel	54 kruispunten in Texas	±
	Stamadiatis <i>et al.</i> (1997)	Cross-sectioneel	217 kruispunten in Kentucky	-39% tot -63%
	Dreesen & Nuyts (2005)	Voor- en nastudie	4 kruispunten in Vlaanderen	-10% (-54% EG)
	Srinivasan <i>et al.</i> (2008)	Voor- en nastudie	15 kruispunten in North Carolina	±
	Srinivasan <i>et al.</i> (2012)	Voor- en nastudie	59 kruispunten in Toronto	± (-14% EG)

Van GCV naar CV	Bui <i>et al.</i> (1991)	Voor- en nastudie	217 kruispunten in Australië	-65%
	Shebeeb (1995)	Cross-sectioneel	54 kruispunten in Texas	-65% tot -73%
	Stamadiatis <i>et al.</i> (1997)	Cross-sectioneel	217 kruispunten in Kentucky	-35% tot -75%
	Srinivasan <i>et al.</i> (2008)	Voor- en nastudie	15 kruispunten in North Carolina	±

Uit bovenstaande cijfers blijkt een duidelijk gunstig effect van gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's op het totaal aantal ongevallen. Het overgrote deel van de opgenomen studies vond zeer gunstige resultaten van dalingen tot wel -85% van het aantal ongevallen. Bij de meeste onderzochte studies werd geconcludeerd, dat gedeeltelijk conflictvrije en volledig conflictvrije VRI's een gunstig effect hebben op het totaal aantal ongevallen. Enkel de studies van Srinivasan *et al.* (2008), Srinivasan *et al.* (2012) en Bui *et al.* (1991) geven aan dat er geen statistisch relevant verschil is bij het totale aantal ongevallen. Elvik (1997) beschreef echter dat de resultaten sterk afhankelijk waren van de externe variabelen die al dan niet in rekening werden gebracht. Hoe meer vertekende factoren in rekening werden genomen, hoe kleiner het effect was dat kon toegeschreven worden aan de aanpassing van de gevaarlijke punten. Als enkel de studies opgenomen worden die de effectiviteit via een voor- en nastudie onderzochten en waarbij er gecontroleerd werd voor de regressie naar het gemiddelde en de trend in deze literatuurstudie, vindt men een kleinere daling van het aantal ongevallen. De resultaten van de methodologisch meest correcte studies variëren tussen de 0% en de -45%.

Hoewel het onderzoek van Srinivasan *et al.*, in 2008 en in 2012 aangeeft dat er geen statistisch relevante daling waarneembaar is, wordt er een daling van 14% van het aantal ernstige ongevallen bij volledig conflictvrije VRI's gevonden. Ook het onderzoek van Dreesen & Nuyts (2005) geeft een sterke daling van het aantal ernstige ongevallen weer in Vlaanderen bij zowel de volledig conflictvrije VRI's (-45%) als de gedeeltelijk conflictvrije VRI's (-54%). Beide onderzoeken werden uitgevoerd op basis van een voor- en nastudie, waarbij er gecontroleerd werd voor de regressie naar het gemiddelde en de trend.

Als de resultaten van de volledige conflictvrije VRI's worden vergeleken met de resultaten van de gedeeltelijk conflictvrije VRI's, wordt er een gunstiger effect bij de

volledig conflictvrije VRI's gevonden. Indien men een niet-conflictvrije VRI naar een volledig conflictvrije VRI wijzigt, dan variëren de cijfers tussen de 0% en -85%. Bij de wijziging van een niet-conflictvrije VRI naar een gedeeltelijk conflictvrije inrichting variëren de cijfers tussen de 0% en de 33%. Wederom zijn de effecten minder gunstig bij de methodologisch correcte studies. Bij de aanpassing naar volledig conflictvrije VRI's werden er effecten tussen de 0% en 45% gevonden. Bij de aanpassing naar gedeeltelijk conflictvrije VRI's werden er effecten tussen de 0% en de 10% gevonden. De cijfers zijn in beide gevallen nog steeds gunstig te noemen, maar de volledige conflictvrije VRI kent de grootste dalingen en dus de meest gunstige effecten.

Wanneer een gedeeltelijk conflictvrije VRI naar een volledig conflictvrije VRI gewijzigd wordt, is er een gunstig effect waarneembaar volgens de onderzochte studies. Deze studies geven namelijk een daling weer tussen de 35% en de 75%. Enkel het onderzoek van Srinivasan *et al.* (2008) vond geen significante daling van het totale aantal ongevallen, maar wel een sterke daling van het aantal zware ongevallen. Enkel bij het onderzoek van Srinivasan *et al.* (2008) werd er echter gewerkt via een voor- en nastudie, waarbij er gecontroleerd werd voor de regressie naar het gemiddelde en de trend.

### 6.2.2 Effect op het type ongeval

In tabel 8 zijn de resultaten van de besproken onderzoeken schematisch weergegeven, met een onderscheid naar type ongevallen. Het effect in de tabel geeft dan ook de daling/stijging weer van het aantal flankaanrijdingen en het aantal kop-staart aanrijdingen.

**Tabel 8** Overzicht Effecten op het Type Ongevallen

	Auteur(s)/(jaar)	Type studie	Aantal locaties	Type aanrijdingen	
				Flankaa nrijding	Kop- staart
Van NCV naar CV	Dreesen & Nuyts (2005)	Voor- en nastudie	11 kruispunten in Vlaanderen	-66%	±
	Bui <i>et al.</i> (1991)	Voor- en nastudie	217 kruispunten in Australië	-82%	+72%
	Srinivasan <i>et al.</i> (2008)	Voor- en nastudie	15 kruispunten in North Carolina	-98%	/

Van NCV naar GCV	Dreesen & Nuyts (2005)	Voor- en nastudie	11 kruispunten in Vlaanderen	-54%	+80%
	Bui <i>et al.</i> (1991)	Voor- en nastudie	217 kruispunten in Australië	±	±
	Srinivasan <i>et al.</i> (2008)	Voor- en nastudie	15 kruispunten in North Carolina	±	/
	Srinivasan <i>et al.</i> (2012)	Voor- en nastudie	59 kruispunten in Toronto	-14%	+6.4%
Van GCV naar CV	Bui <i>et al.</i> (1991)	Voor- en nastudie	217 kruispunten in Australië	-93%	±
	Srinivasan <i>et al.</i> (2008)	Voor- en nastudie	15 kruispunten in North Carolina	-100%	/

Uit tabel 8 blijkt een gunstig effect van het aantal flankaanrijdingen bij de aanpassing naar een gedeeltelijk of volledig conflictvrije VRI. De cijfers variëren tussen de 0% en de -98%. De kop-staart aanrijdingen kenden daarentegen een stijging tussen de 0% en de 80%. Deze onderzoeken werden allemaal uitgevoerd op basis van een voor- en nastudie, waarbij er gecontroleerd werd voor de regressie naar het gemiddelde en de trend.

Verder blijkt er duidelijk dat hoe conflictvrij een kruispunt gemaakt wordt, hoe minder ongevallen er voorkomen met links afslaande voertuigen. Wanneer een niet-conflictvrije VRI gewijzigd wordt in een volledig conflictvrije regeling, dan is er namelijk een duidelijk gunstig effect op het aantal ongevallen met links afslaande voertuigen tussen de 66% en de 98%. Bij de wijziging van niet-conflictvrije VRI's naar gedeeltelijk conflictvrije VRI's is er een kleinere, maar nog steeds positieve daling waar te nemen tussen 0% en 54%.

Ook de aanpassing van een gedeeltelijk conflictvrije VRI naar een volledige conflictvrije VRI heeft een gunstig effect op het aantal flankaanrijdingen. In deze studies werd het aantal flankaanrijdingen bijna (-93% en -100%) geëlimineerd. Bij deze laatste cijfers moet men echter wel voorzichtig zijn bij de interpretatie. Volgens Dreesen (2005) zijn dergelijke cijfers vermoedelijk overschat, daar in het buitenland het type 'voorstart' vaak voorkomt. In Vlaanderen komt echter enkel het type 'ontruimingspijl' voor. Bij het type voorstart krijgt het links afslaand verkeer de mogelijkheid om het kruispunt te verlaten alvorens het rechtdoorgaande verkeer zich op het kruispunt begeeft. Bij het type ontruimingspijl is dit net andersom. Het afslaande verkeer krijgt namelijk pas een groene pijl nadat het rechtdoorgaande verkeer het kruispunt verlaten heeft. Een gedeeltelijk

conflictvrije VRI met 'voorstart' zou volgens Dreesen (2005) dan ook duidelijk onveiliger zijn dan een gedeeltelijk conflictvrije VRI met ontruimingspijl. Deze effecten zijn dan ook niet zomaar overdraagbaar. Er moet hierbij dan ook rekening gehouden worden dat het effect waarschijnlijk kleiner zal zijn in Vlaanderen.

Hoewel het aantal flankaanrijdingen een grote daling kent, gaat dit volgens de onderzochte studies vaak gepaard met een stijging van het aantal kop-staart aanrijdingen. Er werden namelijk stijgingen tot wel 80% gevonden van het aantal kop-staart aanrijdingen. Volgens het onderzoek van Dreesen en Nuyts (2005) divergeert het effect op het aantal kop-staart aanrijdingen overigens tussen de types VRI's. Bij de gedeeltelijk conflictvrije regeling is er een stijging van 80% van het aantal kop-staart aanrijdingen, maar bij een volledig conflictvrije regeling is slechts een lichte, niet significante daling van het aantal kop-staart aanrijdingen. De onderzoekers besluiten echter dat de zijdelingse aanrijdingen vaak ernstiger zijn dan kop-staart aanrijdingen (Dreesen & Nuyts, 2005). Flankaanrijdingen zijn voor de in de flank aangereden wagen steeds ernstig omdat de flank, anders dan het front van de wagen, nauwelijks bescherming biedt en bijvoorbeeld geen vervorming kan opnemen in kreukelzones (Christiaens & Stallaert, 2012). Het invoeren van gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's zorgt dan ook voor een daling van het aantal ernstige ongevallen, ondanks de mogelijke stijging van het aantal kop-staart aanrijdingen.

### **6.2.3 Effect naar de betrokken weggebruikers**

Er werd zeer weinig literatuur gevonden die het effect van gedeeltelijk of volledig conflictvrije VRI's naar de type weggebruiker heeft onderzocht. Enkel in het onderzoek van Bui *et al.* (1991) werden er resultaten gevonden betreffende het effect naar de betrokken weggebruiker. Het onderzoek stelde een daling van het aantal gewonde voetgangers met 35% vast bij de aanpassing naar een volledig conflictvrije VRI. Er werd echter geen daling van het aantal gewonde voetgangers gevonden bij de aanpassing naar een gedeeltelijk conflictvrije VRI.

### **6.2.4 Besluit**

Het is duidelijk dat het invoeren van conflictvrije verkeerslichten een gunstig effect heeft op het totaal aantal ongevallen. Voornamelijk ongevallen met links afslaan voertuigen kennen een zeer grote daling. Aangezien deze flankaanrijdingen vaak ernstiger zijn dan kop-staart aanrijdingen is het zeer gunstig effect op het aantal ernstige ongevallen verklaarbaar.

Het is echter niet mogelijk om een gemiddeld effect te bepalen op basis van de besproken studies. Er zijn namelijk teveel verschillende indicatoren gebruikt om de veiligheid weer te geven (Hauer, 2004). Verder kunnen deze cijfers ook niet zomaar geprojecteerd worden op Vlaanderen. Tabel 9 geeft echter samenvattend weer wat een wijziging van niet-conflictvrije VRI's naar een conflictvrije regeling teweeg brengt. Hierbij werden enkel onderzoeken opgenomen die werkten via een voor- en nastudie, waarbij er gecontroleerd werd voor de regressie naar het gemiddelde en de trend. Deze studies zijn namelijk methodologisch het meest correct.

**TABEL 9 Effectiviteit Conflictvrije VRI's op Globaal en Type Aanrijdingen**

	<b>Type aanrijding</b>	<b>Effect</b>
Van NCV naar CV	Totaal aantal ong.	0% tot -45%
	Ernstige ong.	-14% tot -54%
	Kop-staart aanr.	0% tot +80%
	Flankaanrijdingen	0% tot -98%





## DEEL 2: EIGEN ONDERZOEK

---

In deel 2 zal het eigen uitgevoerd onderzoek besproken worden. Allereerst zal er ingegaan worden op het ontwerp van de studie en de gebruikte data, alsook de gebruikte methodiek. Daarna zullen de resultaten besproken worden en conclusies/aanbevelingen gemaakt worden.

### **7. Studie ontwerp, dataverzameling en methodiek**

Deze studie onderzoekt door middel van een voor- en nastudie welk effect de omschakeling van lichtengeregelde kruispunten naar volledig of gedeeltelijke conflictvrije verkeerslichten heeft op het aantal ongevallen. Hierbij werden twee groepen ongevallendata onderscheiden; namelijk alle letselongevallen en de ernstige ongevallen. Deze ernstige ongevallen omvatten ongevallen met zwaar gewonden (elke persoon die in een verkeersongeval wordt gewond en wiens toestand zodanig is dat een opname voor meer dan 24 uur in een ziekenhuis noodzakelijk is) en doden (elke persoon die overleed ter plaatse of binnen 30 dagen na de datum van het ongeval). Naast de ernst van het ongeval, werd er verder een analyse van het type ongeval uitgevoerd en een analyse naar de betrokken weggebruikers bij deze ongevallen.

#### **7.1 Studie ontwerp**

In de literatuurstudie werd er, bij de afweging naar een analysemethode, gekozen voor het gebruik van een voor- en nastudie. Deze studiemethode wordt zeer vaak gebruikt om dergelijke analyses uit te voeren en heeft zekere statistische voordelen ten opzichte van andere analysemethoden (Elvik, 2002; Shinar, 2007). Kort samengevat wordt er bij een voor- en nastudie het aantal ongevallen voor de implementatie vergeleken met het aantal ongevallen erna, waarbij er rekening gehouden wordt met externe variabelen zoals de regressie naar het gemiddelde en de trend. Om deze externe variabelen niet op te nemen in het berekende effect, wordt er in deze studie gebruik gemaakt van de EB-methode en een vergelijkingsgroep (Hauer, 1997; Elvik, 2002). In hoofdstuk 5 van dit rapport werd de berekening van het effect reeds uitgebreid besproken.

## 7.2 Data

Om het effect te berekenen is de volgende informatie/data noodzakelijk:

- Een geografische locatie van de ongevallen
- Ongevalleninformatie: jaar, betrokken weggebruiker, ernst van ongevallen
- Ingebruikname (jaartal) van de conflictvrije verkeersregelinstantie
- Informatie over andere maatregelen die toegepast werden op de desbetreffende kruispunten met betrekking tot de verkeersveiligheid

Voor dit onderzoek werd er Vlaamse data ter beschikking gesteld door het IMOB. Deze data bestaat uit een selectie kruispunten die opgenomen zijn in de 'gevaarlijke punten' sites van de Vlaamse overheid. Door gebruik te maken van ongevallendata tussen 1997-1999 identificeerde de Vlaamse overheid locaties die als gevaarlijke punten bestempeld werden. Elke plaats waar minstens drie letselongevallen gebeurden gedurende die drie jaar werd geselecteerd. Van deze plaatsen werd een prioriteitsscore berekend om de gevaarlijke locaties te selecteren en te rangschikken. Daartoe werd een gewicht van 1 toegekend aan elk lichtgewond slachtoffer, 3 aan elk zwaargewond slachtoffer en 5 aan elk dodelijk slachtoffer. De som van deze gewichten diende minimaal 15 te zijn om beschouwd te worden als gevaarlijk punt (De Pauw *et al.*, 2012). Ook werd een prioriteitsscore berekend waarbij rekening werd gehouden met de betrokkenheid van actieve weggebruikers, zijnde de fietsers. Daartoe werd het gewicht van ongevallen waar fietsers bij betrokken waren met 50% verhoogd.

