

Doorstroming bij Ritsen

Een vergelijking tussen links- en rechtszijdig ritsen



Datum	Januari 2012
Status	Definitief

Doorstroming bij Ritsen

Een vergelijking tussen links- en rechtszijdig ritsen

Datum	Januari 2012
Status	Definitief

Afstudeeronderzoek

Sacco Barendrecht
Christelijke Hogeschool Windesheim
Verkeerskunde

Samenvatting

In het alledaagse verkeer komt ritsen regelmatig voor. Ritsen is een term die gebruikt wordt voor samenvoegen van verkeer. Voertuigen van verschillende rijstroken moeten dan samen verder op eenzelfde rijstrook. De term ritsen is bedoeld als beeldspraak, denk aan de ritssluiting van een jas. Ritsen betekent dat het samenkomen geordend, soepel en om-en-om plaatsvindt. Hierdoor moet het proces zo optimaal mogelijk verlopen.

Bekende voorbeelden van verkeerssituaties waarbij geritst wordt zijn invoegingen. Het grootste verschil tussen de verschillende vormen van ritsen is dat het zowel van de linkerzijde als de rechterzijde van de hoofdrijbaan voorkomt. Ritsen kan dus vanaf twee kanten, zowel van links als van rechts.

In dit afstudeeronderzoek zijn linkszijdig en rechtszijdig ritsen vergeleken op doorstroming en verkeersveiligheid. In welke situaties biedt de ene vorm voordeel ten opzichte van de ander?

Een snelle conclusie is dat linkszijdig en rechtszijdig ritsen beide in de praktijk voorkomen, maar nergens als elkaars zuivere evenbeeld met een "gespiegelde vormgeving". Een linker invoeging en een rechter afstreping komen bijvoorbeeld niet voor. Van een directe onderlinge keuze is daarom vaak geen sprake. Toch bestaan er situaties waarin de keuze tussen *links* of *rechts* reëel is, zoals aan het einde van spits- en plusstroken.

Als werkwijze voor de vergelijking zijn er twee situaties met elkaar vergeleken die in de praktijk voorkomen. Dit is gedaan om de gegevens waarmee gewerkt is te kunnen relateren aan de praktijk. Ook is er een ongevalanalyse uitgevoerd aan de hand van de geselecteerde praktijklocaties.

Er is een vergelijking gemaakt tussen een driestrooksrijbaan met een linker afvallende rijstrook en een tweestrooksrijbaan met een éénstrooks invoeging. In beide gevallen gaan drie rijstroken over in twee stroken, maar samenvoegen vindt plaats aan verschillende zijden van de hoofdrijbaan. Het zijn verschillende verkeerssituaties maar door het onderscheiden van zones en analyseren van "losse verkeersaspecten", zijn de verschillen als gevolg van het samenvoegen van verschillende kanten zoveel mogelijk onderzocht.

Om een breed antwoord te kunnen geven op de vraag in welke omstandigheden de ene vorm voordeel biedt ten opzichte van de ander, is er een spreiding van verkeerssamenstellingen vergeleken. Dit is gedaan met een simulatiemodel. Door de keuze van twee ontwerpvormen die in de praktijk voorkomen, kon de overeenkomst tussen model en werkelijkheid hierbij gecontroleerd worden.

Bij een vergelijking tussen links- en rechtszijdig ritsen, gaat het om de verdeling van het verkeer over de rijstroken. Bij toenemende verkeersdruk wordt de meest linker rijstrook de drukste strook. Daarbij is de verkeerssamenstelling van belang. Vrachtverkeer heeft een relatief zware negatieve invloed op doorstroming. Bij rechtszijdig samenvoegen wordt er dus geritst met een relatief lage dichtheid maar wel met een aandeel vrachtverkeer. Bij linkszijdig ritsen is er sprake van een relatief hoge dichtheid, omdat de linker rijstrook de drukste strook is, maar het aanwezige vrachtverkeer rijdt rechts.

Uit het simulatieonderzoek is gebleken dat deze verhouding bepalend kan zijn voor de mate van doorstroming. Bij een vergelijking tussen *links* en *rechts* kan daarom de vraag worden gesteld: Heffen dichtheid aan de ene kant, en aandeel vrachtverkeer aan de andere kant, elkaar op?

Bij de verhouding tussen deze twee verkeersaspecten zijn waarden gevonden waarbij *rechts* beter presteert, waarbij *links* beter presteert, en waarbij *links* en *rechts* gelijk zijn.

Uit de onderzoeksresultaten is een afweegkader voortgekomen. Met een inschatting van de zojuist beschreven verhouding, is af te lezen wanneer *links* of *rechts* een betere doorstroming faciliteert.

Uit een inventarisatie van praktijkwaarden blijkt het verkeersaanbod waarbij linkszijdig ritsen voordeel biedt, schaars te zijn. In de meeste praktijksituaties faciliteert rechtszijdig ritsen een beter doorstroming.

Uit een analyse van verkeersaspecten per zone blijkt dat het verkeersproces gelijkmatig verloopt bij *links* en *rechts*. Er komen geen noemenswaardige verschillen voor in de mate waarin de verkeerstromen samendrukken en/of vertragen. Er kan daarmee worden geconcludeerd dat er geen onderliggende oorzaken zijn gevonden voor de verschillen, in het gedrag van de weggebruikers.

Uit de ongevalanalyse blijkt een invoeging meer verkeersonveiligheid met zich mee te brengen. Ter hoogte van de strookvermindering, en in de stroomafwaartse zone is rechtszijdig ritsen onveiliger. Alleen in de stroomopwaartse zone is linkszijdig ritsen verkeersonveiliger. Een invoeging is dus in twee zones verkeersonveiliger en een afstreeping in één zone.

In absolute zin vinden veel meer ongevallen plaats bij rechtszijdig ritsen. Deze hogere hoeveelheid ongevallen ontstaat vooral in en rondom spitstijden. Er is een duidelijke clustering van ongevallen zichtbaar in tijd. Dit betekent dat de verkeersveiligheid bij rechtszijdig ritsen erg daalt bij een toename van de verkeersdrukke.

Bij linkszijdig ritsen is dit niet het geval. In totaliteit vinden daar minder ongevallen meer verspreid over de dag plaats.

Wel lijkt vrachtverkeer bij rechtszijdig ritsen vaker een veroorzaker van een ongeval. Dit kan verklaard worden omdat vrachtverkeer zich aan de rechterzijde van de rijbaan bevindt. Bij linkszijdig ritsen vindt het ritsen plaats aan de zijde van de rijbaan waar geen vrachtverkeer aanwezig is, waardoor er minder vracht-ongevallen plaatsvinden.

Dit betekent wel dat vrachtverkeer bij afstrepingen vaker als slachtoffer betrokken zijn. Dit kan verklaard worden doordat automobilisten meer inhalen nadat de derde rijstrook is afgevallen.

Voorwoord

Deze rapportage is voortgekomen uit het afstudeeronderzoek dat ik afgelopen periode heb uitgevoerd, als student Verkeerskunde aan de Hogeschool Windesheim.

Tijden geleden ben ik op een gebruikelijke zaterdagavond geïnspireerd geraakt. In een plaatselijk establishment onder het genot van enige alcoholische dranken passeerden vele onderwerpen de revue, zo ook mijn studie. Na het een en ander te verduidelijken kwamen er interessante ideeën naar boven zo ook die van J.A. Raap¹. Het idee werd vervolgens verduidelijkt met het schuiven van een paar bierviltjes.

De heer Raap ervaarde dat de verdeling van verkeer bij strookvermindering niet gelijkmatig is, waardoor het proces niet optimaal verloopt. Zijn idee was om het wegverloop bij strookvermindering als een soort trechter te verlaten verlopen. Dus geen eindigende rijstrook, maar een versmalling waarbij twee rijstroken samen uiteindelijk de breedte van één rijstrook hebben. Dit gaat tegen het verkeerskundige Duurzaam Veiling-principe in, maar door het idee verder uit te denken zou de verdeling van verkeer over stroken wel verbeterd kunnen worden. En daarmee wellicht de doorstroming.

Toen ik hier verder over nadacht, raakte ik geïnteresseerd in hoe de ruimte waarin weggebruikers zich bevinden hun gedrag (bewust danwel onbewust) beïnvloedt. Het was aan mij om dit idee te verder uit te werken.

Daarom heb ik door middel van mijn afstudeerproject vergeleken welke verschillen in een verkeersstroom ontstaan bij verkeer dat van links naar rechts samenvoegt en verkeer dat van rechts naar links samenvoegt. Maakt dit uit voor de verkeersafwikkeling? Dit vergelijkend onderzoek is een eerste verkenning; In welke situaties kan linkszijdig samenvoegen voordelen bieden, en in welke situaties kan rechtszijdig samenvoegen voordelen bieden?

Rijkswaterstaat bood mij de benodigde faciliteiten en informatievoorziening om het onderzoek te kunnen uitvoeren. Hierbij ben ik begeleid door Raymond Vermijs en Willem Traag. Vanuit de opleiding ben ik begeleid door docent Erwin Bezembinder. Ik wil hen allen bedanken voor hun kritische blik en waardevolle adviezen.

Arnhem, 2011
Sacco Barendrecht

¹ <http://nl.linkedin.com/in/justusraap>

Inhoudsopgave

1	Inleiding 10
1.1	Aanleiding 10
1.2	Probleemstelling 11
1.3	Doelstelling 11
1.4	Vraagstelling 12
1.5	Onderzoeksgrenzen 13
1.6	Globale werkwijze 13
1.7	Leeswijzer 15
2	Literatuurverkenning 16
3	Verkeersproces in detail 20
4	Werkwijze 26
4.1	Algemeen 26
4.2	Werkwijze Doorstromings-analyse 33
4.3	Werkwijze Verkeerveiligheids-analyse 36
5	Doorstromings-analyse 39
5.1	Werkelijke capaciteiten onderzoekslocaties 39
5.2	Gesimuleerde vrije capaciteit 40
5.3	Gesimuleerde afrijcapaciteit 42
5.4	Onderlinge vergelijking vrije –en afrijcapaciteit 44
5.5	Verkeersaspecten per onderzoekszones 46
5.6	Conclusies doorstroming 48
6	Verkeersveiligheidsanalyse 50
6.1	Aantal ongevallen 50
6.2	Ongevallen naar tijd/lichtgesteldheid 51
6.3	Ernst afloop van ongevallen en invloed van vrachtverkeer 51
6.4	Verkeersveiligheid per onderzoekszones 55
6.5	Conclusies verkeersveiligheid 58
7	Conclusies en Aanbevelingen 59
7.1	Beantwoording van de vraagstelling 60
7.2	Aanbevelingen vervolgonderzoek 68
8	Vervolg: Een uitwerking 70
	Bronvermelding
	Bijlage 1 Bandbreedtes van het onderzoek
	Bijlage 2 Beschrijving onderzoekslocaties
	Bijlage 3 Beschrijving simulatiemodel
	Bijlage 4 Kalibratie simulatiemodel
	Bijlage 5 Betrouwbaarheid capaciteitsschattingen
	Bijlage 6 Ongevallenverloop onderzoekslocaties
	Bijlage 7 Ongevallen naar tijd/lichtgesteldheid
	Bijlage 8 Selectie gegevens ongevallenanalyse

1 Inleiding

In dit hoofdstuk staat de onderzoekopzet beschreven. Over welk onderwerp gaat deze rapportage? Er staat beschreven wat er is precies onderzocht is, wat de aanleiding is en wat het doel van het onderzoek is.