In totaal werden er 809 locaties met een uitzonderlijk hoog aantal ongevallen of een hoog aantal zware ongevallen geselecteerd. Deze punten betroffen bijna allemaal kruispunten en slechts acht wegvakken. De kruispunten bestonden voornamelijk uit kruispunten met verkeerslichten (49%), gevolgd door voorranggeregelde kruispunten (47%). Twee procent bestond uit rotondes.

Tijdens de periode van 2000-2010 werd het grootste deel van deze locaties aangepakt met het oog op een verbeterde veiligheid. Hierbij dient een onderscheid te worden gemaakt tussen grote ingrijpende veranderingen en de kleinere aanpassingen. Deze kleinere ingrepen omvatten onder meer het aanpassen van de lichtenregeling, plaatsen van camera's, andere markeringen, bijkomende snoeiwerken enzovoort. In sommige gevallen bleek een dergelijke ingreep voldoende om de verkeersveiligheid te verbeteren. Anderzijds zijn er de meer ingrijpende veranderingen. Hiervan is het conflictvrij maken van de verkeersregelinstantie één van de meest voorkomende (25%). Verder werd op

sommige kruispunten de lay-out aangepast (16% ) of sommige kruispunten werden heraangelegd als een rotonde (14%). (De Pauw *et al.*, 2012)

In dit onderzoek zal de focus natuurlijk liggen op de kruispunten die aangepast werden naar gedeeltelijk of volledig conflictvrije VRI's. Van deze conflictvrije verkeerspunten is er meestal data ter beschikking over de locatie, de ongevalleninformatie (jaar / betrokken weggebruiker / ernst), de datum van ingebruikname en informatie over andere maatregelen die werden toegepast.

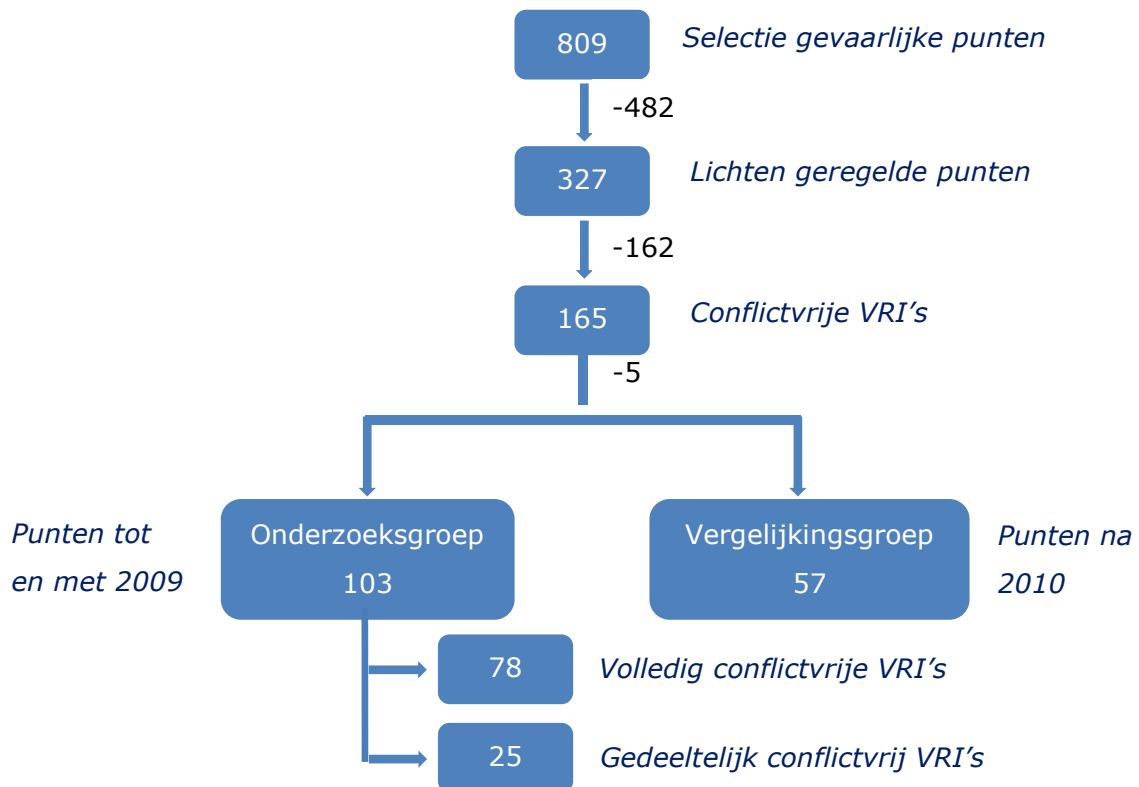
### **7.2.1 Selectie van de onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep**

#### **Onderzoeksgroep:**

Van de 809 gevaarlijke punten, waren er 327 locaties lichtengeregeld. Van deze 327 lichtengeregelde locaties werden er voor 165 kruispunten aanpassingen voorzien naar gedeeltelijk of volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties. Om een gevaarlijk punt op te nemen in de onderzoeksgroep dient de locatie volledig opgeleverd en in gebruik genomen te zijn door het verkeer. Daarnaast is er minstens één jaar ongevallendata nodig voor de start van de uitvoering van de werken en één jaar na het beëindigen van de werken. Om de selectie van ongevallen rond het gevaarlijke punt mogelijk te maken, dienen deze ongevallendata geografisch gelokaliseerd te zijn. Van de 165 kruispunten werden er 103 locaties opgenomen in de onderzoeksgroep. De locaties die niet werden opgenomen bestaan dan ook uit plaatsen waar:

- De herinrichting pas na 2009 plaats vond
- De datum van de ingebruikname niet bekend was

Verder is er geen geografisch gelokaliseerde ongevallendata ter beschikking na 2010, wat maakt dat enkel de kruispunten tot eind 2009 kunnen geanalyseerd worden in de onderzoeksgroep. Van deze 103 locaties zijn er 78 waar een volledig conflictvrije VRI geplaatst werd en 25 waar een gedeeltelijk conflictvrije VRI geplaatst werd. In onderstaande flowchart (figuur 11) wordt de selectieprocedure gedetailleerd weergegeven. In totaal werden de werken afgerond en de kruispunten opengesteld op 4 locaties in 2004, 24 locaties in 2005, 16 locaties in 2006, 28 locaties in 2007, 17 locaties in 2008 en 14 locaties in 2009. De verdeling per provincie ziet er als volgt uit; 32 kruispunten in Antwerpen, 22 in Limburg, 22 in Oost-Vlaanderen, 12 in Vlaams-Brabant en 15 in West-Vlaanderen.



**FIGUUR 11** Flow-chart: selectie van locaties in de onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 1.

### **Vergelijkingsgroep:**

Voor deze studie zal er gebruik gemaakt worden van twee vergelijkingsgroepen. De eerste vergelijkingsgroep werd geselecteerd uit de dataset van 'gevaarlijke kruispunten' die nog niet werden heringericht voor 2010. Deze keuze werd gemaakt om op die manier punten te selecteren die zo vergelijkbaar mogelijk zijn met de onderzoeksgroep. Er zijn 57 kruispunten, die pas werden heringericht na 2010, opgenomen in de vergelijkingsgroep.

De tweede vergelijkingsgroep bestaat uit het totaal aantal ongevallen op kruispunten met lichten in Vlaanderen, uitgezonderd de kruispunten met verkeerslichten die werden opgenomen in de onderzoeksgroep. De kruispunten uit de onderzoeksgroep mogen natuurlijk niet opgenomen worden in de vergelijkingsgroep, daar de effecten van aanpassingen naar een gedeeltelijk of volledig conflictvrije VRI niet onder de vergelijkingsgroep ressorteren. Wederom werd er hier gebruik gemaakt van gelocaliseerde data. Deze tweede vergelijkingsgroep werd gekozen omdat er in de eerste vergelijkingsgroep slechts een klein aantal punten opgenomen zijn. In de literatuurstudie werd namelijk aangetoond dat een goede vergelijkingsgroep met een hoog aantal punten

van belang is voor het uitsluiten van bepaalde externe variabelen (Hauer, 1997). Dit wil echter niet zeggen dat de gegevens van de eerste vergelijkingsgroep niet bruikbaar zijn, maar dat er toch met een kritische blik naar de resultaten moet gekeken worden.

Verder werd er ook een derde vergelijkingsgroep gebruikt in het onderzoek. Deze vergelijkingsgroep bestond uit het totaal aantal ongevallen in Vlaanderen. Deze groep werd echter niet in de resultaten opgenomen, daar de tweede vergelijkingsgroep meer overeenkomsten heeft met de onderzoeksgroep en een beter beeld gaf van de trend. Het totale aantal ongevallen in Vlaanderen omvat immers ook ongevallen die gebeurden op wegvakken, autosnelwegen... Dit zijn plaatsen die minder vergelijkbaar zijn met de onderzoekslocaties in deze studie. In bijlage 1 kan de beschrijving van de ongevallendata en de resultaten van deze derde vergelijkingsgroep terug gevonden worden.

Voor beide vergelijkingsgroepen werd er nagegaan of de locaties bestonden uit punten die vergelijkbaar zijn met de onderzoekslocaties op basis van een statistische controle. Hiervoor werden de odds ratio's berekend van het ongevallenaantal van de jaren voordat de gevaarlijke punten werden aangepakt. De odds ratio is de relatieve wijziging in het aantal ongevallen in de onderzoeksgroep vergeleken met de relatieve wijziging in de vergelijkingsgroep. De odds ratio van twee opeenvolgende jaren is:

$$\text{odds ratio} = \frac{O_t/O_{t-1}}{V_t/V_{t-1}}$$

Waarbij:

$O_t$  = het aantal ongevallen in de onderzoeksgroep in het jaar t.

$O_{t-1}$  = het aantal ongevallen in de onderzoeksgroep in het jaar t-1.

$V_t$  = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep in het jaar t.

$V_{t-1}$  = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep in het jaar t-1.

Als de ongevallendata van de onderzoeksgroep evenredig wijzigt van jaar tot jaar in vergelijking met de vergelijkingsgroep, kan men stellen dat de twee groepen vergelijkbaar zijn. De vergelijkingsgroep is 'vergelijkbaar', indien de odds ratio in de buurt van één ligt. Aangezien de voorperiode in de onderzoeksgroep van dit onderzoek varieert tussen één en zes jaar, is het echter nodig om de odds ratio te berekenen voor alle locaties met één jaar voorperiode, twee jaar voorperiode, drie jaar voorperiode, vier jaar voorperiode, vijf jaar voorperiode en zes jaar voorperiode. (Hauer, 1997; De Pauw *et al.*, 2012)

Voor de punten die werden heringericht in 2004 werd er geen odds ratio berekend aangezien de beschikbare data slecht vanaf 2003 gehanteerd werd. Voor de odds ratio's van de onderzoeksgroep met de eerste vergelijkingsgroep werden er voor de overige onderzoekslocaties zeer gunstige resultaten gevonden met een gemiddelde van 1,01. Voor de odds ratio's van de onderzoeksgroep met de tweede vergelijkingsgroep werden zeer vergelijkbare resultaten gevonden ten opzichte van de eerste vergelijkingsgroep. Ook hier kunnen de resultaten zeer gunstig genoemd worden met een gemiddelde odds ratio van 1,02. In tabel 10 worden voor beide onderzoeksgroepen de bijhorende odds ratio's weergegeven. Aangaande het ongevallenvverloop werd er besloten dat beide vergelijkingsgroepen als vergelijkbaar worden beschouwd met de onderzoeksgroep.

**TABEL 10 Odds Ratio's van Ongevallen in de Onderzoeksgroep ten opzichte van Vergelijkingsgroep 1 en Vergelijkingsgroep 2**

<b>Jaar van aanpassing onderzoeksgroep</b>	<b>Vergelijkingsgroep 1</b>	<b>Vergelijkingsgroep 2</b>
2005	0,93	0,98
2006	0,92	0,98
2007	0,97	0,96
2008	1,12	1,03
2009	1,10	1,13
Gemiddelde	1.01	1.02

### **7.2.2 Selectie van de ongevallendata**

Zoals reeds eerder besproken zal op basis van een voor- en nastudie van het aantal ongevallen, de effectiviteit bepaald worden van gedeeltelijk en volledig conflictvrije ongevallen. Hierbij worden alle ongevallen in een straal van 100 meter rond het desbetreffende punt geselecteerd om een evaluatie mogelijk te maken. Er werd gekozen voor 100 meter, aangezien op deze manier alle ongevallen op een kruispunt worden opgenomen, ook bij de grote kruispunten. Om deze selectie mogelijk te maken werd

gebruik gemaakt van gelokaliseerde ongevallendata. De data werd namelijk verzameld door de politie via analyseformulieren voor verkeersongevallen. Daarna werd deze data gecontroleerd door de Federale Overheidsdienst Economie en aangevuld met de gegevens van dodelijke ongevallen (gewonde personen die binnen 30 dagen na het ongeval overlijden). Als laatste werd door het Agentschap Wegen en Verkeer, departement Mobiliteit en Openbare Werken, de geo-codering uitgevoerd op basis van de locatiegegevens.

Op het moment dat deze studie werd uitgevoerd, waren de gelokaliseerde ongevallendata beschikbaar tot en met 2010. Er werd bij de analyse gebruik gemaakt van de data van 2003 tot en met 2010. Deze keuze werd gemaakt om de regressie naar het gemiddelde uit te sluiten. Het grootste deel van de gevaarlijke punten werd geselecteerd op basis van ongevallendata 1997-1999. Er is echter wat onduidelijkheid omtrent de concrete selectieperiode van de gevaarlijke punten, want het blijkt dat er ook een aanvullende selectie gebeurd is op basis van de ongevallendata in de jaren nadien. Daarom werd er gekozen om deze jaren uit te sluiten en enkel ongevallendata vanaf 2003 op te nemen. Bovendien was de voorperiode voor de meeste onderzoekslocaties nog voldoende lang. Slechts voor vier locaties bestond de voorperiode uit één jaar (kruispunten aangepast in 2004), voor de overige kruispunten bestond de voorperiode uit twee tot zes jaar. (De Pauw *et al.*, 2012)

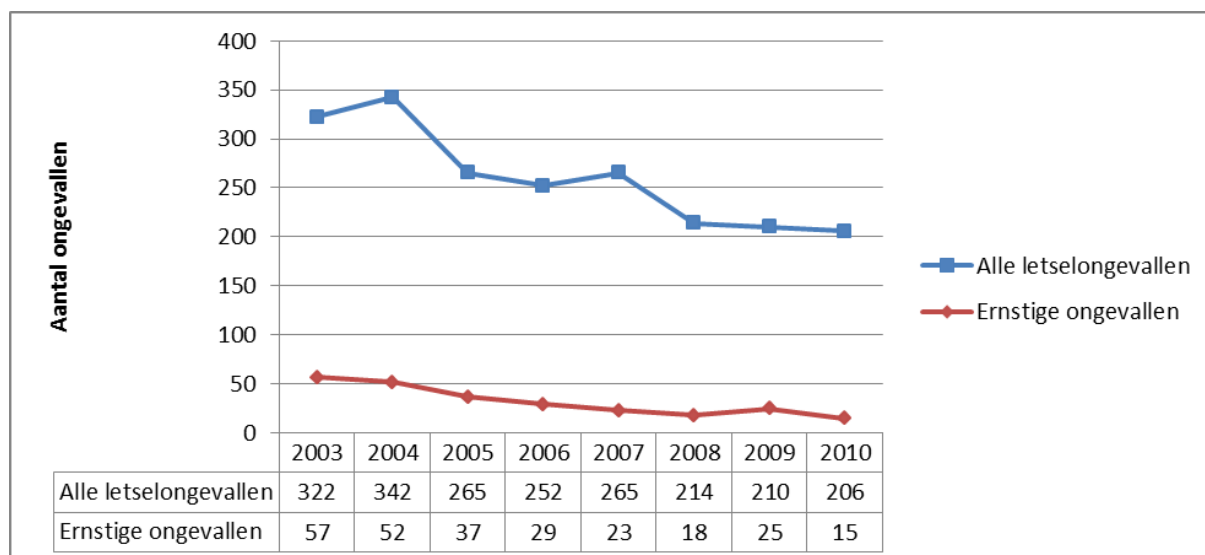
De ongevallendata kunnen wat betreft ernst van het ongeval ingedeeld worden in twee groepen. Allereerst zijn er de globale ongevallen met de letselongevallen en de ernstige ongevallen (ongevallen met zwaargewonden of dodelijke slachtoffers). Naast de ernst van het ongeval kan er verder onderscheid gemaakt worden tussen de types ongevallen en een onderscheid naar de betrokken weggebruikers bij deze ongevallen. Onder de types ongevallen kunnen er verschillende aanrijdingen onderscheiden worden, waarbij kop-staart aanrijdingen en flankaanrijdingen het meest voorkomend zijn op een kruispunt (Bochner & Walden, 2010). In deze studie werd er bij de types aanrijdingen een onderscheid gemaakt tussen deze twee. Bij het onderscheid naar de weggebruikers zal er in deze studie een onderscheid gemaakt worden tussen auto's, voetgangers, fietsers, bromfietzers, vrachtwagens en motorrijders.

### **Globale ongevallen:**

In totaal werden in de onderzoeksgroep 2076 letselongevallen geregistreerd en 256 ernstige ongevallen op 103 locaties. In figuur 12 wordt het totaal aantal letselongevallen

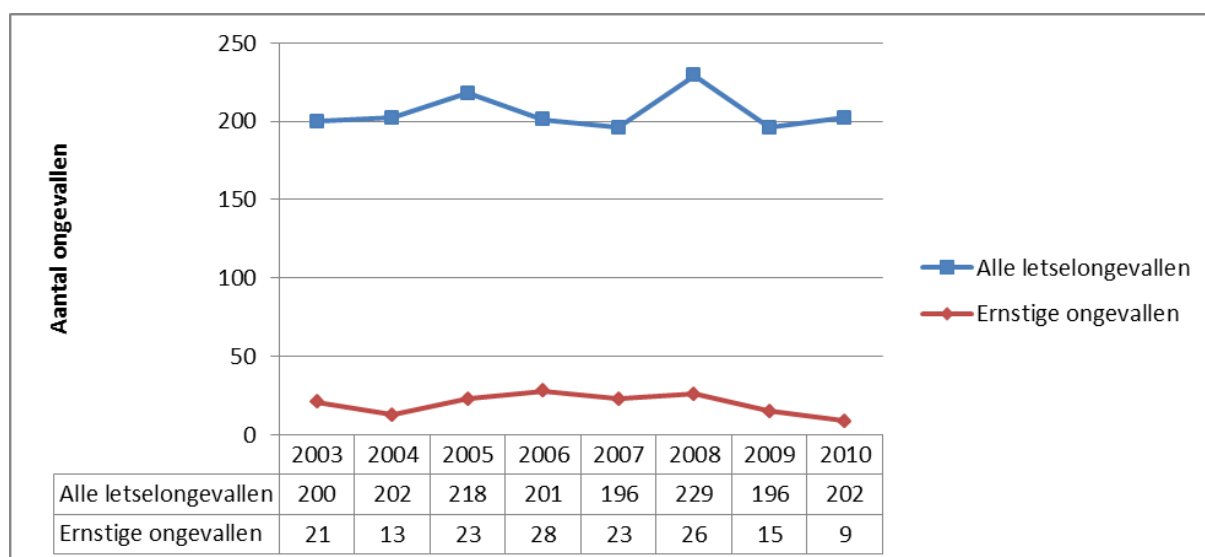


en ernstige ongevallen per jaar weergeven. Hieruit kan men vaststellen dat het aantal ongevallen over de jaren heen een dalende trend kent voor zowel alle letselongevallen als voor de ernstige ongevallen.



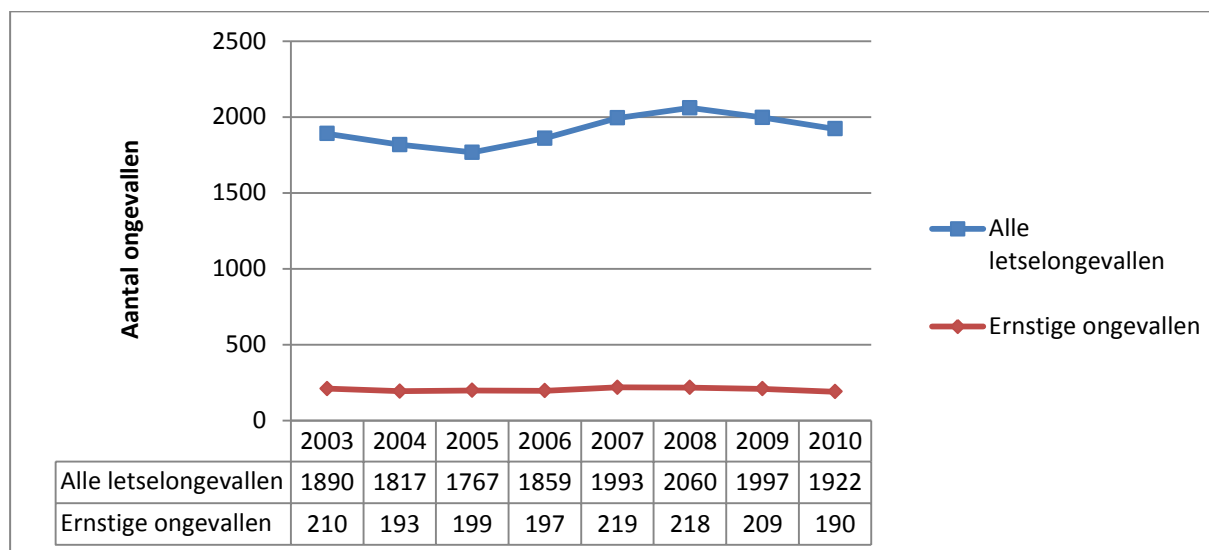
**FIGUUR 12 Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in de onderzoeksgroep.**

De eerste vergelijkingsgroep bestaat uit de nog niet heringerichte gevaarlijke punten. Hier werden er in totaal 1644 letselongevallen vastgesteld en 158 ernstige ongevallen op 57 locaties. In figuur 13 worden de gegevens voor de vergelijkingsgroep weergegeven. In tegenstelling tot de onderzoeksgroep is er geen duidelijke daling, noch stijging waar te nemen in de vergelijkingsgroep.



**FIGUUR 13 Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in vergelijkingsgroep 1.**

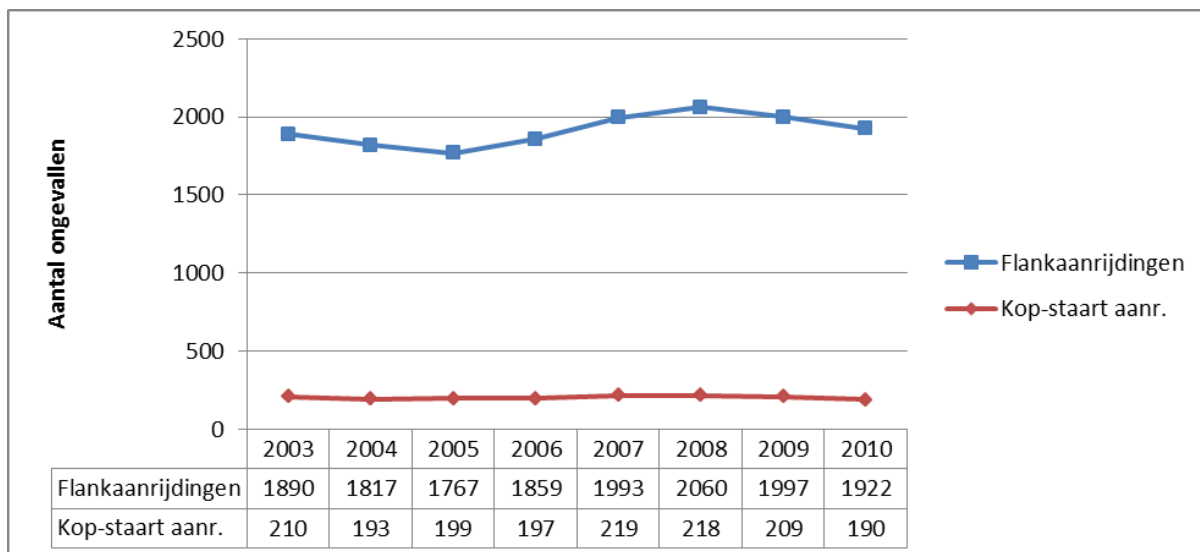
De tweede vergelijkingsgroep bestaat uit het totaal aantal ongevallen op kruispunten met verkeerslichten in Vlaanderen, waarbij de kruispunten van de onderzoeksgroep niet opgenomen werden. Deze cijfers worden weergegeven in figuur 14. Er is geen duidelijke daling of stijging waar te nemen bij zowel de letselongevallen als bij de ernstige ongevallen.



**FIGUUR 14 Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in vergelijkingsgroep 2.**

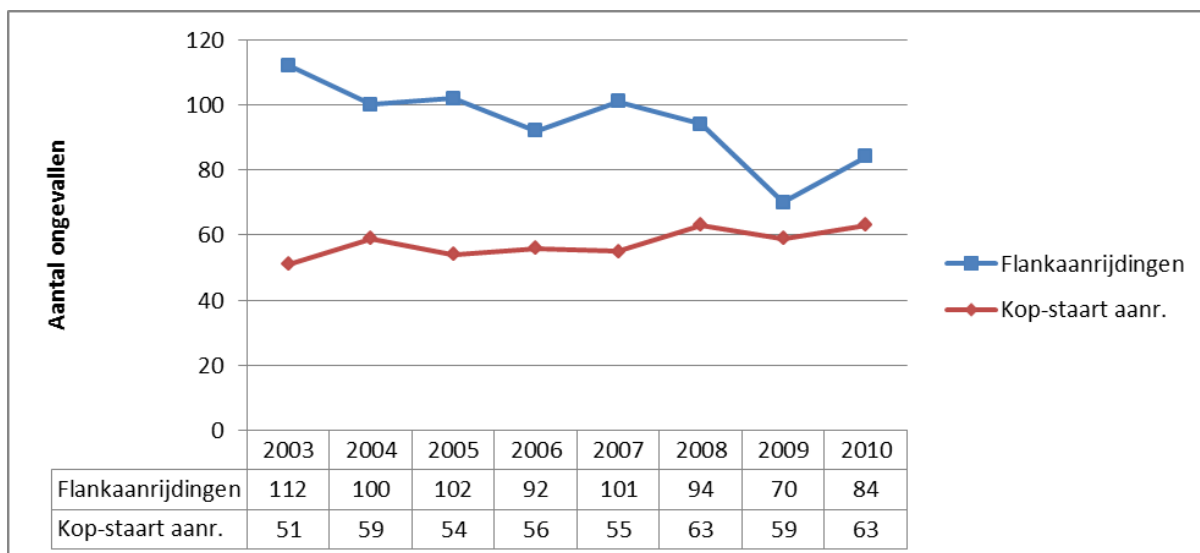
### **Type ongevallen:**

In totaal werden in de onderzoeksgroep 812 flankaanrijdingen geregistreerd en 736 kop-staart aanrijdingen op 103 locaties. In figuur 15 wordt het totaal aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen per jaar weergegeven. Er is een duidelijk dalende trend waarneembaar van het aantal flankaanrijdingen. Bij de kop-staart aanrijdingen is er geen duidelijke daling of stijging waarneembaar.



**FIGUUR 15 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in de onderzoeksgroep.**

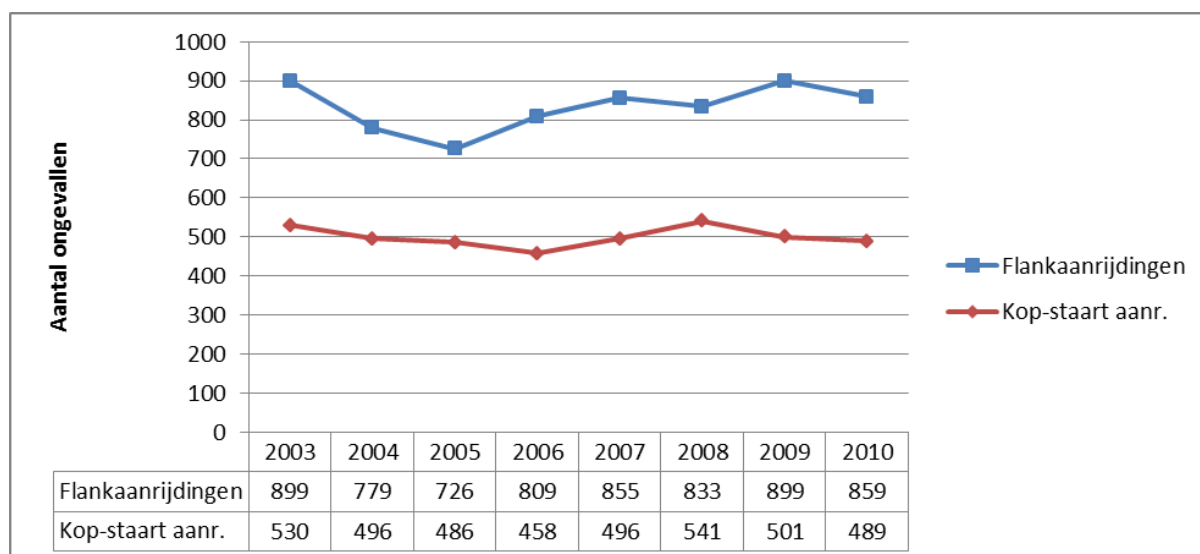
Bij de eerste vergelijkingsgroep, bestaande uit de nog niet heringerichte gevaarlijke punten, werden er in totaal 755 flankaanrijdingen geregistreerd en 460 kop-staart aanrijdingen op 57 locaties. In figuur 16 worden het totaal aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen per jaar weergegeven. Er is een licht dalende trend waarneembaar bij de flankaanrijdingen en een licht stijgende trend bij de kop-staart aanrijdingen.