1.1 Aanleiding

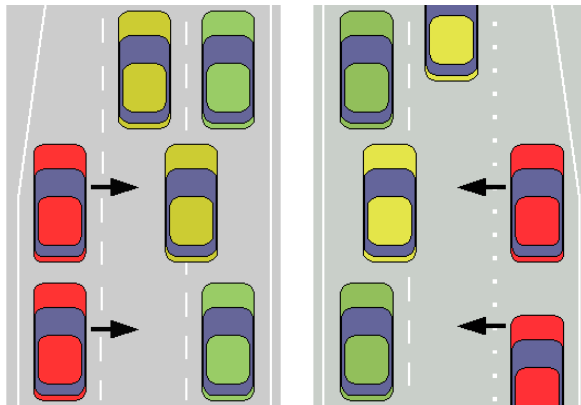
Ritsen is een term die gebruikt wordt voor samenvoegen van verkeer. Voertuigen van verschillende rijstroken moeten dan samen verder op eenzelfde rijstrook. De term ritsen is bedoeld als beeldspraak, denk aan de ritssluiting van een jas. Ritsen betekent dat het samenkomen geordend, soepel en om-en-om plaatsvindt. Hierdoor moet het proces zo optimaal mogelijk verlopen.

Bij een eindigende rijstrook moet verkeer noodgedwongen samenvoegen. Dit komt in verschillende situaties voor op het Nederlandse wegennet.

Voorbeelden hiervan zijn:

- Een afgesloten strook (bijvoorbeeld bij wegwerkzaamheden)
- Het einde van spits- en plusstroken
- Bij invoegingen, van de invoegstrook naar de hoofdrijbaan
- Bij afvallende linker rijstroken (afstrepingen)
- Bij VRI's ² zijn vaak voorsorteerstroken gecreëerd om verkeer goed te kunnen afwikkelen. Na het kruispunt vindt meestal weer strookvermindering plaats omdat de intensiteiten dat toelaten.

Bij al deze voorbeelden geldt dat het samenvoegen van verkeer op verschillende manieren gesitueerd kan worden. Het grootste verschil is dat het samenvoegen zowel vanaf de linkerkant van de hoofdrijbaan kan plaatsvinden, als vanaf de rechterkant. Het samenvoegen kan dus van links en van rechts. In onderstaande figuur 1 staat dit uitgebeeld.



Figuur 1 Linkszijdig en rechtszijdig samenvoegen

Rijkswaterstaat staat regelmatig voor de keuze om het verkeer vanaf links naar rechts te laten samenvoegen, of andersom. Dit onderzoek richt zich op optimalisering van de beslissing van deze keuze.

² VRI, een afkorting voor *VerkeersRegel Installatie*. Een VRI is het grotere geheel, het systeem, van verkeerslichten bij een kruispunt.

1.2 Probleemstelling

Bij ritsen moeten weggebruikers samenwerken om het samenvoegen van twee verkeersstromen goed te laten verlopen. Hierbij bestaan echter veel meningsverschillen, waardoor weggedrag vaak niet op elkaar aansluit. Het ritsproces verloopt in veel gevallen niet optimaal en dit gaat ten koste van doorstroming bij samenvoegpunten.

De ruimte waarin weggebruikers zich bevinden heeft invloed op hun rijgedrag. Een van de bekende principes waarin dit is uitgewerkt is het duurzaam veilig principe³, waarbij de inrichting van de infrastructuur weloverwogen bepaald moet worden.

Hoewel Duurzaam Veilig vooral ontstaan is vanuit het oogpunt verkeersveiligheid, betekent dit ook dat een weloverwogen weginrichting de doorstroming bevordert. Een ongeval ontstaat namelijk niet zonder turbulentie⁴ in de verkeersstroom. Er kan gesteld worden dat bij een ongeval de doorstroming op een rijstrook daalt tot nul. Wanneer bestuurders bij een verschillende vormgeving van de weg verschillend gedrag vertonen, kan de verkeersafwikkeling ook anders zijn. Van de verschillen in verkeersstromen bij links en rechts samenvoegen is maar weinig bekend. Ook de gevolgen niet, zoals verschillen in verkeersveiligheid of capaciteit. Hierdoor kan een keuze niet goed onderbouwd worden.

Door dit gat in de huidige kennis wordt het verkeer bij samenvoegpunten mogelijk niet optimaal gefaciliteerd, waardoor verbetering mogelijk is en files verminderd kunnen worden.

1.3 Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is bijdragen aan het beperken van files en het faciliteren van een goede doorstroming. Indien mogelijk in de vorm van een afwegingskader of beslismodel, waarmee keuze tussen *links* of *rechts* ritsen gemaakt kan worden.

³ <http://www.crow.nl/duurzaamveilig>

⁴ Turbulentie is verstoring in een verkeersstroom die de doorstroming verslechtert. Turbulentie kenmerkt zich bijvoorbeeld door afwijkingen in: volgtijden, verdeling van het verkeer over rijstroken, remacties, uitwijkmanoeuvres en (anticiperende) strookwisselingen.

1.4 Vraagstelling

Om het onderzoek concreet uitvoerbaar te maken is er een specifieke hoofdvraag met deelvragen geformuleerd.

Hoofdvraag

In welke situaties bieden *linkszijdig* en *rechtszijdig* ritsen voordeel voor de doorstroming?

De kwaliteit van de doorstroming zal bepaald worden onder verschillende omstandigheden, zoals verschillende verkeerssamenstellingen. Er wordt gekeken naar capaciteit en naar kans op congestie. Tevens is er gezocht naar onderliggende oorzaken van het eventuele verschil, en naar verschil in verkeersveiligheid.

Deelvragen:

1. Zijn er aspecten die algemeen toepasbaar zijn op het vraagstuk links- of rechtszijdig ritsen, die helpen bij het beantwoorden van het vraagstuk?

In de praktijk kunnen heel veel verschillende situaties voorkomen waarbij verkeer moet samenvoegen. Elke situatie is anders en bij de keuze tussen links- of rechtszijdig samenvoegen zal maatwerk nodig zijn. Maar zijn er aspecten die op elke situatie van toepassing zijn? Zijn er algemene aspecten die het vraagstuk *links* of *rechts* kunnen verhelderen, of een "oplossingsmethode" kunnen vormen? Zoals grenswaarde van de verkeerssamenstelling waarbij links of rechts beter presteert.

2. Wat is het verschil in vrije capaciteit?
3. Wat is het verschil in afrijcapaciteit?

Situaties met links- en rechtszijdig ritsen worden vergeleken op capaciteit. Dit wordt gedaan door de capaciteit te meten op de uitgaande rijbaan na het samenvoegen van de verkeersstromen. Het gaat dus om de hoeveelheid verkeer dat door het samenvoegpunt kan.

Er wordt onderscheidt gemaakt in twee soorten capaciteit, vrije –en afrijcapaciteit. In §2.3 wordt het verschil gedefinieerd.

4. Wat is het verschil in verkeersveiligheid?

Onze veiligheid en gezondheid is belangrijk, ook in het verkeer. Daarom is het interessant om te weten of links- of rechtszijdig ritsen meer onveiligheid met zich mee brengt.

Tevens kan een ongevalanalyse inzicht geven in verschillen in rijgedrag, en daarmee inzicht geven in verschillen in doorstroming en mogelijke oorzaken.

5. Welke verkeersaspecten zijn de oorzaak van de verschillen?

Met een detailonderzoek zijn verkeersstromen nauwkeuriger geanalyseerd. Hiermee is gezocht naar onderliggende oorzaken (van de eventuele verschillen) en naar verschillen in kans op congestie.

1.5 Onderzoeksgrenzen

- Het onderzoek richt zich enkel op Nederland, niet op het buitenland.
- Het onderzoek richt zich op snelwegverkeer. Dit past binnen Rijkswaterstaat.
- Het onderzoek zal zich richten op permanente verkeerssituaties, niet op tijdelijke situaties of uitzonderingen. Denk bijvoorbeeld aan wegwerkzaamheden.
- Het onderzoek gaat uit van objectieve verkeersgegevens. Subjectieve gegevens/beleving zijn niet meegenomen.
- Ten behoeve van de kwaliteit/betrouwbaarheid gaat dit onderzoek uit van empirische verkeersgegevens of kan er gerelateerd worden aan praktijkwaarden.
- Er is expliciet aandacht besteed aan vrachtverkeer. Vrachtverkeer heeft relatief grote invloed op doorstroming.
- Het onderzoek richt zich niet op ruimtegebruik van wegontwerpen.
- Het onderzoek richt zich niet op de beleidsmatige kant van de keuze om ritsen *links of rechts* te situeren.

1.6 Globale werkwijze

In deze paragraaf staan de globale stappen van het onderzoek weergegeven.

1. Beschrijving bestaande kennis

Er is een literatuuronderzoek uitgevoerd waarbij relevante informatie is opgezocht. De gevonden informatie is opgesplitst in twee delen:

1a. Literatuurverkenning

In de literatuurverkenning staan per paragraaf onderwerpen beschreven die achtergrondinformatie bevatten, of die van invloed zijn geweest op de onderzoeksopzet.

1b. Beschrijving verkeersproces in detail

Omdat *doorstroming* een belangrijk begrip is in dit onderzoek, is het uitgebreid toegelicht. *Verkeersproces in Detail* bevat essentiële kennis over hoe verkeer in elkaar zit. De interactie tussen individuele weggebruikers staat beschreven, en er wordt uitgelegd wat doorstroming nou precies is. Deze kennis valt in principe onder literatuur, maar vanwege het belang en de diepgang is het los van de literatuurverkenning beschreven.

2. Onderdelen van het onderzoek

Om links- en rechtszijdig ritsen te vergelijken, moeten er situaties gekozen worden om te vergelijken. Deze situaties bestaan uit de volgende componenten:

2a. De te vergelijken ontwerpvormen

Er moeten wegontwerpen geselecteerd worden waarbij zowel van links- als van rechtszijdig ritsen sprake is.