**FIGUUR 16 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in vergelijkingsgroep 1.**

De tweede vergelijkingsgroep bestaat uit het totaal aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen op alle kruispunten met verkeerslichten in Vlaanderen, waarbij de kruispunten van de onderzoeksgroep niet opgenomen werden. Deze cijfers worden

weergegeven in figuur 17. Er is geen duidelijke daling, noch stijging waar te nemen bij zowel de flankaanrijdingen, als de kop-staart aanrijdingen.



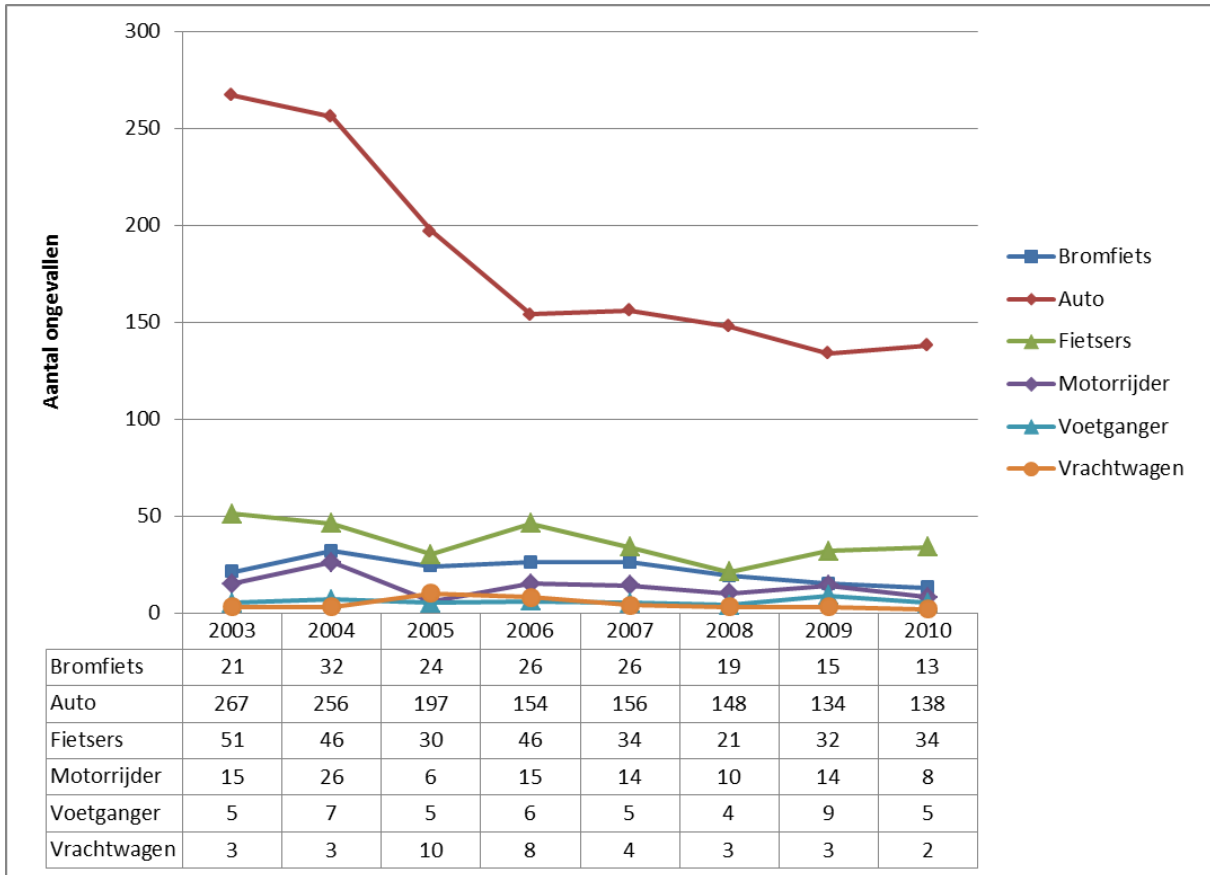
**FIGUUR 17 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in vergelijkingsgroep 2.**

Bij het type ongevallen werd ook de data voor de ernstige flankaanrijdingen en de ernstige kop-staart aanrijdingen onderzocht. Deze data werd echter niet verder gebruikt in het onderzoek aangezien het aantal ongevallen te laag was om er een representatieve en significante analyse van uit te voeren. Het gemiddeld aantal ernstige ongevallen per jaar van de flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen op de 104 locaties van de onderzoeksgroep bedroegen respectievelijk veertien en vijf ongevallen. Het gemiddelde aantal ernstige flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen van de 83 locaties in de eerste vergelijkingsgroep bedroegen respectievelijk 10 en 2 ongevallen. De effecten zouden bij dergelijke lage aantallen te veel berust zijn op toeval. In bijlage 2 kan het overzicht van deze data terug gevonden worden.

### **Type weggebruiker:**

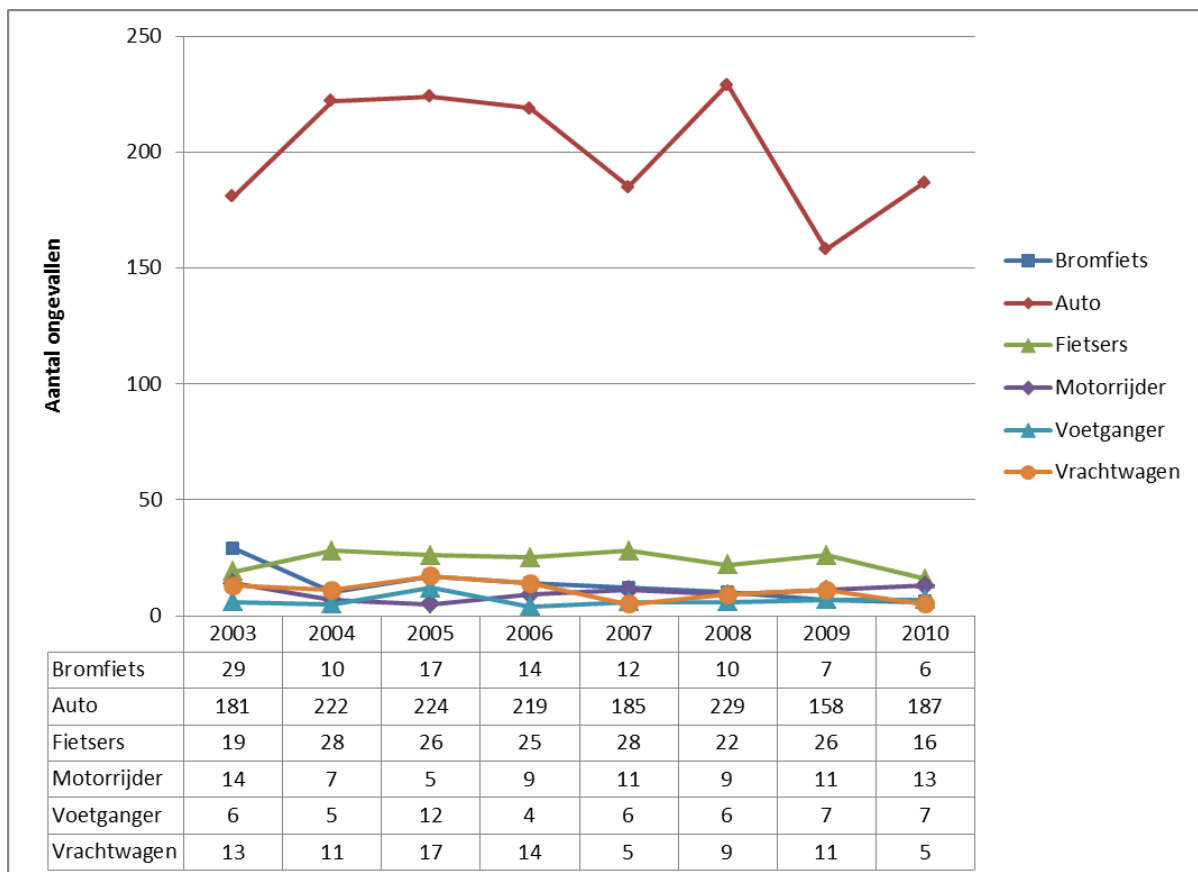
In figuur 18 wordt het totaal aantal ongevallen per type weggebruiker weergegeven voor de onderzoeksgroep. Er is een duidelijk dalende trend waarneembaar bij het aantal ongevallen waarbij auto's betrokken zijn. Er is echter ook een (minder sterke) dalende trend van het aantal ongevallen waarbij bromfietzers, fietsers en motorrijders betrokken zijn. Het aantal ongevallen van de voetgangers en vrachtwagens ligt te laag om een uitspraak over een dalende/stijgende trend te maken. Deze data werd dan ook niet verder gebruikt in het onderzoek aangezien het aantal ongevallen te laag was om er een

representatieve en significante analyse van uit te voeren. De effecten zouden namelijk te veel berust zijn op toeval bij dergelijk lage aantallen.



**FIGUUR 18 Aantal ongevallen per betrokken weggebruiker in de onderzoeksgroep.**

In figuur 19 wordt het totaal aantal ongevallen naar het type weggebruiker weergegeven voor de eerste vergelijkingsgroep. Deze vergelijkingsgroep bestaat uit de nog niet aangepaste gevaarlijke punten. Er zijn geen duidelijk stijgende of dalende trends waarneembaar van het aantal ongevallen bij de verschillende types weggebruikers.



**FIGUUR 19 Aantal ongevallen per betrokken weggebruiker in vergelijkgroep 1.**

De tweede vergelijkgroep bestaat uit het totaal aantal ongevallen op kruispunten met verkeerslichten in Vlaanderen, waarbij de kruispunten van de onderzoeksgroep niet opgenomen werden. Deze cijfers worden weergegeven in figuur 20. Wederom zijn er geen duidelijke dalingen of stijgingen waar te nemen bij de verschillende types weggebruikers.



**FIGUUR 20 Aantal ongevallen per betrokken weggebruiker in vergelijkingsgroep 2.**

### 7.3 Methodiek

In hoofdstuk vijf werd de analysemethode reeds theoretisch besproken. Op basis daarvan werd er beslist te werken met een voor- en nastudie, waarbij er gecorrigeerd werd voor de externe variabelen. Meer bepaald in hoofdstuk 5.3 werd een theoretisch overzicht gegeven van de gekozen analysemethode.

Vervolgens zal de methodiek die voor de analyses in dit onderzoek gebruikt werden, stap voor stap overlopen worden.

**Stap 1:** Berekenen van de effectiviteit per locatie

Het basisprincipe van de Empirical Bayes methode werd door Hauer (1997) als volgt geformuleerd:

$$effectiviteitsindex = \frac{\text{geteld aantal ongevallen na maatregel}}{\text{geschat aantal ongevallen indien maatregel niet was toegepast}}$$

De effectiviteitsindex deelt het geteld aantal ongevallen door het verwachte aantal ongevallen voor een bepaalde plaats berekend alsof er geen maatregel zou zijn toegepast. De EB-methode gaat er namelijk van uit dat ongevallen gedeeltelijk aan het toeval te wijten zijn, maar anderzijds ook veroorzaakt worden door specifieke kenmerken van het kruispunt.

**Stap 2:** Schatting aantal ongevallen en correctie voor regressie naar het gemiddelde

Om vervolgens het aantal ongevallen te schatten dat zich had voorgedaan indien de maatregel niet was toegepast, werd het aantal ongevallen voor het toepassen van de maatregel als basis genomen. De formule van de EB-methode om het aantal ongevallen in de voorperiode te schatten ziet er als volgt uit:

$$L_{\text{voor}} = w * \lambda_{\text{voor}} + (1 - w) * K_1$$

Waarbij:

$w =$  gewicht dat werd toegekend aan de groep.

$\lambda_{\text{voor}} =$  het gemiddeld aantal ongevallen van de behandelde locaties in de voorperiode.

$1 - w =$  het gewicht van weg L.

$K_1 =$  inverse waarde van de overdispersie parameter.

Het gewicht ( $w$ ) dat toegekend werd aan de groep, kan berekend worden volgens volgende vergelijking:

$$w = \frac{1}{1 + \lambda_{\text{voor}} / k_{\text{voor}}}$$

Waarbij:

$\lambda_{\text{voor}} =$  het gemiddeld aantal ongevallen van de behandelde locaties in de voorperiode.

$k_{\text{voor}} =$  inverse waarde van de overdispersie parameter.

De inverse overdispersie parameter  $K$  die toegekend werd aan het gewicht, kan berekend worden volgens onderstaande vergelijking:



$$K = \frac{\frac{Var(x)_{voor} - 1}{\lambda_{voor}}}{\lambda_{voor}}$$

Waarbij:

$\lambda_{voor}$  = het gemiddeld aantal ongevallen van de behandelde locaties in de naperiode.

Dit getal diende echter gecorrigeerd te worden voor de regressie naar het gemiddelde. Bij de analyse werd er gebruik gemaakt van de data van 2003 tot en met 2010. De beschikbare data van 2000 tot en met 2002 werd dus niet gebruikt bij de analyses. Deze keuze werd gemaakt om de regressie naar het gemiddelde uit te sluiten. Het grootste deel van de gevaarlijke punten werd geselecteerd op basis van ongevallendata 1997-1999. Er is echter wat onduidelijkheid omtrent de concrete selectieperiode van de gevaarlijke punten, want het blijkt dat er ook een aanvullende selectie gebeurd is op basis van de ongevallendata in de jaren nadien. Daarom werd er voor gekozen om deze jaren uit te sluiten en enkel ongevallendata vanaf 2003 op te nemen.

**Stap 3:** Controle voor de trend

In de volgende stap werd er gecontroleerd voor de trend. De trend kan gevonden worden door het aantal ongevallen van de vergelijkingsgroep te vergelijken met het aantal ongevallen van de vergelijkingsgroep na het tijdstip van de maatregel. Hierbij neemt men aan dat de locatie van de maatregel de trend zou hebben gevolgd, indien de maatregel niet zou zijn toegepast. De effectiviteitsindex, inclusief de correctie voor de trend, ziet er als volgt uit:

$$effectiviteitsindex = \frac{L_{na}}{L_{voor} * \frac{V_{na}}{V_{voor}}}$$

Waarbij:

$L_{na}$  = het aantal ongevallen op locatie L na de maatregel.

$L_{voor}$  = het aantal ongevallen op locatie L voor de maatregel.

$V_{na}$  = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep na de maatregel.

$V_{voor}$  = het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep voor de maatregel.

Hier werd de 95% betrouwbaarheidsinterval (Bi) berekend volgens volgende formule:

$$Bi = \exp[\ln(\text{effectiviteitsindex}) \pm 1.96 * S]$$

Waarbij S gedefinieerd werd door:

$$S^2 = \frac{1}{L_{na}} + \frac{1}{L_{voor,RGM}} + \frac{1}{V_{na}} + \frac{1}{V_{voor}}$$

**Stap 4:** Wegwerken van de 'nullen'

Tijdens de analyse bleek dat de data een (te) groot aantal 'nullen' bevatte, waardoor de bovenstaande formules voor het berekenen van de variantie en de effectiviteit onbruikbaar werden. Voornamelijk bij de data met de ernstige ongevallen vormde dit een probleem door het lager aantal ernstige ongevallen. Dit probleem komt echter enkel voor in de naperiode, aangezien er in de berekening van de voorperiode reeds gebruik gemaakt werd van het geschat aantal ongevallen op locatie L via de EB-methode. Het probleem werd in het onderzoek opgelost door de EB-methode te gebruiken voor de ongevallen in de naperiode op basis van volgende formule (De Pauw *et al.*, 2013):

$$L_{na} = w * \lambda_{na} + (1 - w) \left( \sum_{t=1}^{T_{na}} L_t \right)$$

Waarbij:

$w =$  gewicht dat werd toegekend aan de groep.

$\lambda_{na} =$  het gemiddeld aantal ongevallen van de behandelde locaties in de naperiode.

$T_{na} =$  periode na maatregel.

$L_t =$  aantal ongevallen op locatie L in het jaar t.

Het gewicht dat toegekend werd aan de groep, kan berekend worden volgens volgende vergelijking:

$$w = \frac{1}{1 + \lambda_{na} / k_{na}}$$

Waarbij:

$\lambda_{na}$  = het gemiddeld aantal ongevallen van de behandelde locaties in de naperiode.

$k_{na}$  = inverse waarde van de overdispersie parameter per eenheid lengte.

De inverse overdispersie parameter K die toegekend werd aan het gewicht, kan berekend worden volgens onderstaande vergelijking:

$$K = \frac{\frac{Var(x)_{na} - 1}{\lambda_{na}}}{\lambda_{na}}$$

Waarbij:

$\lambda_{na}$  = het gemiddeld aantal ongevallen van de behandelde locaties in de naperiode.

### **Stap 5:** Meta-analyse

Als laatste werden de individuele resultaten van de verschillende locaties gecombineerd via een meta-analyse. Door het combineren van resultaten worden de aantallen groter en de resultaten statistisch betrouwbaarder (Nuyts & Cuyvers, 2003). De gewogen gemiddelde effectiviteitsindex over alle plaatsen heen ziet er als volgt uit:

$$effectiviteitsindex M = \exp\left[\frac{\sum_{l=1}^m Wl * \ln(EFF l)}{\sum_{l=1}^m Wl}\right]$$

Waarbij:

$Wl$  = gewicht binnen de berekening van het overkoepelende effect. Dit gewicht is omgekeerd evenredig met de variantie.

EFF l: effectiviteitsindex locatie l

De schatting van het betrouwbaarheidsinterval (95%) is dan:

$$Bi M = \exp\left[\frac{\sum_{l=1}^m Wl * \ln(EFF l)}{\sum_{l=1}^m Wl} \pm 1.96 * \frac{1}{\sqrt{\sum_{l=1}^m Wl}}\right]$$

## 8. Resultaten

In dit hoofdstuk komen de resultaten van de analyses van de zonet besproken data uitgebreid aan bod. In eerste instantie worden de resultaten besproken van de effectiviteit van conflictvrije VRI's op het globaal aantal ongevallen, waarbij ook de ernstige ongevallen geanalyseerd werden. Daarna worden de resultaten naar het effect op het type ongeval (flankaanrijdingen of kop-staart aanrijdingen) besproken. Als laatste worden de resultaten naar de betrokken weggebruiker overlopen. Bij deze verschillende analyses wordt er telkens een apart overzicht gegeven van het effect van alle VRI's, de volledig conflictvrije VRI's en de gedeeltelijk conflictvrije VRI's.

### 8.1 Globaal effect

In eerste instantie werd de effectiviteit per locatie berekend op basis van de methode die in hoofdstuk 7.3 besproken werd. Volgend op deze individuele berekening werd er een meta-analyse uitgevoerd van de effectiviteit overheen de verschillende locaties. Deze meta-analyse is voornamelijk interessant voor dit onderzoek, daar deze een algemeen beeld geeft en de analyse statistisch sterker is over meerdere locaties dan de individuele effectiviteit per locatie.

De effectiviteit wordt uitgedrukt in een effectiviteitsindex, waarbij een cijfer lager dan één aantoont dat het aantal ongevallen daalde in de periode nadat de werken waren uitgevoerd in vergelijking met de periode voor de werken. Een effectiviteitsindex hoger dan één wijst op een stijging in het aantal ongevallen. Daarnaast wordt ook het 95% betrouwbaarheidsinterval weergegeven. Bij een effectiviteitsindex lager dan één kan pas gesproken worden van een significante daling, indien de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval niet groter is dan één. Bij een effectiviteitsindex groter dan één kan pas gesproken worden van een significante stijging indien de ondergrens groter is dan één. (De Pauw *et al.*, 2012)

In tabel 11 wordt de analyse van de onderzoekslocaties weergegeven voor beide vergelijkingsgroepen. De meta-analyse van de letselongevallen op de 103 locaties toont een effectiviteitsindex van 0.67 ten opzichte van de eerste vergelijkingsgroep. Deze analyse toont aan dat de herinrichting naar gedeeltelijke of conflictvrije VRI's een significante daling van 33% in het aantal letselongevallen teweegbracht. Bij de volledig conflictvrije VRI's, waarbij 78 locaties werden opgenomen, werd er een effectiviteitsindex van 0.65 vastgesteld. Bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's, waarbij er 25 locaties werden

opgenomen, werd er een effectiviteitsindex van 0.72 gevonden. Dit wijst op een significante daling van het aantal letselongevallen met 35% bij het herinrichten naar een volledig conflictvrije VRI en een significante daling met 28% bij het herinrichten naar een gedeeltelijk conflictvrije VRI.

Daarnaast werden de ongevallendata van de onderzoeksgroep vergeleken met het totale aantal ongevallen op kruispunten met verkeerslichten in Vlaanderen, zonder de locaties van de onderzoeksgroep. De meta-analyse van alle VRI's met deze tweede vergelijkingsgroep gaf een effectiviteitsindex van 0.63. Hierbij werd er dus een significante daling van het aantal letselongevallen met 37% vastgesteld. Bij de volledig conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.62 vastgesteld en bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's een effectiviteitsindex van 0.68. Respectievelijk betekent dit een significante daling van het aantal letselongevallen met 38% en 32%.

**TABEL 11 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties met Alle Letselongevallen**

	<b>Gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's</b>	<b>Volledig Conflictvrije VRI's</b>	<b>Gedeeltelijk conflictvrije VRI's</b>
Onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 1 (niet heringerichte punten)	0.67 [0,60; 0,75]	0.65 [0,58; 0,74]	0.72 [0,59; 0,88]
Onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 2 (kruispunten in Vlaanderen)	0.63 [0,57; 0,70]	0.62 [0,54; 0,69]	0.68 [0,56; 0,83]

In tabel 12 wordt de analyse van de ernstige ongevallen weergegeven van de onderzoekslocaties ten opzichte van beide vergelijkingsgroepen. In deze tabel wordt het effectencijfer met de bijhorende betrouwbaarheidsinterval getoond. Bij het uitvoeren van de meta-analyse met de meer ernstige ongevallen ten opzichte van de eerste vergelijkingsgroep, werd er een effectiviteitsindex van 0.52 vastgesteld. Dit resultaat wijst op een significante daling in het aantal ernstige ongevallen met 48%. Bij de volledig conflictvrije VRI's werd een effectiviteitsindex van 0.55 vastgesteld en bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex gevonden van 0.42. Dit betekent

respectievelijk een significante daling van het aantal ernstige ongevallen met 45% en 58%.

Wederom werd de onderzoeksgroep vergeleken met het totale aantal ongevallen op kruispunten met verkeerslichten in Vlaanderen. De meta-analyse met deze vergelijkingsgroep gaf een effectiviteitsindex van 0.41 weer. Hierbij werd er dus een significante daling van het aantal ernstige letselongevallen met 59% vastgesteld. Bij de volledig conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.43 vastgesteld. Bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.35 vastgesteld. Respectievelijk betekent dit een significante daling van het aantal letselongevallen met 57% en 65%.

**TABEL 12 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties met Ernstige Ongevallen**

	<b>Gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's</b>	<b>Volledig Conflictvrije VRI's</b>	<b>Gedeeltelijk conflictvrije VRI's</b>
Onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 1 (niet heringerichte punten)	0.52 [0,39; 0,71]	0.55 [0,39; 0,78]	0.42 [0,22; 0,80]
Onderzoeksgroep en vergelijkingsgroep 2 (kruispunten in Vlaanderen)	0.41 [0,30; 0,55]	0.43 [0,30; 0,60]	0.35 [0,19; 0,66]

## **8.2 Effect op het type ongeval**

Vervolgens worden de resultaten besproken van de effectiviteit van gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's op het type ongeval. Hierbij zal er een onderscheid gemaakt worden tussen de flankaanrijdingen en de kop-staart aanrijdingen. Wederom werden de effecten eerst per locatie berekend, waarna er een meta-analyse van alle punten werd uitgevoerd. Vervolgens zullen enkel de resultaten van de meta-analyse besproken worden, aangezien deze een algemeen beeld geven en de analyse statistisch sterker is over meerdere locaties dan de individuele effectiviteit per locatie.

De meta-analyse van het type ongevallen op de 103 locaties toont een effectiviteitsindex van 0.69 voor de flankaanrijdingen en een effectiviteitsindex van 0.87 voor de kop-staart aanrijdingen. Deze analyse toont aan dat de herinrichting naar gedeeltelijk of volledig conflictvrije VRI's een significante daling van 31% van het aantal flankaanrijdingen teweegbracht en een niet significante daling van 13% van het aantal kop-staart aanrijdingen. In tabel 13 zijn deze resultaten terug te vinden.

Bij de volledig conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.69 gevonden voor de flankaanrijdingen en een effectiviteitsindex van 0.85 voor de kop-staart aanrijdingen. Bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.71 gevonden voor de flankaanrijdingen en een index van 0.92 voor de kop-staart aanrijdingen. Dit betekent een significante daling van het aantal flankaanrijdingen met 31% bij de volledig conflictvrije VRI's en een niet significante daling met 29% bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's. Bij de kop-staart aanrijdingen is er een niet significante daling met 15% bij de volledig conflictvrije VRI's en een niet significante daling met 8% bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's. In tabel 13 zijn ook deze resultaten terug te vinden.

**TABEL 13 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties naar het Type Ongeval met Vergelijklingsgroep 1**

	<b>Gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's</b>	<b>Volledig Conflictvrije VRI's</b>	<b>Gedeeltelijk conflictvrije VRI's</b>
Flankaanrijdingen met vergelijklingsgroep 1	0.69 [0,59; 0,82]	0.69 [0,56; 0,83]	0.71 [0,51; 0,99]
Kop-staart aanrijdingen met vergelijklingsgroep 1	0.87 [0,73; 1.04]	0.85 [0,69; 1,05]	0.92 [0,66; 1,28]

Als laatste werd de onderzoeksgroep vergeleken met tweede vergelijklingsgroep. Deze bestaat uit het aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen op alle kruispunten met verkeerslichten in Vlaanderen, exclusief de kruispunten van de onderzoeksgroep. De meta-analyse met deze vergelijklingsgroep gaf een effectiviteitsindex van 0.54 voor de flankaanrijdingen en een effectiviteitsindex van 0.96 voor de kop-staart aanrijdingen. Deze meta-analyse toont aan dat de herinrichting naar gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's een significante daling van 46% van het aantal flankaanrijdingen

teweeggebracht heeft en een niet significante daling van 4% van het aantal kop-staart aanrijdingen. Deze resultaten zijn terug te vinden in tabel 14.

Bij de volledig conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.53 gevonden voor de flankaanrijdingen en een effectiviteitsindex van 0.94 voor kop-staart aanrijdingen. Bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.55 vastgesteld voor de flankaanrijdingen en een index van 1.01 voor de kop-staart aanrijdingen. Dit betekent een significante daling van het aantal flankaanrijdingen met 47% bij de volledig conflictvrije VRI's en een significante daling met 45% bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's. Bij de kop-staart aanrijdingen is er een niet significante daling met 6% bij de volledig conflictvrije VRI's en een niet significante stijging met 1% bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's. In tabel 14 zijn ook deze resultaten terug te vinden.

**TABEL 14 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties naar het Type Ongeval met Vergelijklingsgroep 2**

	<b>Gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's</b>	<b>Volledig Conflictvrije VRI's</b>	<b>Gedeeltelijk conflictvrije VRI's</b>
Flankaanrijdingen met vergelijklingsgroep 2	0.54 [0,46; 0,64]	0.53 [0,44; 0,65]	0.55 [0,40; 76]
Kop-staart aanrijdingen met vergelijklingsgroep 2	0.96 [0,80; 1,14]	0.94 [0,77; 1,16]	1.01 [0,73; 1,39]

### **8.3 Effectiviteit naar betrokken weggebruiker**

Naast de effectiviteit op het globale aantal ongevallen en het type ongevallen, is het interessant om een onderscheid te maken in de effectiviteit naar de betrokken weggebruiker. De analyse van de effectiviteit naar betrokken weggebruikers zal echter anders verlopen dan bij de effectiviteit van het globale aantal ongevallen en het type ongeval. Bij deze analyse zal er namelijk gekeken worden op slachtofferniveau in plaats van het ongevalleniveau, zoals bij de vorige twee analyses. Het is namelijk mogelijk dat meerdere weggebruikers betrokken raakten in eenzelfde ongeval. In deze analyse zullen enkel de betrokken weggebruikers opgenomen worden die gewond waren bij het ongeval. De weggebruikers die betrokken waren in een ongeval, maar die niet gewond werden, worden niet opgenomen in de resultaten.



De verschillende categorieën weggebruikers werden door de FOD Economie geformuleerd in de ongevallendatabank. In dit onderzoek zal een samenvoeging van de volgende categorieën weggebruikers onderscheiden worden:

- Bromfietser: bromfiets A (2 wielen) en bromfiets B (2 wielen)
- Automobilist: personenauto, auto voor dubbel gebruik, minibus en kampeerwagen
- Fietser
- Motorrijder: motorfiets < 400cc en motorfiets > 400c
- Voetganger: gehandicapte in rolstoel, voetganger met bromfiets aan de hand en andere voetgangers
- Vrachtwagenbestuurder: vrachtwagen, trekker met aanhangwagen en trekker alleen

In hoofdstuk 7 werden het totaal aantal ongevallen per type weggebruiker reeds weergegeven voor de onderzoeksgroep en de vergelijkingsgroepen. Zoals hier reeds werd vermeld, was het aantal slachtoffers binnen de categorie van voetgangers en vrachtwagens te laag en werden deze bijgevolg niet opgenomen in dit onderzoek.

De evolutie per jaar geeft een algemeen beeld over de betrokkenheid van de verschillende weggebruikers bij de ongevallen op de onderzoekslocaties en vergelijkingslocaties. Het is echter voornamelijk interessant om na te gaan welke evolutie naar betrokken weggebruikers er te zien is voor en na de herinrichting naar gedeeltelijk of volledig conflictvrije VRI's. Tabel 15 toont dan ook het gemiddeld aantal gewonden per jaar per locatie per type weggebruiker. Dit zowel voor de aanpassingen naar conflictvrije VRI's en na de aanpassing naar conflictvrije VRI's. Om een vergelijking tussen de onderzoeksgroep en de eerste vergelijkingsgroep mogelijk te maken, wordt ook het aantal gewonden in de vergelijkingsgroep in twee periodes weergegeven; namelijk een voorperiode en een naperiode. Hiervoor werd de totale som per jaar van het aantal ongevallen in de vergelijkingsgroep gebruikt. Vervolgens werd er bij de vergelijkingsgroep per onderzoekslocatie dezelfde voor- en na analyse gemaakt als bij de analyse van de onderzoekslocaties, maar bij de vergelijkingsgroep gaat het dus om de volledige groep en niet om data per locatie. Op die manier werd per onderzoekslocatie dezelfde voor- en naperiode geselecteerd voor de vergelijkingsgroepen.