- 2b. De te onderzoeken aspecten
Van de wegontwerpen die vergeleken worden, moet bepaald worden op welke eigenschappen deze vergeleken worden.
 - 2c. De te onderzoeken bandbreedtes
Er is een bandbreedte gekozen van verkeerssamenstelling, om te bepalen in welke omstandigheden *links* of *rechts* beter presteert.
 - 2d. Onderscheiden van onderzoekszones
Door de te vergelijken wegontwerpen in te delen in zones, kunnen verkeersstromen in detail worden geanalyseerd. Hiermee is gezocht naar onderliggende oorzaken en naar verschillen in kans op congestie.
3. Uitvoering
Om alle te onderzoeken aspecten te achterhalen, bestaat de analyse uit twee onderdelen; doorstroming en verkeersveiligheid. Na een algemene inleiding worden beide delen uitgebreid toegelicht.
- 3a. Simulatiemodel (doorstromings analyse)
Door middel van het simulatiemodel Fosim is de doorstroming geanalyseerd. De overeenkomst model-werkelijkheid is gecontroleerd aan de hand van praktijkgegevens. Links- en rechtszijdig ritsen zijn vergeleken op verschil in capaciteit. Hierbij is een bandbreedte van verkeerssamenstellingen toegepast. Voor de statistische betrouwbaarheid zijn er meer dan 100 simulaties uitgevoerd. Ook is door het onderscheiden van onderzoekszones een detailanalyse uitgevoerd. Hiermee is gezocht naar onderliggende oorzaken en naar verschillen in kans op congestie.
 - 3b. Onderzoekslocaties (ongevallenanalyse)
Er is een ongevallenanalyse uitgevoerd aan de hand van onderzoekslocaties. Onze veiligheid is van belang, ook in het verkeer. Verkeersveiligheid is een belangrijke randvoorwaarde om voor links of rechts ritsen te kiezen. Tevens is aan het hand van o.a. ongevallenmanoeuvres gezocht naar oorzaken voor de verschillen tussen *links* en *rechts*.
Met praktijkgegevens van onderzoekslocaties zijn verschillende capaciteiten met elkaar vergeleken. Tevens is het simulatiemodel gekalibreerd aan de hand van praktijkgegevens.
4. Resultaten
Tot slot worden conclusies getrokken.
- 4a. Conclusies
De conclusies van het onderzoek worden getrokken door middel van beantwoording van de vraagstelling.
 - 4b. Aanvulling
Naar aanleiding van de bevindingen is er enige (persoonlijke) teleurstelling ontstaan. Hierbij is ook een kansrijke mogelijkheid gevonden om deze teleurstelling in te vullen. Dit is deels een toepassing van de resultaten. Er is een direct zuivere vergelijking gemaakt tussen links en rechts als aanvulling op het onderzoek.

1.7 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat een literatuuronderzoek. Hierin worden relevante onderwerpen besproken. Het gaat om achtergrondinformatie, en er worden zaken toegelicht die van belang zijn voor de onderzoekswijze.

Hoofdstuk 3 gaat in detail in op het fenomeen *Doorstroming*. De interactie tussen individuele weggebruikers is beschreven. Er wordt uitgelegd hoe een verkeerstroomb voortbeweegt en waarom (of wanneer) file ontstaat. Deze theoretische kennis is belang om de doorstroming van verkeer op een juiste manier te kunnen observeren en analyseren.

In hoofdstuk 4 staat de exacte wijze van uitvoering beschreven. Het begint met een algemene introductie en daarna worden de verschillende onderdelen specifiek toegelicht.

Hoofdstuk 5 en 6 bevatten de daadwerkelijke analyses, hoofdstuk 5 gaat over de doorstroming en hoofdstuk 6 bevat de verkeersveiligheid.

In hoofdstuk 7 zijn de conclusies beschreven. Een deel van de bevindingen hebben geleidt tot de uitvoering van een extra aanvulling op het onderzoek. Dit is mede een toepassing van de ontstane kennis. Er is een extra vergelijking gemaakt en deze staat beschreven in hoofdstuk 8.

Op verschillende momenten wordt verwezen naar bijlagen, zo is de rapportage leesbaar gehouden.

2 Literatuurverkenning

Er is een literatuurverkenning uitgevoerd waarbij relevante informatie is opgezocht. Begrippen die centraal staan zijn *Ritsen* en *Doorstroming*. In dit hoofdstuk staan per paragraaf losse onderwerpen beschreven. Het kan gaan om interessante achtergrond informatie, of om zaken die invloed hadden op de onderzoeksopzet. Per paragraaf staat aangegeven wat de rol is van het betreffende onderwerp.

2.1 Problematiek van het ritsen

In deze paragraaf staat de problematiek van het ritsen beschreven. Het is zowel achtergrondinformatie als een verdieping op de probleemstelling van het onderzoek. Locaties waar strookvermindering plaatsvindt zijn vaak knelpunten. Bij deze knelpunten moet het verkeer ritsen. In de praktijk leveren deze situaties vaak problemen op. De reden is dat ritsen niet alleen een verkeersprobleem is, maar ook vooral een menselijk probleem. Weggebruikers hebben verschillende opvattingen over de *juiste gedragsregels*⁵. Ze zijn nogal individueel ingesteld en streven hun persoonlijke doelen na. Het is 'ieder voor zich'.

Sommige weggebruikers zijn van mening dat de rijstrook zo optimaal mogelijk moet worden benut en dat ritsen op het laatste moment het best is voor iedereen. Anderen vinden laat ritsen asociaal en zien het als 'voordringen'. Er kunnen gevoelens van onzekerheid en onveiligheid ontstaan. Er ontstaan irritaties, agressie, er wordt getoeterd, gesneden en geblokkeerd.

Daarbij geldt ook dat de weg veel meer is dan een systeem met regeltjes en schema's. Het is een plek waar duizenden mensen elkaar elke dag tegenkomen, met maar losse parameters over hoe we ons zouden moeten gedragen. Daarbij gaat het om vele verschillende achtergronden, zoals: sekse, leeftijd, ras, sociale klasse, religieuze en politieke overtuiging, levensstijl en (stabiliteit van) gemoedstoestand.

2.2 De eerste keer ritsen

Deze paragraaf bevat een korte geschiedenis, een beschrijving van de eerste keer ritsen. Het fenomeen ritsen heeft natuurlijk niet altijd bestaan, het woord ritsen is voor het eerst gebruikt in 1997. Rijkswaterstaat was toen bezig met het *Fileplan Rotterdam*. Hierbij bleek dat het bij weggebruikers onduidelijk was wat de juiste plaats en beste manier van strookwisselen is bij strookvermindering. Om de verkeersafwikkeling in een dergelijke situatie te verbeteren is er een eerste ritsproef gehouden bij de Beneluxtunnel. Het woord ritsen is toen voor het eerste gebruikt.

De proef bestond uit:

- Plaatsing van bebording die de gewenste plaats van strookwisselen aangaf met het begrip *ritsen*;
 - op 1500 en 1000 meter ("Rits in zicht over ... meter")
 - op 250 meter (Hier ritsen, geef ruimte")
- Een ondersteunende publiciteitscampagne.

De voormeting vond plaats in april 1997, de nameting begin juni 1997. Met behulp van videobeelden werd de plaats en de manier van strookwisselen geanalyseerd.

⁵ Vanderbilt, T (2008) Traffic: Why we drive the way we do (and what it says about us), Allen Lane, Londen

Met detectielussen werden intensiteiten gemeten en met een enquêteonderzoek werd nagegaan wat de beleving van weggebruikers was.

De volgende verschillen werden gevonden tussen voor- en nameting:

- De plaats waar voertuigen strookwisselden werd meer geclusterd, kwam meer stroomopwaarts te liggen.
- Er werd meer "geritst", het aantal overige manoeuvres nam af.
- Het aantal gevallen waarin weggebruikers er niet tussen werd gelaten op de rechterstrook was te verwaarlozen (1%).
- Het enquêteonderzoek gaf aan dat de weggebruikers de maatregelen over het algemeen als positief ervaren.

Een eerste, snel getrokken, conclusie uit dit project is dat het rits-gedrag van weggebruikers beïnvloedbaar is. Een weloverwogen wegontwerp kan bijdragen aan doorstroming en veiligheid. Meer onderzoek naar ritsen is dus nuttig.

2.3 Introductie op doorstroming

In deze paragraaf wordt een eerste toelichting op het begrip doorstroming gegeven. Doorstroming wordt in dit onderzoek gemeten en vergeleken, daarom is het van belang om goed te snappen wat het inhoudt. Doorstroming is de optelsom van het individuele gedrag van weggebruikers en is daardoor niet simpel in één eenheid te meten. Omdat er niet één maat is voor doorstroming staan in deze paragraaf een aantal manieren beschreven waarop doorstroming kan worden uitgedrukt. Meerdere van deze begrippen zullen verderop in deze rapportage terugkeren.

Capaciteit:

Het maximaal aantal voertuigen dat in een eenheid van tijd kan passeren. Dit wordt meestal aangegeven in motorvoertuigen of PAEs ⁶ per uur.

Capaciteit is geen vaste waarde. Capaciteit is niet bij elke locatie en bij dezelfde rijbaanindeling gelijk. Niet elke dag wordt, op het voertuig nauwkeurig, dezelfde capaciteit bereikt.

Vrije- en afrijcapaciteit:

De vrije capaciteit is de maximale hoeveelheid verkeer (intensiteit) dat binnen een eenheid van tijd kan passeren, zonder dat er sprake is van file.

De afrijcapaciteit is de maximale hoeveelheid verkeer dat binnen een eenheid van tijd kan passeren, wanneer er sprake is van file. De afrijcapaciteit is dus de hoeveelheid verkeer dat door een knelpunt kan rijden tijdens filesituatie.

Deze definitie van capaciteit staat o.a. in het handboek CIA⁷.

Voertuigverlies uren:

Het totaal aantal uren reistijdverlies van alle voertuigen samen, over een traject, als gevolg van congestie. dit is de reistijdverspilling in vergelijking met een onverstoord verkeersafwikkeling (geen file).

⁶ PAE: Personenauto-equivalent. Voertuigen hebben een bepaalde mate van invloed in een verkeersstroom. Waar één vrachtwagen rijdt, kunnen 2 of 2,5 personenauto's rijden. Een motor heeft minder ruimte nodig dan een personenauto. Voor alle voertuigtypen kan met een omrekenwaarde worden gerekend zodat ze vergelijkbaar zijn. Dit is personenauto-equivalent.

⁷ Rijkswaterstaat AVV (2011) Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen. Zie ook §2.5.

Filezwaarte:

Filezwaarte is een vermenigvuldiging van de lengte van een file en de duur van een file. Een file die vijf minuten lang drie km is, en daarna drie minuten lang twee km, heeft een filezwaarte van $(5 \times 3) + (3 \times 2) = 21$ kilometerminuten (kmmin). Dit begrip is gedefinieerd door o.a. de ANWB.

I/C-waarde:

De verkeersintensiteit gedeeld door de wegcapaciteit. Het aantal auto's op een weg gedeeld door het aantal auto's dat de weg aankan in die periode. Met een I/C-waarde van 1 is de weg volledig gevuld. Als vuistregel geldt er vanaf een I/C-waarde van 0,8 een (snel toenemende) kans op congestie.

Uit deze definities blijkt dat doorstroming niet één eenvoudige betekenis heeft. In hoofdstuk 3 wordt er verder ingegaan op het begrip doorstroming.

2.4 Invloed van vrachtverkeer

Vrachtverkeer heeft een relatief grote negatieve invloed op doorstroming, met name bij discontinuïteiten⁸. Daarom is de invloed van vrachtverkeer nadrukkelijk meegenomen in dit onderzoek. Zo is er gevarieerd met het aandeel vrachtverkeer binnen de verkeerssamenstelling en is bij de verkeersveiligheidsanalyse onderscheidt gemaakt in voertuigtypen. In deze paragraaf staat toegelicht hoe het komt dat vrachtverkeer veel invloed heeft op doorstroming.

Bij een hoog aandeel vrachtverkeer kunnen er (per uur) minder voertuigen ritsen bij een samenvoegpunt. Dit komt omdat vrachtwagen grote voertuigen zijn waarvoor meer fysieke ruimte nodig is (grotere hiaten). Ook heeft vrachtverkeer een langzamer acceleratievermogen dan personenauto's voor de gewenste snelheidsaanpassingen bij strookwisselingen. Het totaal aantal strookwisselingen dat in een uur tijd op een weggedeelte kan worden uitgevoerd, is afhankelijk van de snelheid waarmee individuele bestuurders een strookwisseling kunnen uitvoeren. Dit kost bij vrachtverkeer dus meer tijd, waardoor er bij een hoger aandeel vrachtverkeer in totaal minder ruimte en tijd beschikbaar per voertuig om van strook te wisselen (zie ook §3.5 *Strookwisselen*).

Ook het remvermogen van vrachtauto's is minder dan die van personenauto's. Daarbij zijn vrachtwagenchauffeurs vaak voorzichtiger met het uitvoeren van remacties vanwege de kans dat de lading gaat schuiven.⁹

Een vrachtwagenchauffeur heeft minder goed zicht op zijn directe omgeving dan een personenautomobilist. Een automobilist heeft vanaf de bestuurdersplaats gezien direct zicht, door de zijruit en zijspiegels, schuin achter en naast de auto. Bestuurders van vrachtwagens, waarbij de ruiten hoog zitten, zien vaak lage objecten die zich in deze hoek bevinden niet.

Er zijn meer typen trage en/of lange voertuigen te onderscheiden, zoals auto's met caravans. Maar het aandeel van deze voertuigtypen is in een maatgevend uur doorgaans dermate laag⁸, dat zij in dit onderzoek niet als aparte groepen worden beschouwd.

⁸ Een discontinuïteit is een punt waar verkeersstromen samenvoegen of splitsen. Denk bijvoorbeeld aan opritten en afritten. Discontinuïteiten hebben invloed op de doorstroming en zijn bepalend voor capaciteit.

⁹ Vermijs, R.G.M.M., Capaciteitswaarden symmetrische weefvakken, TU Delft, 1997.



Beperkt zicht vanuit een vrachtwagen

2.5 Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen

Het handboek *Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen* (CIA) is uitgegeven door de Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat. De nieuwste versie van het handboek is versie 3 van april 2011. Het doel is het delen en verspreiden van kennis over het fenomeen capaciteit en het bieden van een praktisch document om de kennis toepasbaar te maken. Het CIA biedt daarmee inzicht in de materie en bood inspiratie in manieren om doorstroming te meten en te vergelijken. Het CIA heeft daarmee op een hele brede manier bijgedragen aan dit onderzoek.

Ook was het CIA een aanvulling op de aanleiding van het onderzoek. In deze richtlijn staat aangegeven wat de te verwachten capaciteit is van verschillende discontinuïteiten (knelpuntvormen), naar aantal rijstroken, in motorvoertuigen per uur. Deze capaciteiten zijn bepaald door meetlusgegevens van praktijklocaties te analyseren. Met de resultaten hiervan is de richtlijn van capaciteitswaarden opgesteld.

Volgens het CIA zou een tweestrooksrijbaan met een enkelstrooks invoeging dezelfde capaciteit hebben als een driestrooksrijbaan met een afvallende rijstrook. Maar dit staat niet expliciet benoemd. In beide situaties moet verkeer dat afkomstig is van drie rijstroken, verder op twee rijstroken. In de CIA is geen aandacht besteed aan het verschil tussen het *linkszijdig* en *rechtszijdig* samenvoegen.

Gegevens uit de onderliggende onderzoeken die voor het CIA zijn uitgevoerd, bevatten werkelijke capaciteiten van specifieke locaties. Gegevens hiervan zijn gebruikt in dit onderzoek. Tevens boden de onderzoeken voor het CIA een startpunt van oriëntatie; Wat voor samenvoegpunten komen voor in Nederland?

Helaas zijn de gemaakte keuzes in de onderzoeken voor CIA niet overal even helder beschreven. Zo zijn sommige capaciteitwaarden niet terug te vinden in de bijbehorende onderzoeksresultaten. Hier zijn misschien afrondingen of betrouwbaarheidsmarges toegepast? Soms lijkt het alsof er compleet verkeerde gegevens overgenomen zijn.

Ook lijkt het CIA inconsequent in de keuzes bij de gekozen onderzoekslocaties. Dit doet enigszins afbreuk aan de harmonie van de opgestelde richtlijn.

3 Verkeersproces in detail

In dit hoofdstuk wordt een apart deel literatuur toegelicht, het betreft het begrip *Doorstroming*. Dit wordt gedaan vanwege het belang en complexiteit van het fenomeen *Doorstroming*. In detail staat hier toegelicht wat er speelt tussen individuele bestuurders, die samen een verkeersstroom vormen. Dit is het Verkeersproces in Detail. Deze kennis is van belang om de onderzoekswijze te begrijpen, en om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden.

De informatie komt van R. Vermijs (verkeersspecialist, Rijkswaterstaat), die in de ochtend van 6 april 2011 een presentatie verkeersstroomtheorie heeft gehouden. Een deel van de informatie komt oorspronkelijk uit *Simulation des Straßenverkehrsflusses* van R. Wiedemann (1974).

3.1 Interactie tussen bestuurders

Twee voertuigen die op dezelfde weg rijden hebben beide een individuele snelheid. Wanneer deze snelheden verschillen kan dit gevolgen hebben. Degene die achter een langzamere voorganger rijdt wordt daardoor "gehinderd". Daaruit volgen twee keuzes; wenssnelheid aanpassen en volgen of wenssnelheid behouden en inhalen. Naast een wenssnelheid heeft een bestuurder een (wens)volgafstand. Op welke afstand zijn andere weggebruikers aanwezig? Hoe veel afstand vindt een bestuurder acceptabel? Wanneer wil een bestuurder inhalen? Daarnaast hebben bestuurders een routekeuze. Ook dit heeft invloed op de keuze van de rijstrook en strookwisselgedrag. Deze processen zijn de basisprincipes van interactie tussen bestuurders. Rijgedrag bestaat uit verschillende individuele keuzes. Het is belangrijk te beseffen dat rijgedrag een gevolg is van een opeenstapeling van losse beslissingen. Een andere factor is de voertuigprestatie. Een voertuig kan een bepaald prestatie leveren, denk aan bijvoorbeeld: (top)snelheid, acceleratievermogen en remvermogen.

3.2 Waarneming in het verkeer

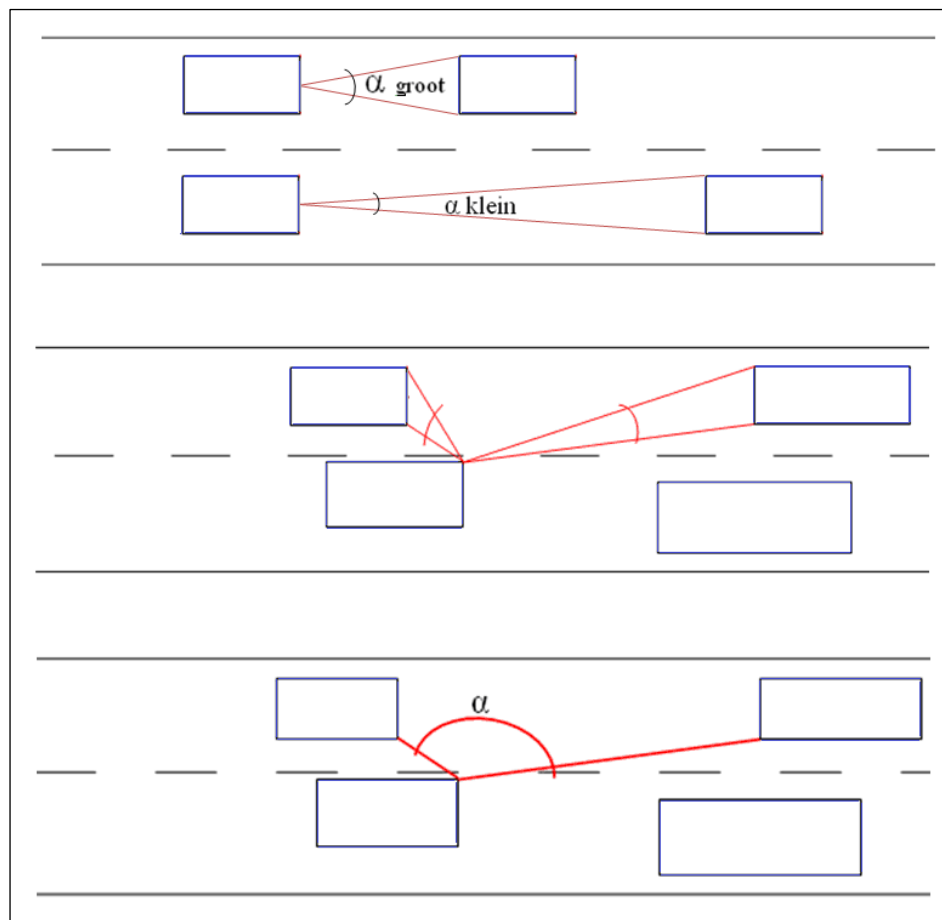
Afstand en snelheid worden waargenomen door middel van zicht. Het oog en de hersenen maken gebruik van de zichthoeken waarin objecten zich bevinden. Voertuigen op relatief grote afstand "lijken" klein. Wanneer het voertuig dichterbij komt verandert de hoek, de auto lijkt "groter" te worden. Dit staat afgebeeld in de bovenste schets in figuur 2. Aan de hand van deze hoekverdraaiing neemt een weggebruiker afstanden en snelheden waar.

Voertuigen die verder weg zijn worden onder een kleine hoek waargenomen, waardoor hoekverdraaiing moeilijk waar te nemen is. Snelheid, of verandering in snelheid, is moeilijk te bepalen. Wanneer het voertuig dichtbij komt wordt de hoekverdraaiing groter, waardoor zijn afstand en snelheid beter in te schatten is. Wanneer een bestuurder zijn voorganger wil inhalen maakt hij gebruik van zichthoeken en de daarbij horende hoekverdraaiingen. Dit staat weergegeven in de schetsen in figuur 2.

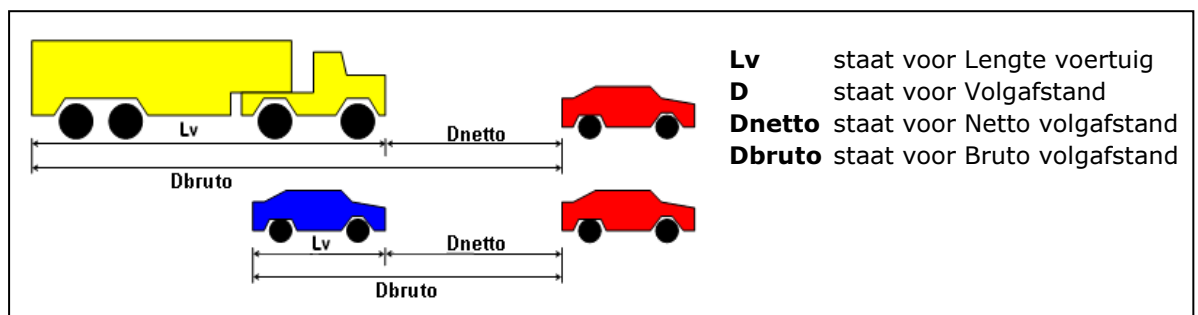
Ook berust het waarnemen van beweging op de snelheid van de bewegende stimulus (een ander voertuig) en zijn omgeving.