Het percentuele verschil tussen de voor- en de naperiode bij de onderzoeksgroep toont een duidelijke daling bij alle type weggebruikers in het aantal gewonden tussen de periode voordat de maatregel werd ingevoerd in vergelijking met de periode nadat de

maatregel werd ingevoerd. Bij de vergelijkingsgroep is er een duidelijke daling van het aantal ongevallen met bromfietzers en een lichte daling van het aantal ongevallen met fietsers, maar er is een stijging van het aantal ongevallen met automobilisten en motorrijders. In tabel 15 kunnen deze cijfers teruggevonden worden.

Een beter beeld van het effect wordt weergegeven door de verhouding van de evolutie in de onderzoeksgroep met de evolutie in de vergelijkingsgroep. De evolutie kan uitgedrukt worden door het aantal gewonden in de voorperiode ten opzichte van het aantal gewonden in de naperiode. Het effect werd dan ook berekend met behulp van volgende formule:

$$EFFECT = \frac{\frac{\text{aantal gewonden in de onderzoeksgroep in de naperiode}}{\text{aantal gewonden in de onderzoeksgroep in de voorperiode}}}{\frac{\text{aantal gewonden in de vergelijkingsgroep in de naperiode}}{\text{aantal gewonden in de vergelijkingsgroep in de voorperiode}}}$$

Deze formule zorgt ervoor dat er gecontroleerd wordt voor de trend, maar niet voor de regressie naar het gemiddelde. Uit deze vergelijking kan men terug vinden dat het aantal bromfietzers dat gewond raakten in een ongeval steeg met 3%. Het aantal gewonde automobilisten daalde met 45%. Het aantal gewonde fietsers en motorrijders daalde respectievelijk met 33% en 44%.

**TABEL 15 Gemiddeld Aantal Gewonden Per Type Weggebruikers Voor en Na het Aanpassen van de VRI, dit zowel voor de Onderzoeksgroep als voor Vergelijkingsgroep 1**

	Onderzoeksgroep			Vergelijkingsgroep			EFFECT
	voor	na	% verschil	voor	na	% verschil	
Bromfietser	0.27	0.15	-44.09	24.17	13.09	-45.84	1.03
Automobilist	2.35	1.32	-43.80	134.23	136.35	+1.58	0.55
Fietser	0.44	0.28	-36.64	32.95	31.26	-5.14	0.67
Motorrijder	0.16	0.12	-25.18	11.34	15.08	+33.03	0.56

Vervolgens werd de onderzoeksgroep naar de verschillende type weggebruikers vergeleken met de tweede vergelijkingsgroep. Deze vergelijkingsgroep bestaat uit het aantal gewonde weggebruikers op kruispunten met verkeerslichten in Vlaanderen, waarbij de kruispunten van de onderzoeksgroep niet opgenomen werden. Er kan vastgesteld worden dat er in deze vergelijkingsgroep een duidelijke daling van het aantal

ongevallen met gewonde bromfietzers waar te nemen is, maar er werd een stijging van het aantal ongevallen bij gewonde automobilisten, fietsers en motorrijders vastgesteld. Het berekende effect blijft ook met deze onderzoeksgroep zeer gunstig voor de verschillende types weggebruikers. Het aantal slachtoffers met gewonde bromfietzers daalde namelijk met 39%. Het aantal slachtoffers met gewonde automobilisten daalde met 47%. Het aantal slachtoffers met gewonde fietsers en motorrijders daalde respectievelijk met 43% en 37%. In tabel 16 zijn deze resultaten terug te vinden.

**TABEL 16 Gemiddeld Aantal Gewonden Per Type Weggebruikers Voor en Na het Aanpassen van de VRI, dit zowel voor de Onderzoeksgroep als voor Vergelijklingsgroep 2**

	<b>Onderzoeksgroep</b>			<b>Vergelijklingsgroep</b>			<b>EFFECT</b>
	voor	na	% verschil	voor	na	% verschil	
Bromfietser	0.27	0.15	-44.09	210	193	-8.05	0.61
Automobilist	2.35	1.32	-43.80	1 130	1 193	+5.59	0.53
Fietser	0.44	0.28	-36.64	313	350	+11.58	0.57
Motorrijder	0.16	0.12	-25.18	95	113	+18.40	0.63

## 9. Discussie

In dit hoofdstuk worden de geanalyseerde effecten besproken. Eerst wordt er een volledig overzicht gegeven van de globale analyses en de analyses per type ongeval. Hierbij werd er eveneens een vergelijking gemaakt met de gevonden effecten binnen de internationale literatuur. Daarna zal er nog een overzicht gegeven worden van de analyses naar de betrokken weggebruiker.

### 9.1 Globaal effect en effect op het type ongeval

In de uitgevoerde meta-analyses werd het globale effect en het effect op het type ongeval van gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's onderzocht. Hierbij werd de onderzoeksgroep vergeleken tegen twee verschillende vergelijkingsgroepen. De eerste vergelijkingsgroep bestaat uit het aantal 'zwarte kruispunten' dat na 2010 werd heraangelegd. De tweede onderzoeksgroep bestaat uit alle kruispunten met verkeerslichten in Vlaanderen, uitgezonderd de kruispunten van de onderzoeksgroep. In tabel 17 wordt er een overzicht gegeven van de globale effecten en de effecten op het type ongeval voor alle VRI's (gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's), de volledig conflictvrije VRI's en de gedeeltelijk conflictvrije VRI's.

**TABEL 17 Overzicht Effecten op Verkeersveiligheid voor alle VRI's, Gedeeltelijk Conflictvrije VRI's en Volledig Conflictvrije VRI's**

		Totale ongevallen	Ernstige ongevallen	Flank- aanrijdingen	Kop-staart aanrijdingen
Alle VRI'S	OZG VS VGG 1	-33%	-48%	-31%	-13%
	OZF VS VGG 2	-37%	-59%	-46%	-7%
Conflictvrije VRI'S	OZG VS VGG 1	-35%	-45%	-31%	-15%
	OZF VS VGG 2	-38%	-57%	-47%	-6%

Gedeeltelijk conflictvrije	OZG VS VGG 1	-28%	-58%	-29%	-8%
	OZF VS VGG 2	-32%	-65%	-45%	+1%

Vervolgens zullen de resultaten besproken worden per type effect:

**Globaal effect:**

Er is een duidelijk gunstig effect aanwezig op het aantal ongevallen wanneer een lichtengeregeld kruispunt wordt aangepast naar een gedeeltelijk of volledig conflictvrije VRI. De percentages bij alle VRI's liggen namelijk tussen de -33% en de -37%, afhankelijk van de vergelijklingsgroep die werd gebruikt. De volledig conflictvrije VRI's en de gedeeltelijk conflictvrije VRI's werden ook afzonderlijk geanalyseerd. In totaal werden er 78 kruispunten aangepast naar volledige conflictvrije VRI's en 25 naar gedeeltelijk conflictvrije VRI's. Er werd dan ook een gunstig effect gevonden op het aantal ongevallen bij de aanpassing naar volledig conflictvrije VRI's. De globale effecten liggen met -35% en -38% hoger dan bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's. De effecten bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's liggen namelijk tussen de -28% en de -32%. In het algemeen kan er besloten worden dat de aanpassing naar een gedeeltelijk of volledig conflictvrije VRI een zeer gunstig effect biedt op het aantal ongevallen, maar dat het globaal effect bij een volledig conflictvrije VRI het meest gunstig werd bevonden. Dit effect was te verwachten, omdat er bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's nog steeds de mogelijkheid bestaat om het kruispunt onbeschermd te verlaten.

De zonet besproken effecten komen overeen met de internationale literatuur. Wat betreft de globale effectiviteit van de volledig conflictvrije VRI's, vinden we in de literatuur resultaten van een daling van het aantal ongevallen met 45% (Bui *et al.*, 1991), 30% (Dreesen & Nuyts, 2005), 21% (Meuleners *et al.*, 2008) en een niet statistisch significant verschil bij Srinivasan *et al.* (2008). Het geanalyseerde effect van -35% en -38% in deze studie vallen binnen dit interval. Wat betreft de globale effectiviteit van de gedeeltelijk conflictvrije VRI's, vinden we in de literatuur een daling van het aantal ongevallen met 10% bij het onderzoek van Dreesen en Nuyts (2005), maar een niet statistisch relevant verschil bij de overige onderzoeken (Bui *et al.*, 1991; Srinivasan *et al.*, 2008; Srinivasan

*et al.*, 2012). Het geanalyseerde effect van gedeeltelijk conflictvrije VRI's met -28% en -32% is dan ook gunstiger dan de gevonden effecten bij de internationale literatuur.

### **Effect op ernstige ongevallen:**

Bij de ernstige ongevallen werden er in dit onderzoek nog grotere dalingen gevonden, waarbij de percentages van het effect van alle VRI's tussen de -48% en -59% lagen, afhankelijk van de vergelijkingsgroep die werd gebruikt. Bij de omschakeling naar de volledig conflictvrije VRI's werd er een daling van 45% en 57% gevonden. De gedeeltelijk conflictvrije VRI's kende het meest gunstige effect ten opzichte van de ernstige ongevallen met een daling van 58% en 65%. Dit duidt erop dat de conflictvrije VRI's voornamelijk een gunstig effect hebben op de ernstige ongevallen. De percentuele daling van het aantal ongevallen is namelijk groter dan de percentuele daling van het globale aantal ongevallen.

Bijzonder is het gunstigere effect bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's ten opzichte van de volledig conflictvrije VRI's. Bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's is het namelijk nog steeds mogelijk dat een links afslaand voertuig onbeschermd het kruispunt verlaat en hierbij gegrepen wordt door een tegenligger. Deze flankaanrijdingen zijn dan ook vaak ernstige ongevallen (Bochner & Walden, 2010). Men zou dus verwachten dat het effect van deze gedeeltelijk conflictvrije VRI's minder gunstig is dan het effect van volledig conflictvrije VRI's. In de literatuur werden er soortgelijk resultaten terug gevonden bij het onderzoek van Dreesen en Nuyts (2005). Zij vonden namelijk een daling van de ernstige ongevallen met 45% bij de aanpassing naar volledig conflictvrije VRI's en een daling van 54% bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's.

### **Effect op het type ongeval:**

In het onderscheid tussen het type aanrijdingen is te vinden dat het aantal flankaanrijdingen een gunstig effect kent bij de aanpassing naar gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's. De cijfers variëren tussen de -31% en de -46%, afhankelijk van de vergelijkingsgroep die werd gebruikt. Bij de aanpassing naar volledig conflictvrije VRI's werd er een daling van het aantal ongevallen met 31% en 47% gevonden. Bij de aanpassing naar gedeeltelijk conflictvrije VRI's werd er eveneens een gunstig effect gevonden van -29% en -45%. Er kan dan ook besloten worden dat de gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's een zeer gunstig effect hebben op het aantal flankaanrijdingen. De effectiviteitscijfers van het aantal flankaanrijdingen van de gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's zijn zeer vergelijkbaar met elkaar.

Het duidelijk gunstige effect van het aantal flankaanrijdingen kan in verband gebracht worden met de grote daling van het aantal ernstige ongevallen. Flankaanrijdingen zijn namelijk vaak ernstiger dan kop-staart aanrijdingen. Bij flankaanrijdingen is de snelheid bij het ongeval vaak hoog en er vindt vaak een rechtstreeks contact met de passagiersruimte plaats (Bochner & Walden, 2010). De daling van het aantal flankaanrijdingen heeft dan ook een gunstig effect op het aantal ernstige ongevallen. Wederom zou men echter verwachten dat het aantal flankaanrijdingen bij de volledig conflictvrije VRI's een gunstiger effect kent dan bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's, waarbij er nog steeds niet-conflictvrije doorgang mogelijk is.

Het effect op het aantal flankaanrijdingen van volledig conflictvrije VRI's is in de internationale literatuur groter dan bij het eigen onderzoek. In de literatuur werden er namelijk dalingen van het aantal flankaanrijdingen gevonden van 66% (Dreesen & Nuyts, 2005), 82% (Bui *et al.*, 1991) en 98% (Srinivasan *et al.*, 2008). De eigen cijfers geven een lagere reductie van het aantal ongevallen met 31% en 47% voor respectievelijk de eerste en tweede vergelijkingsgroep. Het effect op het aantal flankaanrijdingen van gedeeltelijk conflictvrije VRI's komt echter beter overeen met de literatuur. In de literatuur werden er namelijk minder sterke dalingen gevonden van 14% (Srinivasan *et al.*, 2012), 54% (Dreesen & Nuyts, 2005) en een niet statistisch significant verschil bij het onderzoek van Srinivasan *et al.* (2008). Deze cijfers liggen in de lijn van het effect dat werd gevonden bij het eigen onderzoek met -29% en -45%.

De kop-staart aanrijdingen kennen daarentegen een veel minder gunstig effect. Bij de analyse van alle VRI's ten opzichte van de eerste vergelijkingsgroep werd er een niet significante daling van 13% gevonden van het aantal ongevallen en bij de tweede vergelijkingsgroep een niet significante daling van 7%. Bij de aanpassing naar volledig conflictvrije VRI's werd er een niet significante daling van 15% en 6% gevonden, respectievelijk voor de eerste en tweede vergelijkingsgroep. Bij de aanpassing naar een gedeeltelijk conflictvrije VRI werd er een niet significante daling van 8% en een niet significante stijging van 1% gevonden. Er kan dan ook besloten worden dat gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's een zeer beperkt effect hebben op het aantal kop-staart aanrijdingen. Het effect van de volledig conflictvrije VRI's ten opzichte van de kop-staart aanrijdingen is echter gunstiger dan bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's. Er moet hier echter met de nodige voorzichtigheid naar deze cijfers gekeken worden, aangezien de resultaten niet significant zijn.

Het gevonden effect op het aantal kop-staart aanrijdingen van volledig conflictvrije VRI's ligt in de lijn met de resultaten van de meest recente internationale literatuur. Het onderzoek van Dreesen & Nuyts (2005) geeft namelijk een niet statistisch significante daling weer voor het aantal kop-staart aanrijdingen. Dit komt volledig overeen met de niet significante dalingen die in het eigen onderzoek gevonden werden. Het effect van de gedeeltelijk conflictvrije VRI's in het eigen onderzoek liggen in de lijn met het onderzoek van Srinivasan *et al.* in 2012. Bij het onderzoek van Srinivasan *et al.* (2012) werd er namelijk een stijging van 6.4% gevonden. Het onderzoek van Dreesen & Nuyts (2005) gaf echter een stijging van 80% aan van het aantal kop-staart aanrijdingen bij gedeeltelijk conflictvrije VRI's.