3.3 Volgafstand

De fysieke onderlinge afstand die weggebruikers aanhouden heet volgafstand. In figuur 3 staat volgafstand uitgebeeld. Er is sprake van een bruto en netto volgafstand. De netto volgafstand is de afstand tussen twee voertuigen. De bruto volgafstand is de netto volgafstand plus de eigen voertuiglengte.



Figuur 2 Waarneming door middel van zichthoeken



Figuur 3 Voertuigvolgafstand

3.4 Doorstroming

Intensiteit is een combinatie van hoofdzakelijk twee verkeersaspecten; de rijsnelheid en de voertuigvolgafstanden. Doorstroming wordt niet bepaald door de individuele weggebruiker maar door de gehele stroom van voertuigen". Voertuigen kunnen dicht op elkaar rijden, of relatief veel afstand houden. Ook is er vaak sprake van snelheidsverschillen. Dit betekent dat een verkeersstroom kan uitrekken en kan samendrukken. Het is belangrijk te beseffen dat bij lage snelheden met korte volgafstanden dezelfde intensiteit bestaat als bij hogere snelheden met langere volgafstanden. Dit is van belang bij het meten van verkeer.

Van een bepaalde mate van samendrukking in een verkeersstroom is altijd sprake. Een verkeersstroom "stroomt" nooit gelijkmatig. Dit komt door verschillen in (wens)snelheden, (wens)volgafstanden, en inhaalmanoeuvres. Voertuigen rijden nooit gelijkmatig verdeeld maar altijd 'in groepjes'. Dit heet clustering. Denk aan een wielervedstrijd met een peloton en een kopgroep.

3.5 Strookwisselen

Bij het bepalen of een strookwisseling uitvoerbaar is, moet een bestuurder de beschikbare ruimte op de naastgelegen strook inschatten. Het is voor het menselijk brein lastig om zich in te leven in de toekomstige situatie op de naastgelegen strook. Onderlinge afstanden kunnen niet van opzij waargenomen worden maar enkel in de lengte richting. De zichthoeken in de middelste schets in figuur 2 leveren dus een verkeerde waarneming op. Een reden is dat de zichthoek van opzij groter is. De zichthoek waaronder bestuurders het verkeer op de naastgelegen rijstrook waarnemen is groot, daarom lijken onderlinge afstanden van opzij ook groter. Dit is de onderste schets in figuur 2. Na de strookwisseling blijkt de afstand kleiner omdat men zich in de verkeersstroom bevindt en de zichthoek anders (beter) is. In de praktijk houden bestuurders in feite enkel rekening met de netto volgafstanden op de andere rijstrook, en niet met de bruto volgafstand die men zelf zou willen aanhouden na de strookwisseling.

Hierdoor komen weggebruikers na het strookwisselen vaak (te) dicht op elkaar te rijden. De verkeersstroom drukt samen en de dichtheid wordt hoger. Na een strookwisseling moeten bestuurders daarom hun snelheid en volgafstand aanpassen. Hierdoor ontstaat er, stroomafwaarts van samenvoegpunten, turbulentie in de verkeersstroom. Dit gaat ten koste van de doorstroming.

De oorzaak is dat de zichthoeken van de toekomstige volgafstand en rijsnelheid nog niet beschikbaar zijn voorafgaand aan een strookwisseling.

3.6 Zo ontstaat file...

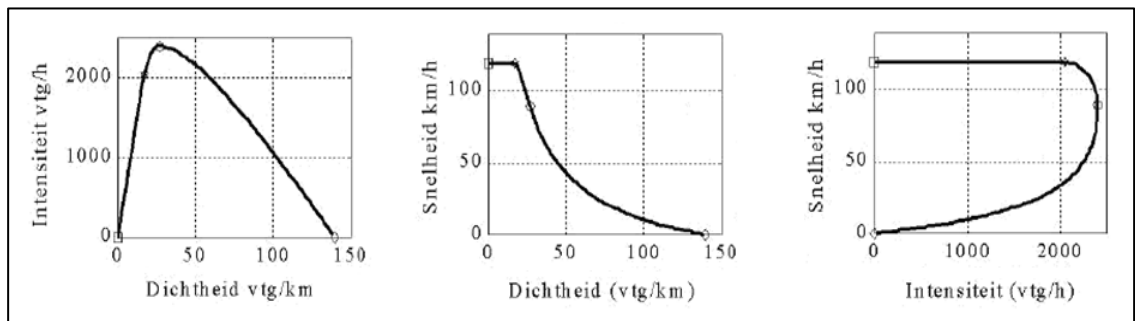
Bij samenvoegpunten moet verkeer dat van verschillende rijstroken afkomstig is, gezamenlijk verder in één verkeersstroom. Daardoor ontstaat er plaatselijk meer verkeersdruk. De ruimtes worden kleiner en weggebruikers moeten minder volgafstand accepteren. De verkeersstroom drukt dan samen. Omdat weggebruikers dichter op elkaar rijden zijn er lagere snelheden gewenst.

Er is een sterk verband tussen volgafstand en snelheid. Dit heeft alles met verkeersveiligheid(sgevoel) te maken. Wanneer bestuurders relatief hard rijden kost remmen meer tijd en ruimte dan wanneer ze langzaam rijden. De kans op een ongeluk is groter en dus zijn grotere volgafstanden nodig. Wanneer bestuurders langzamer rijden kost remmen minder tijd en afstand en kunnen kleinere tussenruimten aangehouden worden. Door plaatselijke verkeersdruk bij samenvoegpunten ontstaan dus kleine volgafstanden en daardoor zal er langzaam gereden worden. Dit proces is de oorzaak van vertragingen en files.

Daarbij betekent het dat als er korte volgafstanden zijn, dat er weinig ruimte is voor strookwisselingen. De beschikbare hiaten zijn klein. Hierdoor is het moeilijker om ruimte te vinden om te ritsen/in te voegen, bij lage snelheden. Bij samenvoegpunten heeft het verband *dichtheid-volgafstand-snelheid* daarom een versterkend effect op het ontstaan en aanhouden van een file. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een invoeging op de autosnelweg. Snelheden waarbij in de praktijk over het algemeen de capaciteit van een autosnelweg bereikt wordt, is zo'n 80-90 km/h.

3.7 Verbanden en definities

Uit de praktijk is gebleken dat er verbanden bestaan tussen snelheid, dichtheid en intensiteit. Deze zijn door o.a. De Romph¹⁰ gegeneraliseerd tot basisdiagrammen en staan weergegeven in figuur 4. Het is belangrijk om te beseffen dat deze verbanden dezelfde informatie bevatten. Uit het ene diagram kunnen de andere twee diagrammen worden afgeleid.



Figuur 4 Basisdiagrammen
Intensiteit - Dichtheid (links)
Snelheid - Dichtheid (midden)
Snelheid - Intensiteit (rechts)

Intensiteit Q = Hoeveelheid verkeer dat in een periode passeert (bv. pae of mvt/h)

Capaciteit C = Maximale intensiteit

Dichtheid K = Hoeveelheid voertuigen dat op een weggedeelte aanwezig is (bijvoorbeeld mvt/km)

U = Gemiddelde snelheid (km/h)

d = Voertuigvolgafstand (fysieke ruimte tussen voertuigen)

$\bar{d}$ = Gemiddelde voertuigvolgafstand

Opvolgtijd $\bar{T}$ = De tijd die het kost om de volgafstand af te leggen, en dus: de tijd tussen twee voertuigen die overblijft tot een botsing plaats zou vinden

$Q = K \cdot U$ Intensiteit is afhankelijk van dichtheid en snelheid

$K = (1 / \bar{d})$ Dichtheid en gemiddelde (bruto)volgafstand zijn omgekeerd evenredig

$d = (1 / K)$ Hoe minder volgafstand, hoe meer voertuigen op een wegvak

$Q = (1 / \bar{d}) \cdot U$ Intensiteit is het gevolg van: hoe snel rijdt het verkeer en welke gemiddelde volgafstand wordt aangehouden

$\bar{T} = (1 / Q)$ Gemiddelde opvolgtijd en intensiteit zijn omgekeerd evenredig; Hoe korter de opvolgtijd, hoe hoger de intensiteit

¹⁰ De Romph, E. (1994) A dynamic traffic assignment model. Dissertatie, TUD.

3.8 Doorstroming bij *links- en rechtszijdig* samenvoegen

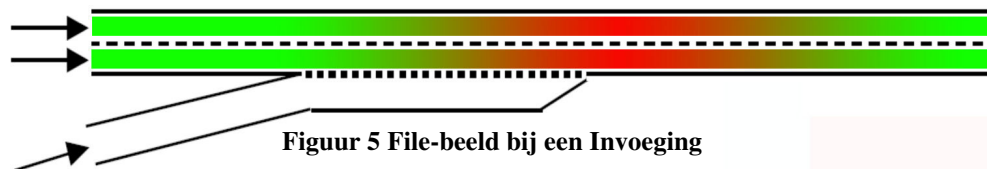
Bij ritsen moeten bestuurders een aantal rijtaken uitvoeren:

1. Snelheid aanpassen aan het verkeer op de naastgelegen rijstrook
2. Anticiperen op het verkeer op de naastgelegen rijstrook/zoeken naar een geschikt hiaat
3. De rijstrookwisseling uitvoeren
4. Het aanpassen van volgafstand en (opnieuw) rijnsnelheid

In de praktijk is het van twee situaties, waarbij links- en rechtszijdig samenvoegen voorkomt, bekend hoe het 'file-beeld' eruit ziet. Dit zijn een linker afvallende rijstrook en een invoeging. Het verkeersproces van deze situaties is in uitgebreider detail bekend omdat ze veelvuldig voorkomen op het Nederlandse autosnelwegennet.

Bij een invoeging op de autosnelweg komt er over een relatief korte afstand extra verkeer op de hoofdrijbaan, vanaf de toerit. Hierdoor wordt de dichtheid hoger en wordt de verkeersstroom samengedrukt. Met dalende snelheden als gevolg. Daarop volgend passen bestuurders na het samenvoegen/na het ritsen hun snelheid en volgafstanden aan. Stroomafwaarts van het knelpunt ontstaat turbulentie. Voertuigen die achteraan aansluiten komen stil te staan. Voertuigen die "vooraan staan", kunnen vrij weggrijden. Hierdoor verschuift de file nadat deze ontstaan is in stroomopwaartse richting. Dit is een filegolf. In figuur 5 is de snelheidssituatie gevisualiseerd bij het ontstaan van een file.

Bij een afvallende linker rijbaan (afstreping) komt, in tegenstelling tot bij een invoeging, alle verkeer van dezelfde rijbaan. Turbulentie in de verkeersstroom ontstaat stroomopwaarts van het knelpunt, omdat bestuurders hier de eindigende rijstrook (moeten) verlaten. Hierbij geldt ook dat bestuurders na het strookwisselen hun rijnsnelheden en volgafstanden corrigeren. Maar deze samendrukking van de verkeersstroom vindt nooit ver stroomafwaarts plaats, altijd ter hoogte van de strookvermindering. Het verkeer wat van strook wisselt "hindert" het overige verkeer. Hierdoor staat de file als een blokkade in het knelpunt. Van een filegolf is niet of nauwelijks sprake. Dit is weergegeven in figuur 6.



Verdeling van verkeer over rijstroken

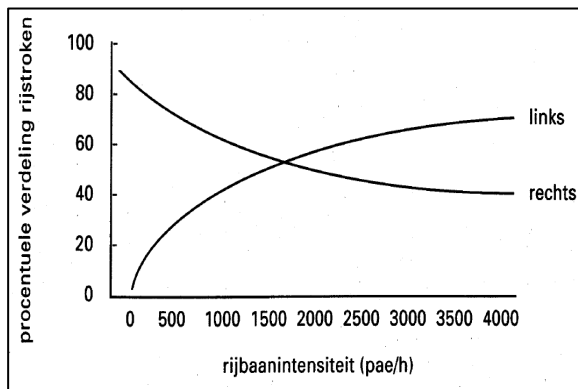
Bij deze twee situaties, figuur 5 en 6, is het bekend hoe het verkeer zich verdeelt over de rijstroken. Dit staat beschreven in o.a. de ROA¹¹, te zien in figuur 7 en 8. Er is op een rijbaan sprake van een 'natuurlijk verdeling' over rijstroken. Naarmate de verkeersdrukke toeneemt, ontstaat op de meest linkerrijstrook de hoogste intensiteit. Dat komt omdat veel weggebruikers dan willen inhalen, en omdat hier zich het meest snelrijdende verkeer bevindt.

Bij het vraagstuk links- of rechtszijdig ritsen, is dit een opvallende eigenschap om rekening mee te houden.

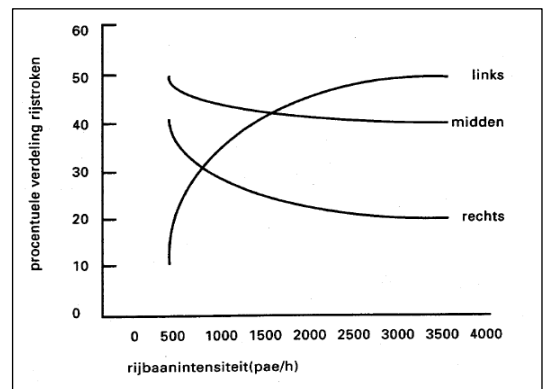
Beide situaties zijn wat verschillend. In de driestrookssituatie met afvallende (linker) rijstrook moet, bij hoge intensiteit, het verkeer vanaf de drukste rijstrook invoegen in de op-één-na drukste rijstrook (de middelste rijstrook).

In de tweestrookssituatie met toerit voegt het toeritverkeer in op de minst drukke rijstrook (de rechter rijstrook van de hoofdrijbaan).

Uit de inventarisatie met het NRM in bijlage 1, is te zien dat het toeritverkeer vaak ook een lichte stroom is.



Figuur 7 Verdeling over rijstroken bij tweestrooksrijbaan



Figuur 8 Verdeling over rijstroken bij driestrooksrijbaan

¹¹ Rijkswaterstaat AVV (1993) Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen

4 Werkwijze

4.1 Algemeen

De verschillen tussen linkszijdig en rechtszijdig samenvoegen zijn onderzocht door een vergelijking. Een situatie waarbij het samenvoegen vanaf de rechterzijde van de hoofdrijbaan plaatsvindt en een situatie waarbij het samenvoegen vanaf de linkerzijde van de hoofdrijbaan plaatsvindt. Door dit te doen met verschillende verkeerssamenstellingen is onderzocht in welke omstandigheden links of rechts ritsen voordelen biedt. Conclusies zijn getrokken door te kijken naar verschillende aspecten van de verkeersstroom; hoe deze verschillen onder invloed van de verschillende verkeerssamenstellingen. In de volgende paragrafen worden de volgende punten toegelicht:

- De te vergelijken situaties (links vs. rechts)
- De bandbreedtes; verkeerssamenstellingen
- De te meten verkeersaspecten

4.1.1

Te vergelijken situaties

Om na te gaan in welke situaties links en rechts ritsen voorkomen is gebruikt gemaakt van:

- Standaard ontwerpvormen/richtlijnen uit de ROA / NOA ¹²
- Het handboek CIA + rapportages vooronderzoek (niet gepubliceerd)
- Praktijkervaring van Rijkswaterstaat. Dit 'ter vervanging' van het nalopen van het gehele wegennetwerk van Nederland.

De volgende situaties zijn gevonden, waarbij links en rechts samenvoegen voorkomt:

- Een afgesloten strook (bijvoorbeeld bij wegwerkzaamheden/ongeval)
- Het einde van spits- en plusstroken
- Bij invoegingen
- Bij afvallende linker rijstroken (afstrepingen)
- Bij samenvoegingen
- Afstreping van voorsorteerstroken na een kruispunt



¹² De ROA en de NOA. ROA staat voor *Richtlijnen voor het Ontwerp van Autosnelwegen*. NOA staat voor de *Nieuwe Ontwerprichtlijn Autosnelwegen*. De NOA is een vernieuwde versie van de ROA, maar in de praktijk is de ROA nog van nut.

Binnen de randvoorwaarden van regelgeving, beperkte fysieke ruimte, omgevingswensen en dergelijke, zijn deze richtlijnen van nut voor wegontwerpers. In de NOA wordt tevens aandacht besteedt aan de functie van de weg.

Het blijkt dat links –en rechtszijdig samenvoegen minder duidelijk te vergelijken zijn dan gedacht. Een linker invoeging en een rechter afstreping komen bijvoorbeeld in de praktijk niet voor. De situaties bestaan ook in verschillende omstandigheden, zoals verschillende wegcategorieën. In een zuiver “gespiegelde vormgeving” lijken links en rechts ritsen niet voor te komen in de praktijk. In verdeckte vorm komen ze wel voor. De volgende verkeerssituaties komen in aanmerking voor een vergelijking:

- Het einde van spits- en plusstroken.
- Een rechter invoeging vs. een linker invoeging.
- Een rechter afstreping vs. een linker afstreping.
- Een invoeging vs. een samenvoeging i.c.m. een afstreping.
- Afstreping van voorsorteerstroken na een kruispunt.

Over deze vergelijkingen kan inhoudelijk het volgende gezegd worden:

Einde van spits- en plusstroken

Een spitsstrook is een vluchtstrook die tijdens de spitsuren functioneert als tijdelijke extra rijstrook. Deze bevindt zich dus aan de rechterzijde van de rijbaan. Buiten de spitsuren vervult deze strook de normale functie van vluchtstrook.

Een plusstrook is een extra rijstrook tijdens spitsuren, aan de linkerzijde van de rijbaan. Deze kan gecreëerd worden door de overige rijstroken en/of de vluchtstrook te versmallen. In deze twee situaties komt samenvoegen/ritsen in de praktijk dus zowel van de links als van rechts voor.

Een praktisch probleem is meetbaarheid, bij spits –en plusstroken is zelden sprake van file. Hierdoor kan moeilijk capaciteit gemeten worden om ze te vergelijken.

Een rechter invoeging vs. een linker invoeging

In Nederland wordt terughoudend gedacht over linker invoegingen. Dit komt omdat de linkerrijbaan het snelst rijdende verkeer bevat. Hierdoor is er sprake van (te) groot snelheidsverschil tussen het invoegende verkeer en verkeer op de hoofdrijbaan. Voor traag en log vrachtverkeer is het verschil nog groter.

Een groot voordeel van een linker invoeging kan zijn dat er in bepaalde situaties geen fly-over gecreëerd hoeft te worden, wat ruimte en geld bespaart.

In Amerika kent men het *Keep-your-Lane* principe, waarbij bestuurders de rijstrook aanhouden waarop men de autosnelweg heeft betreden. De verdeling van verkeer over rijstroken is dan, ondanks minder geordend, veel gunstiger voor een linker invoeging.

Een rechter afstreping vs. een linker afstreping

Een rechter afstreping wordt in de regel niet gecreëerd omdat het logge vrachtverkeer hierbij van strook moet wisselen. Zie ook §2.4 *Invloed vrachtverkeer*.

Een invoeging vs. een samenvoeging i.c.m. een afstreping

Een invoeging en een afvallende rijstrook (figuren 9 en 10, volgende pagina) komen in de praktijk veel voor. In beide situaties moet het verkeer verder op een minder aantal rijstroken. Bij een invoeging bevindt deze strookvermindering zich aan de rechterzijde van de hoofdrijbaan, bij een afstreping aan de linkerzijde. Een (rechter) invoeging kan “vervangen” worden met een (linker) afstreping door twee rijbanen eerst te laten samenvoegen en hierna links af te strepen.

Strookvermindering na een Kruispunt

Bij VRI's zijn vaak voorsorteerstroken gecreëerd om verkeer goed te kunnen afwikkelen. Na het kruispunt vindt meestal weer strookvermindering plaats omdat de intensiteiten dat toelaten. Deze strookvermindering kan in theorie aan beide zijden van de rijbaan plaatsvinden, maar in de praktijk gebeurt dit altijd links. De keuze van zijde van afstrepen wordt beïnvloed door het aandeel vrachtverkeer. Veel automobilisten willen het langzamere vrachtverkeer via de linker rijstrook inhalen. Wanneer de linker rijstrook afvalt, hebben automobilisten hier maar een beperkte ruimte en tijd voor. Dit veroorzaakt turbulentie.

Bij een rechter afstreping heeft het verkeer minder moeite met inhalen omdat de linkerrijstrook blijft bestaan. Het logge vrachtverkeer moet weliswaar strookwisselen. Maar omdat vrachtverkeer langzaam optrekt op de rechterrijstrook, hoeft het overige verkeer veel minder inhaalmanoeuvres te maken. Wellicht is het meeste personenverkeer de afstreping al voorbij, wanneer het vrachtverkeer gaat strookwisselen. Dit zou een betere verkeersafwikkeling kunnen opleveren.

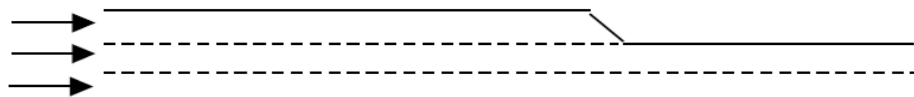
Bij een linker afstreping ontstaat er loze ruimte bij de middenberm. De weg buigt van de as af bij een linker afstreping. Het wegverloop moet een bocht bevatten om dit te corrigeren. Bij een rechter afvallende strook is dit niet het geval.