## 9.2 Effect naar de betrokken weggebruiker

Buiten het globale effect en het effect op het type ongeval, werd er ook onderzoek gedaan op het effect naar de betrokken weggebruiker. Ook bij deze analyse werd de onderzoeksgroep vergeleken ten opzichte van de twee verschillende vergelijkingsgroepen, die ook bij de globale effecten en de effecten naar het type ongeval gebruikt werden. De resultaten van deze analyses kunnen in tabel 18 terug gevonden worden per type weggebruiker.

**TABEL 18 Overzicht Effecten naar Betrokken Weggebruiker**

<b>EFFECTEN</b>	<b>OZG VS VGG 1</b>	<b>OZG VS VGG 2</b>
Bromfietser	+3%	-39%
Automobilist	-45%	-47%
Fietser	-33%	-43%
Motorrijder	-44%	-37%

In het algemeen is er een zeer gunstig effect te vinden voor de verschillende types weggebruikers na de implementatie van gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's. Het aantal gewonde automobilisten kent een zeer gunstig effect met een daling van 45% en 47%, respectievelijk voor de eerste en tweede vergelijkingsgroep. Het aantal gewonde fietsers en motorrijders kent eveneens een zeer gunstig effect. Enkel bij het aantal gewonde bromfietzers is er bij het effect ten opzichte van de eerste vergelijkingsgroep



een stijging gevonden van 3%. Bij de resultaten ten opzichte van de tweede vergelijkingsgroep, bestaande uit alle ongevallen op kruispunten met verkeerslichten in Vlaanderen, werd er echter een daling van van het aantal gewonde bromfietzers met 39% gevonden.

Er kan besloten worden dat de gedeeltelijk en volledig conflictvrije VRI's een gunstig resultaat bieden voor de onderzochte weggebruikers. Deze resultaten moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden. Er kan immers geen statistische test voor deze berekening uitgevoerd worden. Verder is het ook niet mogelijk om een onderlinge vergelijking te maken van de verschillende weggebruikers. Er is namelijk een sterk verschil in het aantal betrokken weggebruikers bij de verschillende types.

## **10. Conclusies en aanbevelingen**

### **10.1 Conclusies**

Het is duidelijk dat het invoeren van conflictvrije verkeersregelininstallaties een zeer gunstig effect heeft op de verkeersveiligheid. Zowel voor het totaal aantal ongevallen als voor de ernstige ongevallen werd een significante daling gevonden bij de aanpassingen naar conflictvrije VRI's. Het totale aantal letselongevallen daalt significant met 35% en 38%, respectievelijk voor de eerste en de tweede vergelijkingsgroep. Het aantal ernstige ongevallen daalt met 45% en 57%. Op basis van deze gevonden resultaten mag besloten worden dat het aanpassen van een niet-conflictvrije verkeersregelininstallatie naar een gedeeltelijk en volledig conflictvrije verkeersregelininstallatie een significant en gunstig effect heeft gehad op de verkeersveiligheid. De gevonden daling is het grootst voor de ernstige ongevallen.

Verder kan er besloten worden dat de volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties een gunstiger effect hebben op het totaal aantal ongevallen dan de gedeeltelijk conflictvrije verkeersregelininstallaties. Het totale aantal letselongevallen daalt bij volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties significant met 35% en 38% ten opzichte van een daling met 28% en 32% bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's. Het aantal ernstige ongevallen kent echter een gunstiger effect bij de gedeeltelijk conflictvrije verkeersregelininstallaties. De resultaten bij de volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties vonden een effect van -45% en -57%, waar de resultaten bij de gedeeltelijk conflictvrije verkeersregelininstallaties een effect vonden van -58% en -65%.

Het effect op het type ongeval is verschillend tussen de onderzochte types. Voor de gedeeltelijk en volledig conflictvrije verkeersregelininstallaties werden ongeveer dezelfde resultaten gevonden. Er werd een daling van het aantal flankaanrijdingen gevonden bij alle VRI's met 31% en 36%, respectievelijk voor de eerste en tweede vergelijkingsgroep. Het effect op het aantal kop-staart aanrijdingen bleek echter veel minder gunstig. Er werd dan ook een statistisch niet significante daling gevonden bij alle VRI's met 13% en 7%. Deze effecten liggen in lijn met de gevonden resultaten in de literatuur.

Naast een analyse op ongevallenniveau toonde een analyse op slachtofferniveau een sterke daling van het aantal gewonden voor de verschillende betrokken weggebruikers. De onderzochte weggebruikers zijn bromfietzers, automobilisten, fietsers en motorrijders.

## 10.2 Aanbevelingen

Op basis van de gevonden resultaten kunnen enkele aanbevelingen gemaakt worden:

- Het verbeteren van de beschikbare data:  
De beschikbaarheid van de data leverden beperkingen op binnen het onderzoek. Er werd namelijk in 2013 enkel data ter beschikking gesteld tot en met 2010. Dit had als gevolg dat enkel locaties tot en met 2009 konden geanalyseerd worden. Een actuele database van de ongevallen zou een actuelere en uitgebreidere evaluatie mogelijk maken.
- Aanpassing naar conflictvrije verkeersregelinstallaties bij hoog aantal flankaanrijdingen en of ernstige ongevallen:  
Op kruispunten met verkeerslichten waar er een hoog aantal flankaanrijdingen of ernstige ongevallen voorkomen, is het zeer gunstig om een gedeeltelijk of volledig conflictvrije verkeersregelinstallatie te installeren. Deze conflictvrije VRI's zullen namelijk het totaal aantal ongevallen doen dalen, maar in het bijzonder een zeer gunstig effect hebben op het aantal flankaanrijdingen en ernstige ongevallen.

## 11. Bronnen

- Al-Kaisy, & Stewart. (2003). *New approach for developing warrants of protected left-turn phase at signalized intersections*. Transportation research.
- BIVV, & ROVZ. (2003). *Type ongevallen in het buitenland*. België.
- Bochner, B., & Walden, T. (2010). *Effectiveness of red light camera's*. Texas: Texas transportation institute.
- Broughton, J., Knowles, J., Kirk, A., Yannis, G., Evgenikos, P., Panagiotis, P., et al. (2011). *DaCoTA: Traffic safety basic facts*. European road safety observatory.
- Brüde, U., Hedman, K., Larsson, J., & Thuresson, L. (1998). *SAFESTAR Desing of major urban junctions*. Zweden: Swedisch national road an transport research institute.
- Bui, Cameron, & Chee Wai. (1991). *Effect of right turn phases at signalised intersections*. Monash university accident research centre.
- Casteels, Y., Nuyttens, N., Vlaminck, F., & Focant, F. (2012). *Regionale analyse van verkeersongevallen - Vlaanderen 2010*. Brussel: Belgisch instituut voor de Verkeersveiligheid - Kenniscentrum voor de Verkeersveiligheid.
- Castrel, D. (2013, 05 30). Tegelijk groen voor alle fietsers. *Gazet van Antwerpen*.
- Christiaens, D., & Stallaert, S. (2012). *Vaststellingen en beoordelingen van verkeersongevallen*. Politeia.
- CROW. (2006). *Handboek verkeerslichtenregeling*. CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur.
- Daniels, S., & Wets, G. (2007). *Invloed van rotondes op verkeersveiligheid*. Diepenbeek: Steunpunt verkeersveiligheid.
- Dreesen, A. (2005). *Conflictvrije verkeerlichten: effecten op verkeersveiligheid*. Diepenbeek: Steunpunt verkeersveiligheid.
- Dreesen, A., & Nuyts, E. (2005). *Conflictvrije verkeerslichten: effecten op verkeersveiligheid deel 2*. Diepenbeek: Steunpunt Verkeersveiligheid.

- Elvik, R. (1997). *Effects on accidents of automatic speed enforcement in Norway*. Transportation Research Record.
- Elvik, R. (2002). *The importance of confounding in observational before-and-after studies of road safety measures*. Norway: Institute of Transport Economics.
- Elvik, R. (2008). *The prediction validity of empirical Bayes estimates of road safety*. Accident analysis and prevention.
- Elvik, R., & Vaa, T. (2004). *The handbook of road safety measures*.
- FHA. (2012). *Intersection safety*. Federal Highway Administration.
- Hauer, E. (1997). *Observational before-after studies in road safety: Estimating the effect of highway and traffic engineering measures on road safety*. Oxford.
- Hauer, E. (2004). *Left turn protection, safety, delay and guidelines: a literature review*. Draft.
- Uit Hauer, E. (2004):*
- Etelamaki, G. (1982). *When is left-turn phasing justified*. ITE journal.
- Pline, J. (1996). *Left-turn treatments at intersections*. Synthesis of Highway Practice.
- Rouphail, N. (1986). *Analytical warrant for separate left turn phasing*. Transportation Research Record.
- Upchurch, J. (1986). *Guidelines for selecting type of left-turn phasing*. Transportation Research Record.
- Washington, S., Gibby, A., & Ferrara, R. (1991). *Evacuation of high-speed isolated signalized intersections in California*. California: Department of Transportation.
- Hauer, E., Harwood, D., Council, F., & Griffith, M. (2002). *Estimating safety by the empirical Bayes method: A tutorial*. Road Safety Research.
- HCM. (2000). *Highway capacity manual*. Washington: Transportation research board.

- Hirst, W., Mountain, L., & Maher, M. (2004). *Sources of error in road safety scheme evaluation: a quantified comparison of current methods*. Accident analysis and Prevention.
- Hubacher, M., & Allenbach, R. (2004). *Prediction of accidents at full green and green arrow traffic lights in Switzerland with the aid of configuration-specific features*. Bern: Swiss council for accident prevention.
- Meuleners, B., Hendrie, D., Lee, A., & Legge, M. (2008). *Effectiveness of the Black Spot Programs in Western Australia*. Accident Analysis and Prevention.
- Nuyts, E., & Cuyvers, R. (2003). *Effectiviteitsmeting bij Voor-Na studies met een vergelijkingsgroep*. Diepenbeek.
- Uit Nuyts, E., & Cuyvers, R. (2003):*
- Ogden, K. (1996). *Safer Roads: A guide to road safety engineering*. England: Ashgate Publishing Limited.
- Hauer, E., & Persaud, B. (1987). *How to estimate the safety of rail-highway grade crossings and the safety effects of warning devices*. Transportation research record.
- Nuytens, N., Focant, F., & Casteels, Y. (2012). *Statistische analyse van verkeersongevallen*. Brussel: Belgisch Instituut voor de Verkeersveiligheid - Kenniscentrum voor de Verkeersveiligheid.
- Pauw, De E., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E., & Wets, G. (2012). *Het programma voor de herinrichting van de gevaarlijke punten op gewestwegen in Vlaanderen: een effectevaluatie*. Diepenbeek: Steunpunt Mobiliteit en Openbare Werken.
- Pauw, De E., Daniels, S., Brijs, T., Hermans, E., & Wets, G. (2013). *An evaluation of the traffic safety effect of fixed speed cameras*. in revisie.
- Radwin, E. (1996). *Safety criteria for protective and/or permissive left turn phasing*. Florida: Federal Highway Administration.
- Shebeeb, O. (1995). *Safety and efficiency for exclusive left-turn lanes at signalized intersections*. Institute of transportation engineers.
- Shinar, D. (2007). *Traffic safety and human behavior*. Kidlington: Emerald.

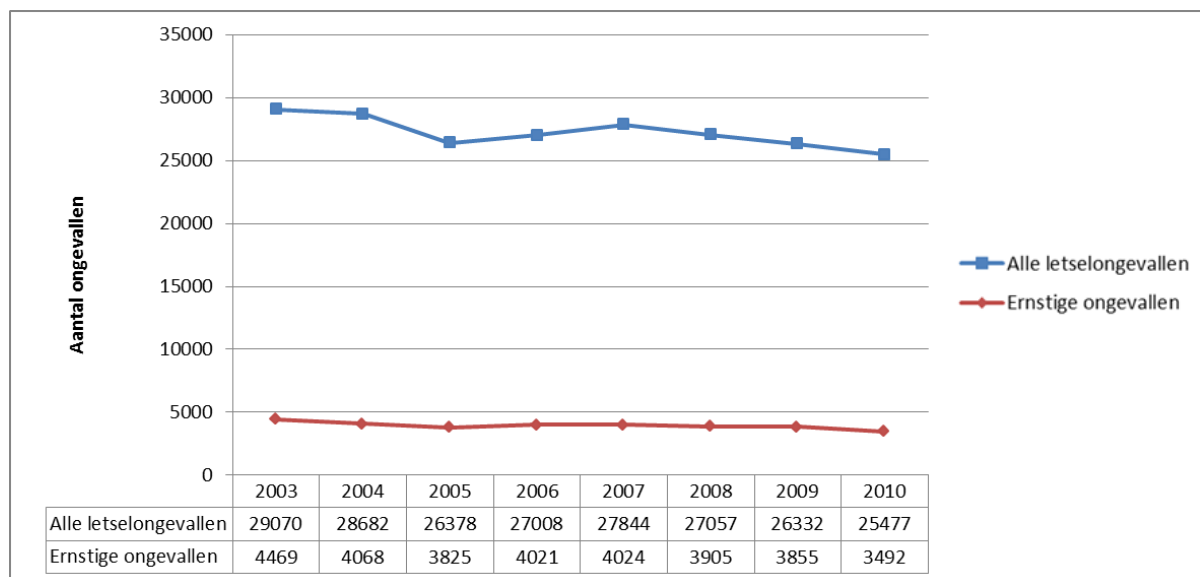
- Simons, M., Hermitte, T., & Page, Y. (2009). *Intersection road accident causation: a European view*. Frankrijk: Centre Européen d'étude de sécurité et d'analyse des risques.
- Srinivasan, R., Council, F., Lyon, C., Gross, F., Lefler, N., & Persaud, B. (2008). *Safety effectiveness of selected treatments at urban signalized intersections*. Traffic control devices committee.
- Srinivasan, R., Lyon, C., Persaud, B., Baek, J., Gross, F., Smith, S., et al. (2012). *Crash modification factors for changes to left-turn phasing*. Washington: Transportation Research Record.
- Stamatiadis, N., Agent, K., & Bizakis, A. (1997). *Guidelines for left-turn phasing treatment*. Transportation research record.
- SWOV. (2009). *Factsheet kruispunten*. Nederland: Wetenschappelijk onderzoek verkeersveiligheid.
- Upchurch, J. (1991). *Comparison of left-turn accident rates for different types of left-turn phasing*. Transportation Research Record.
- Van de Winckel, J. (2012). *Geïllustreerd reglement voor de wegbeheerder*. Brussel: Opzoekcentrum voor de wegenbouw.
- Van den Bergh, J. (2013, 05 30). *Opgeroepen op 2013, van CD&V*: <http://www.jefvandenbergh.be/nl/tegelijk-groen-voor-alle-fietsers>
- VSV. (2011). *Fietsongevallen en infrastructuur: ongevalanalyse in politiezone Antwerpen*. Antwerpen: Vlaamse stichting Verkeerskunde.
- Welleman, A. (1980). *Conflictvrije fasen voor fietsers en bromfietsers in de verkeerslichtenregeling van kruispunten met fietsvoorzieningen binnen de bebouwde kom*. Stichting wetenschappelijk onderzoek verkeersveiligheid.
- Willems, J. (2003). *Vergeersregeltechniek Deel 1: Inleiding Verkeersregeltechniek*. Diepenbeek: Cursus hogeschool Verkeerskunde.
- Zeegers, T. (2005). *Alle fietsers tegelijkertijd groen bij verkeerslichten*. Nederland: Fietsersbond.

## 12. Bijlagen

### Bijlage 1:

#### BESCHRIJVING VAN DE DERDE VERGELIJKINGSGROEP

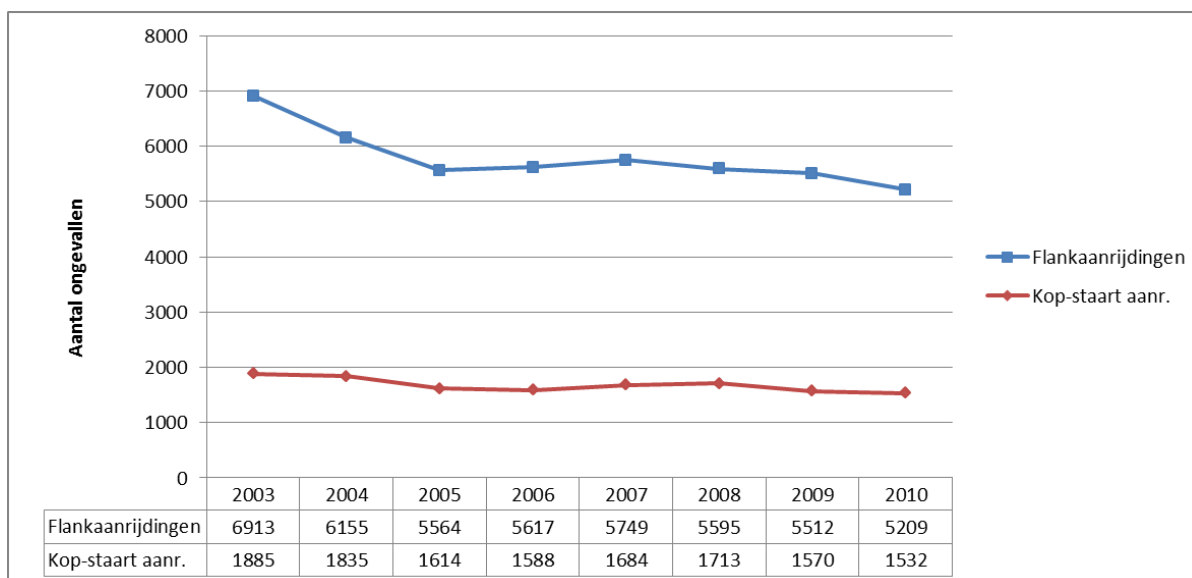
De derde vergelijkingsgroep bestaat uit het totaal aantal ongevallen over geheel Vlaanderen. Deze cijfers van het totaal aantal verkeersongevallen en ernstige ongevallen worden weergegeven in figuur 21. Er is een dalende trend waar te nemen bij zowel de letselongevallen als bij de ernstige ongevallen.



**FIGUUR 21 Aantal letselongevallen en ernstige ongevallen in vergelijkingsgroep 3.**

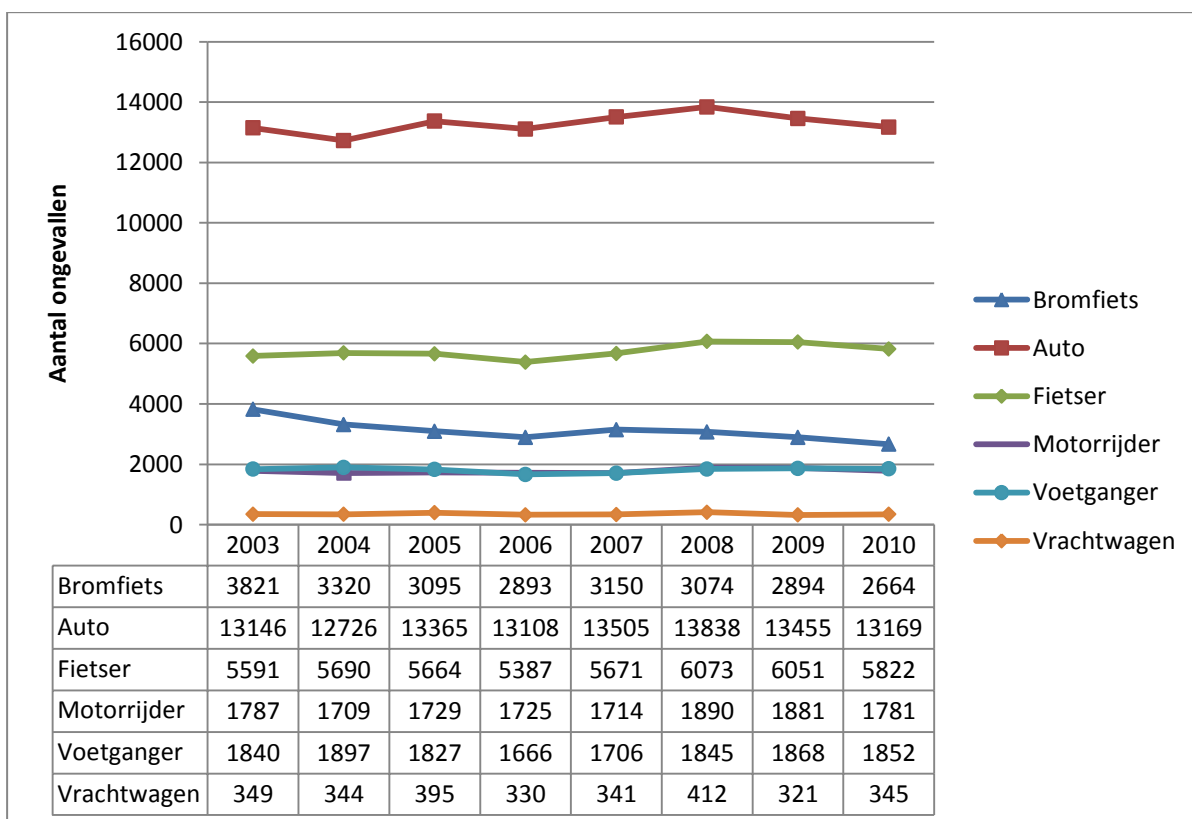
In figuur 22 zijn de cijfers te vinden wat betreft de flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in de derde vergelijkingsgroep. Er is een dalende trend van het aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen waar te nemen.





**FIGUUR 22 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in vergelijkingsgroep 3.**

Figuur 23 geeft het totaal aantal ongevallen in Vlaanderen per type weggebruiker weer. Er zijn geen duidelijke stijgingen of dalingen waar te nemen bij de verschillende types weggebruikers.



**FIGUUR 23 Aantal ongevallen per betrokken weggebruiker in vergelijkingsgroep 3.**

## RESULTATEN VAN DE DERDE VERGELIJKINGSGROEP

In het onderzoek werden het effect van de onderzoeksgroep ten opzicht van de derde vergelijkingsgroep berekend. De meta-analyse met deze vergelijkingsgroep gaf een effectiviteitsindex van 0.71 voor de globale effectiviteit. Hierbij werd er dus een significante daling van het aantal letselgevallen met 29% gevonden. Bij de volledig conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.68 gevonden en bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's een effectiviteitsindex van 0.80. Respectievelijk betekent dit een significante daling van het aantal letselgevallen met 32% en 20%. Voor de ernstige ongevallen werd er een effectiviteitsindex van 0.46 gevonden voor alle VRI's. Dit betekent een daling met 54% van het aantal ernstige ongevallen. Bij de volledig conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.48 gevonden en bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's een effectiviteitsindex van 0.39. Respectievelijk betekent dit een significante daling van het aantal ernstige ongevallen met 52% en 61%. In tabel 19 kunnen deze resultaten terug gevonden worden.

**Tabel 19 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoekslocaties met Vergelijklingsgroep 3**

	Alle VRI's	Conflictvrije VRI's	Gedeeltelijk conflictvrije VRI's
Totaal aantal ongevallen	0.71 [0,64; 0,79]	0.68 [0,60; 0,77]	0.80 [0,65; 0,97]
Ernstige ongevallen	0.46 [0,33; 0,62]	0.48 [0,34; 0,67]	0.39 [0,21; 0,74]

Ook voor het type ongeval werd de onderzoeksgroep vergeleken met het aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in Vlaanderen. De meta-analyse met deze vergelijkingsgroep gaf een effectiviteitsindex van 0.65 voor de flankaanrijdingen en een effectiviteitsindex van 1.07 voor de kop-staart aanrijdingen. Dit betekend een significante daling van 35% van het aantal flankaanrijdingen en een niet significante stijging van 7% van het aantal kop-staart aanrijdingen.

Bij de volledig conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.64 gevonden voor de flankaanrijdingen een een index van 1.05 voor de kop-staart aanrijdingen. Bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's werd er een effectiviteitsindex van 0.66 gevonden voor de flankaanrijdingen en een effectiviteitsindex van 1.12 voor de kop-staartaanrijdingen. Dit

betekent een significante daling van het aantal flankaanrijdingen met 36% bij de volledig conflictvrije VRI's en een daling met 34% bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's. Bij de kop-staart aanrijdingen is er een niet significante stijging met 5% bij de volledig conflictvrije VRI's en een niet significante stijging met 12% bij de gedeeltelijk conflictvrije VRI's. In tabel 20 zijn deze resultaten terug te vinden.

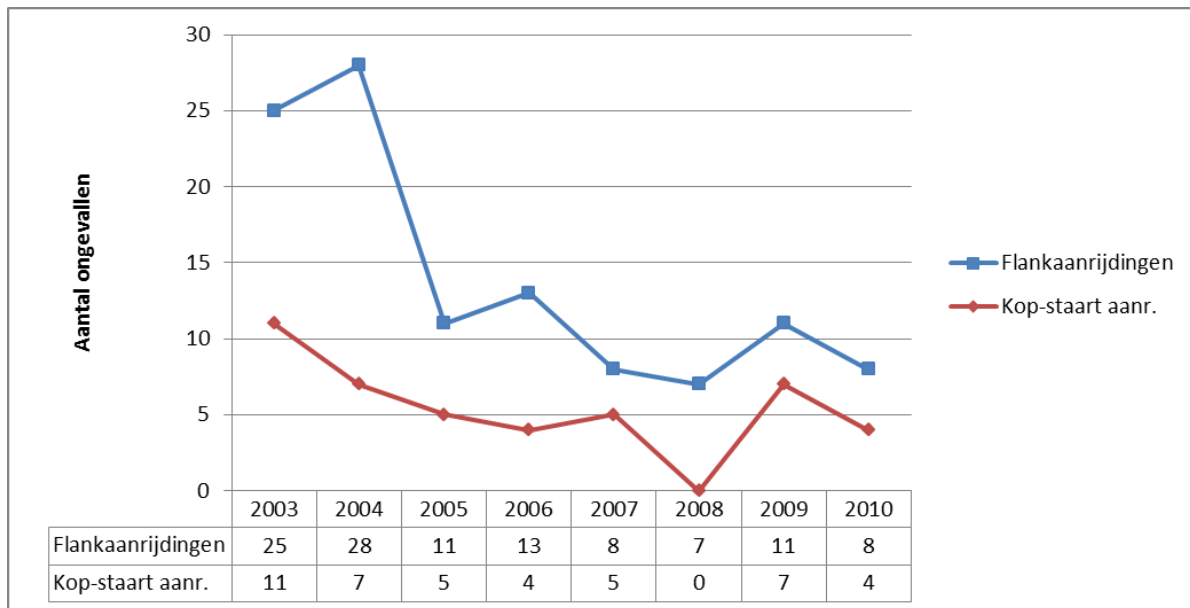
**Tabel 20 Resultaten Meta-analyse van Alle Onderzoeklocaties naar het Type Ongevallen met Vergelijklingsgroep 3**

	Totaal VRI's	Conflictvrije VRI's	Gedeeltelijk conflictvrije VRI's
Flankaanrijdingen	0.65 [0,55; 0,76]	0.64 [0,53; 0,78]	0.66 [0,48; 0,91]
Kop-staart aanrijdingen	1.07 [0,89; 1,27]	1.05 [0,85; 1,28]	1.12 [0,80; 1,55]

## **Bijlage 2:**

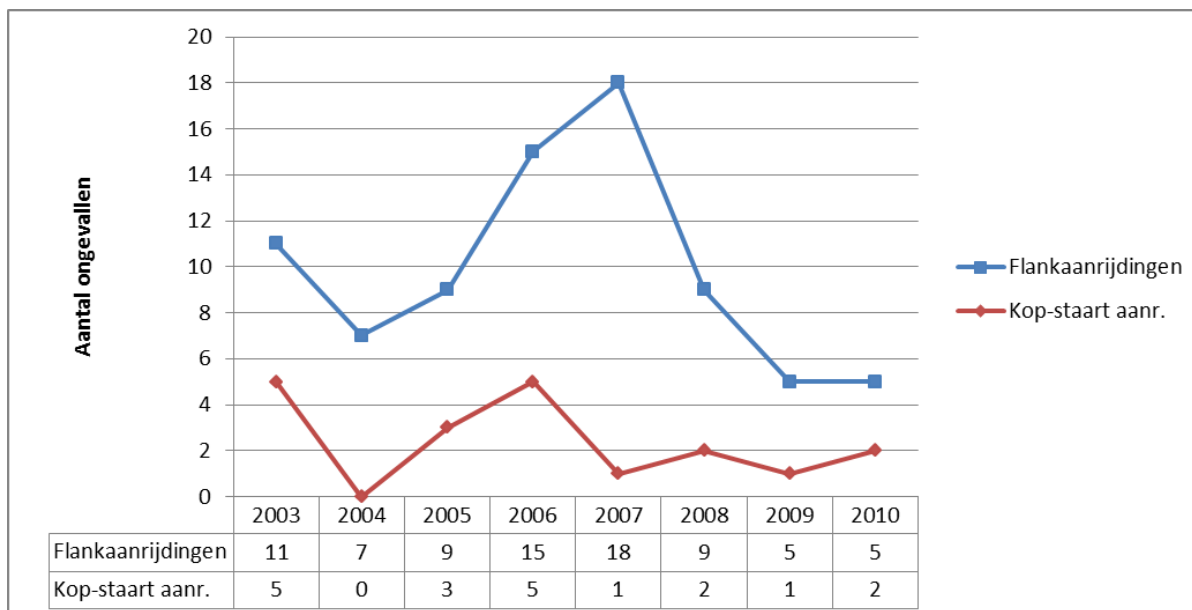
### BESCHRIJVING ERNSTIGE FLANKAANRIJDINGEN EN ERNSTIGE KOP-STAART AANRIJDINGEN

In figuur 24 is de data van de onderzoeksgroep voor de ernstige flankaanrijdingen en de ernstige kop-staart aanrijdingen weergegeven. Er is een dalende trend waarneembaar bij beide types ongevallen.



**FIGUUR 24 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen in de onderzoeksgroep.**

In figuur 25 kan men de data van de eerste vergelijkingsgroep vinden voor de ernstige flankaanrijdingen en de ernstige kop-staart aanrijdingen. Er is geen duidelijke daling of stijging overheen de jaren waar te nemen.



**FIGUUR 25 Aantal flankaanrijdingen en kop-staart aanrijdingen bij vergelijkingsgroep 1.**

## Auteursrechtelijke overeenkomst

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

**Conflictvrije verkeersinstallaties: Het effect op de verkeersveiligheid**

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

Jaar: **2013**

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,

**Van Herck, Stijn**

Datum: **22/08/2013**