Keuze

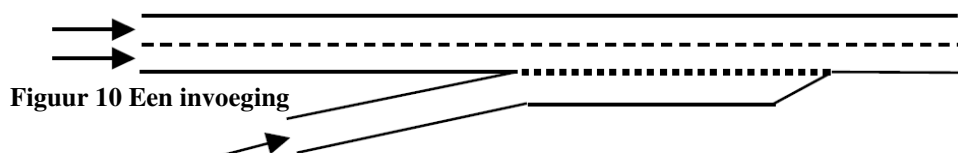
De keuze tussen *links* en *rechts* is denkbaar, maar komt in de praktijk niet vaak aan de orde. Dit is een beperkend, want de onderzoeksmethode is hierdoor lastig te relateren aan de praktijk. Er is daarom gekozen voor situaties die wel voorkomen in de praktijk, zodat er gerelateerd kan worden aan meetgegevens/onderzoekslocaties. Gekozen is voor een driestrooksrijbaan met een linker afvallende rijstrook en een tweestrooksrijbaan met een éénstrooks invoeging. Hiervoor gelden de volgende redenen:

- Dit zijn vormen die in de praktijk voorkomen, waardoor het onderzoek aan praktijkgegevens gerelateerd kan worden.
- Het is een snelwegsituatie en past daarmee binnen Rijkswaterstaat.
- Het zijn permanente verkeerssituaties en passen daarbij binnen de uitgangspunten van de onderzoeksopzet.
- Het zijn situaties waarbij sprake is van filevorming, zodat de situaties meetbaar zijn (en daardoor te vergelijken zijn).

In figuur 9 en 10 staan de situaties weergegeven. In beide gevallen gaan drie rijstroken over in twee stroken, maar samenvoegen vindt plaats aan verschillende zijden van de hoofdrijbaan. Het zijn verschillende verkeerssituaties maar door het analyseren van "losse verkeersaspecten" in verschillende zones, zijn de verschillen als gevolg van het samenvoegen van verschillende kanten zoveel mogelijk onderzocht. Daarom kunnen de conclusies van de deze vergelijking van nut zijn.



Figuur 9 Een linker afvallende rijstrook



Figuur 10 Een invoeging

4.1.2

Verkeerssamenstellingen van het onderzoek

De verkeerssamenstellingen zijn de bandbreedtes van het onderzoek. Aan de hand van deze bandbreedtes wordt grotendeels bepaald wanneer *links of rechts* ritsen een betere doorstroming biedt. Voor een invoeging gelden meer verkeerssamenstellingen dan voor een afstreping. Bij een invoeging zijn er in totaal 12 verkeerssamenstellingen en deze staan weergegeven in tabel 11. Bij een afstreping gelden 4 verkeerssamenstellingen en deze staan in tabel 12. Alle verkeerssamenstellingen zijn samen genummerd, tot en met 16.

Bij beide ontwerpvormen is er sprake van een verdeling over de rijstroken, alleen komt er bij een invoeging een grotere variatie voor. Zoals in §3.8 op pagina 25 staat beschreven, ontstaat er op een rijbaan een enigszins 'natuurlijke verdeling' van het verkeer over de rijstroken. Dit zorgt voor weinig variatie. Waar sprake is van een invoeging komt er in de praktijk een grotere spreiding voor omdat het verkeer zich niet 'natuurlijk kan verdelen' over de rijstroken. Het verkeer is nou eenmaal afkomstig van "verschillende bronnen" (gescheiden rijbanen). De verhouding hoofdrijbaan-toerit heeft veel invloed op de verdeling van verkeer over rijstroken bij het daadwerkelijke samenvoegpunt.

Vanwege de mogelijke verhouding hoofdrijbaan-toerit gelden er bij een invoeging meer combinaties dan bij een afstreping.

Tabel 11 verkeerssamenstellingen bij een invoeging			
Verkeersamenstelling #	Aandeel vrachtverkeer	Intensiteitenverhouding toerit/hoofdrijbaan	
1	10%	10-90	} 12 combinaties
2		20-80	
3		30-70	
4	15%	10-90	
5		20-80	
6		30-70	
7	20%	10-90	
8		20-80	
9		30-70	
10	25%	10-90	
11		20-80	
12		30-70	

Tabel 12 verkeerssamenstellingen bij een afstreping		
Verkeersamenstelling #	Aandeel vrachtverkeer	
13	10%	} 4 combinaties
14	15%	
15	20%	
16	25%	

Voor een toerit is in alle gevallen een vast aandeel vrachtverkeer van 5% aangehouden. Het overige variërende aandeel vrachtverkeer is afkomstig van de hoofdrijbaan. Hierbij wordt ervoor gezorgd dat het totale aandeel vrachtverkeer op het uitgaande weggedeelte in de te vergelijken situaties gelijk is. Dit is nodig voor een eerlijke vergelijking. Meer toelichting hiervan staat in §1.3 in bijlage 1. Deze bandbreedtes van verkeerssamenstellingen zijn bepaald aan de hand van een steekproef uit de praktijk, deze is opgenomen in bijlage 1.

4.1.3 *Te onderzoeken verkeersaspecten*

Om te bepalen wanneer *links of rechts* meer voordeel biedt zijn verschillende verkeersaspecten geanalyseerd. Het betreft de volgende aspecten:

- Vrije – en afrijcapaciteit
- Snelheid van het verkeer
- Dichtheid van het verkeer
- Voertuig-volgafstanden
- Voertuig-opvolgtijden

- Totaal aantal ongevallen
- Ernst afloop ongevallen
- Ongeval-omstandigheden tijd / lichtgesteldheid
- Invloed van het aandeel vrachtverkeer
 - Aantal ongevallen
 - Ernst afloop ongevallen
 - Conflictmanoeuvres

De bovenste vijf aspecten zijn gekozen als maten voor de doorstroming en turbulentie in een verkeerstroom. De keuze voor deze aspecten is gebaseerd op de verkeersstroomtheorie die staat toegelicht in hoofdstuk 3.

De onderste vier aspecten gaan over verkeersveiligheid. Onze veiligheid is altijd een belangrijke voorwaarde, ook in het verkeer. Verkeersveiligheid zegt indirect ook wat over de mate van doorstroming. Aan een ongeval is veel turbulentie vooraf gegaan en daarbij wordt de doorstroming op een rijstrook gereduceerd tot nul.

Manoeuvres en toedrachten zeggen wat over hoe goed weggebruikers in het algemeen strookwisselen, naar links en rechts.

4.1.4 *Model en onderzoekslocaties*

Het onderzoek is uitgevoerd met twee middelen; een simulatiemodel en een verkeersveiligheidsanalyse aan de hand van onderzoekszones. Voor deze twee is om de volgende redenen gekozen:

Om de variatie van verkeerssamenstellingen te vergelijken, is gekozen om van een simulatiemodel gebruik te maken. Hierdoor hoeft er niet gezocht te worden naar de bandbreedtes van verkeerssamenstellingen in praktijkgegevens.

De bovenste vijf genoemde verkeersaspecten uit §4.1.3 zijn met een simulatiemodel onderzocht.

Er is voor het gebruik van onderzoekslocaties is gekozen omdat verkeersveiligheidsgegevens het best beschikbaar zijn uit de praktijk. De onderste vier aspecten uit §4.1.3 zijn aan de hand van een ongevallenanalyse onderzocht.

Deze onderzoeklocaties zijn geselecteerd uit de onderzoeksrapporten voor het CIA (niet gepubliceerd). Hierdoor zijn er capaciteitsgegevens van de onderzoekslocaties bekend. Deze zijn gebruikt om de modeluitkomsten met de werkelijkheid te controleren.

4.1.5

Verkeersaspecten naar fysieke locatie (onderzoekzones)

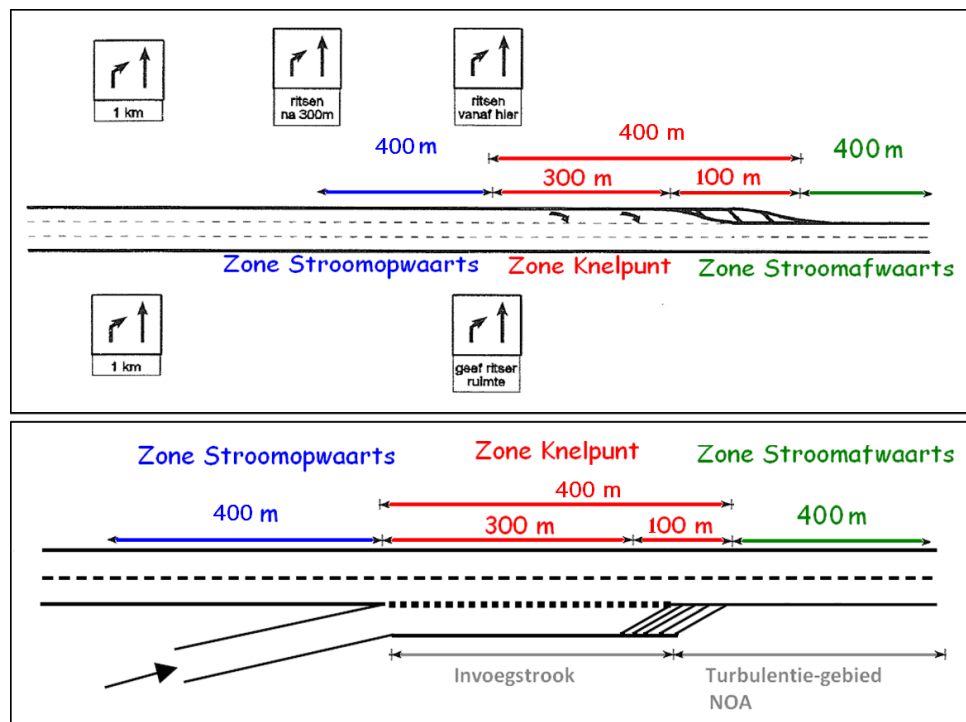
Fysieke gebieden zijn interessant omdat ze aangeven waar en in welke mate verschillen in de verkeersstromen ontstaan. Hiermee kan duidelijk worden waar zich fysiek gezien het risico bevindt tot het ontstaan van congestie en hoe hoog dit risico is. Hetzelfde geldt voor ongevallen.

Wanneer er meerdere discontinuïteiten na elkaar gelegen zijn, bijvoorbeeld bij een knooppunt, is het zinvol om kennis te hebben van de mate van turbulentie stroomop- en afwaarts.

Er zijn drie zones gedefinieerd. Eén zone stroomopwaarts, één zone ter hoogte van het knelpunt en één zone stroomafwaarts. Deze staan weergegeven in figuur 13 (niet op schaal).

Per zone zijn de volgende verkeersaspecten vergeleken:

- Rijsnelheid
 - Dichtheid
 - Voertuig-volgaftanden
 - Voertuig-opvolgtijden
 - Aantal ongevallen
 - Conflictmanoeuvres
 - Ernst afloop ongevallen
- } inclusief invloed van vrachtverkeer



Figuur 13 Onderzoekszones

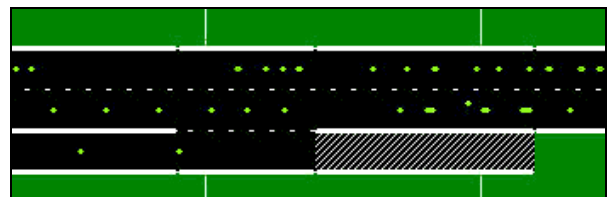
Voor het bepalen van de lengtes van de zones is gekeken naar:

- Het gelijk houden van alle zonelengtes ten behoeve van vergelijking
- De bebording bij een afstreeping ("ritsen vanaf hier")
- De lengte van de invoegstrook bij een invoeging
- De turbulentieafstanden uit de NOA

Het is belangrijk te beseffen dat de zones niet één-op-één vergeleken kunnen worden. Als de situaties worden vergeleken op de mate waarin congestie ontstaat, is het van belang dat zones geselecteerd worden waar daadwerkelijk de congestie ontstaat. Dit zijn niet bij beide situaties dezelfde zones. Door een verschillend verkeersproces ontstaat turbulentie en congestie in verschillende zones. Dit staat beschreven in §3.8.

4.1.6 Toelichting simulatiemodel

Het gebruikte model heet Fosim. Het is een microscopisch simulatiemodel in de vorm van software. Het model bootst het gedrag van individuele bestuurders na, om op die manier een verkeersstroom weer te geven. In Bijlage 3 is een beschrijving opgenomen van het model.



Het is van belang dat het model de werkelijkheid goed weergeeft. Het model is gekalibreerd. Dit is gedaan door de onderzoekslocaties individueel te simuleren aan de hand van empirische verkeersgegevens. Hiervoor zijn capaciteitswaarden gebruikt uit de onderzoeksrapporten voor het CIA (niet gepubliceerd). Deze werkelijke CIA-capaciteiten zijn bepaald voor de gehele periode van juli 2005 tot en met juni 2007. Met deze "werkelijke" capaciteiten is duidelijk geworden in welke mate het model afwijkt van de werkelijkheid, en met welke instellingen het model de ontwerpvormen het best nabootst. Dit staat beschreven in bijlage 4.

4.1.7 Toelichting onderzoekslocaties

Van beide situaties, een invoeging en afstreping, zijn drie locaties geselecteerd als onderzoekslocaties. Het zijn er zes in totaal (tabel 14).

Tabel 14 Onderzoekslocaties

<i>Driemaal afvallende linker rijstrook</i>	<i>Driemaal invoeging</i>
○ Afstreping A1 bij Lochem ○ Afstreping A27 bij Lexmond ○ Afstreping A58 bij Goirle	○ Toerit A50, knooppunt Valburg ○ Toerit A12 bij Duiven ○ Toerit A1, knooppunt Beekbergen

Deze locaties zijn afkomstig uit de onderzoeksrapporten voor het CIA, hierdoor zijn er capaciteitsgegevens beschikbaar. Een ander criteria is vormgeving conform de ROA/NOA. In bijlage 2 zijn uitgebreide beschrijvingen van de locaties opgenomen.

Locatiebezoek

Om een beeld te krijgen van de ontwerpvormen in de praktijk, zijn enkele onderzoekslocaties bezocht op donderdagmiddag 16 juni. Per auto zijn vier van de zes onderzoekslocaties bezocht. De afvallende linkerrijstroken in Goirle en Lexmond zijn niet bezocht omdat deze ver uit de richting liggen. Voor de overige vier locaties is een ronde door Oost-Nederland gereden. Waar het mogelijk was is langs de kant geparkeerd en zijn er aantekeningen en enkele foto's gemaakt.

4.2 Werkwijze Doorstromings-analyse

De twee situaties zijn vergeleken op basis van de volgende verkeersaspecten:

- | | | |
|---|---|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Vrije capaciteit • Afrijcapaciteit | } | per verkeerssamenstelling |
| <ul style="list-style-type: none"> • Snelheid van het verkeer • Dichtheid van het verkeer • Voertuig-volgfstanden • Voertuig-opvolgtijden | } | per onderzoekszones |

4.2.1 Meetgegevens onderzoekslocaties

Het model is gekalibreerd aan de hand van empirische verkeersgegevens. Omdat hierdoor werkelijke vrije- en afrijcapaciteiten achterhaald waren, is met "echte" capaciteiten een eerste vergelijking gemaakt.

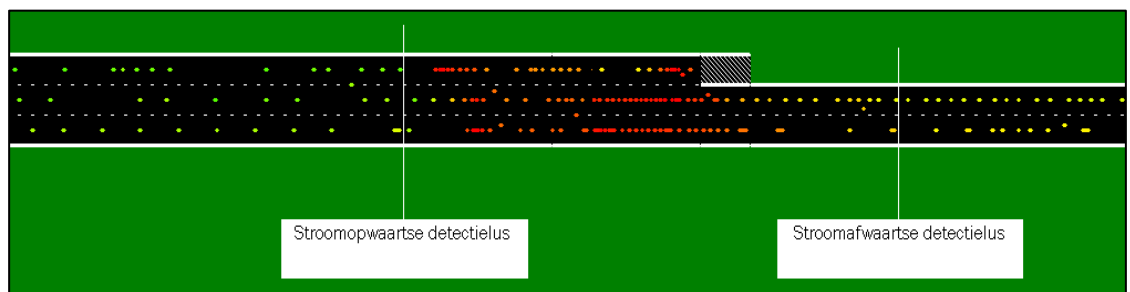
4.2.2 Meting van capaciteiten

Beide ontwerpvormen zijn met Fosim getest op de vrije -en de afrijcapaciteit. Dit is gedaan door de intensiteiten te meten met detectielussen. Met een lus wordt stroomafwaarts van het knelpunt constant de intensiteit gemeten. Door middel van een geleidelijk oplopend intensiteitenverloop wordt duidelijk welke ontwerpvorm hogere intensiteiten kan verwerken. De vrije capaciteit is de maximale hoeveelheid verkeer dat door het knelpunt kan, zonder dat er sprake is van file. De vrije capaciteit bestaat maar een korte periode, maar het geeft een grens aan van de intensiteit.

Met een stroomopwaartse detectielus controleert Fosim wanneer er sprake is van file. Hiervoor geldt een snelheidscriterium. De hoogst waargenomen intensiteit tot het moment waarop file ontstaat geldt als de vrije capaciteit. Wanneer er sprake is van file wordt de afrijcapaciteit bepaald. De afrijcapaciteit is de maximale hoeveelheid verkeer dat door het knelpunt kan, tijdens file-situatie.

De afrijcapaciteit bestaat veel langer dan de vrije capaciteit en is daarom ook een belangrijke kwaliteit van de verkeersafwikkeling. De afrijcapaciteit wordt ook op de stroomafwaartse detectielus gemeten. In figuur 15 is een voorbeeldsituatie afgebeeld.

Deze methode van meten staat o.a. beschreven in het handboek CIA.



Figuur 15 Visualisatie meting capaciteiten in Fosim

4.2.3 *Betrouwbaarheid*

Capaciteit is geen vaste waarde. In de praktijk wordt niet elke dag, op het voertuig precies, dezelfde capaciteit bereikt. Er komt een spreiding voor. Fosim kan deze spreiding nabootsen op basis van de *startwaarde*. Bij een startwaarde hoort een vast verkeersproces. Twee simulaties met dezelfde startwaarde verlopen altijd exact gelijk. Maar bij andere startwaarden past Fosim variaties toe, waardoor de verkeersafwikkeling elke keer net iets anders verloopt. Hiermee wordt de capaciteitsspreiding uit de praktijk nagebootst. Er is per verkeerssamenstelling gesimuleerd met 100 verschillende startwaarden. De mediaan van de spreiding geldt hierbij als capaciteitschatting. Van de spreiding die ontstaat bij een verkeerssamenstelling is het 95%-betrouwbaarheidsinterval berekend. Dat betekent dat wanneer een simulatie met een willekeurige startwaarde 100 keer uitgevoerd wordt, de uitkomst 95 keer binnen het betrouwbaarheidsinterval zal vallen. De betekenis van de betrouwbaarheid is: Hoe smaller het betrouwbaarheidsinterval, hoe "stabiel" de capaciteitswaarde. Dus hoe meer zekerheid één simulatie geeft. Er is uitgegaan van 100 startwaarden per verkeerssamenstelling. Maar omdat vooraf de spreiding niet bekend is, is van te voren onbekend welke betrouwbaarheid het precies oplevert. Een mogelijkheid dat een betrouwbaarheidsinterval biedt, is het vergelijken van het interval met empirische "werkelijke" capaciteiten. Wanneer de werkelijke waarde binnen het interval valt, is er sprake van betrouwbaarheid.

Vaststellen van significante verschillen

Naast de betrouwbaarheid van capaciteitschattingen, moeten capaciteiten onderling vergeleken worden. De gevonden verschillen tussen een afstropping en een invoeging kunnen klein blijken. Wanneer is er sprake van een daadwerkelijk capaciteitsverschil? Om met een bepaalde betrouwbaarheid te kunnen stellen dat de verschillen niet op toeval berusten, is gebruik gemaakt van de *verschiltoets voor μ bij vooraf bekende varianties*.¹³

Voor de significante verschillen is gerekend met een betrouwbaarheid van 95%. Dit betekent dat bij herhaling van de proef 95 keer van de 100 keer dezelfde uitkomst gevonden wordt. (Met uitkomst wordt hier bedoeld: wel of geen significant verschil.)

4.2.4 *Meting verkeersaspecten per onderzoekszone*

Er is getracht om de oorzaken te achterhalen voor het (mogelijke) verschil tussen *links* en *rechts*. Dit is gedaan door verkeersaspecten van de verkeersstromen te vergelijken.

Per zone zijn de volgende verkeersaspecten vergeleken:

- Rijsnelheid
- Dichtheid
- Voertuig-volgafstanden
- Voertuig-opvolgtijden

Voor een eerlijke vergelijking moet er een gelijkwaardig uitgangspunt gekozen worden. Bij het vergelijken van verschillende situaties is het logisch dat de verkeersaspecten ook zullen verschillen. Voor de vergelijking zal daarom worden uitgegaan van gelijkwaardigheid in (gesimuleerde) vrije capaciteit. Er zijn situaties vergeleken waarbij er geen sprake is van geen significant verschil. Hierdoor zal de analyse uit een beperkt aantal vergelijkingen bestaan.

¹³ Buijs, A (2003) Statistiek om mee te werken, Wolters Noordhoff, Groningen

Het is belangrijk te beseffen dat als de capaciteit overeenkomt, de verkeersaspecten ook veelal overeen komen (zie hoofdstuk §3.7). Bij een zelfde intensiteit geldt bijvoorbeeld dezelfde gemiddelde opvolgtijd. Uit de gemiddelde opvolgtijd kan dan geen conclusie worden getrokken. Daarom is er onderscheid in zones gemaakt. De voertuigenstromen in geheel vertonen overeenkomsten, maar per gebiedje kunnen er verschillen zichtbaar zijn.

Waar drukt de verkeerstroom tijdelijk meer samen? Met welke snelheden rijdt men en welke volgafstand houdt men aan?

Het ligt in de verwachting dat de verschillen bij een dergelijke vergelijking klein zijn. In combinatie met de theorie uit hoofdstuk 3 kunnen wellicht verklaringen worden gevonden voor het verschil tussen links en rechts.

De situaties zonder significant verschil in vrije capaciteit zijn (opnieuw) gesimuleerd met een hoog gelijkmatig intensiteitenverloop, zonder dat er file ontstond. Er moet geen file optreden omdat er niets te meten valt aan stilstaande voertuigen en omdat Fosim niet gekalibreerd is voor file-zwaarte. De verkeersaspecten van het "kritieke verkeersaanbod" zijn op deze manier geanalyseerd.

Gegevens kunnen per zone verzameld worden door in Fosim op de juiste plekken detectielussen aan te maken.

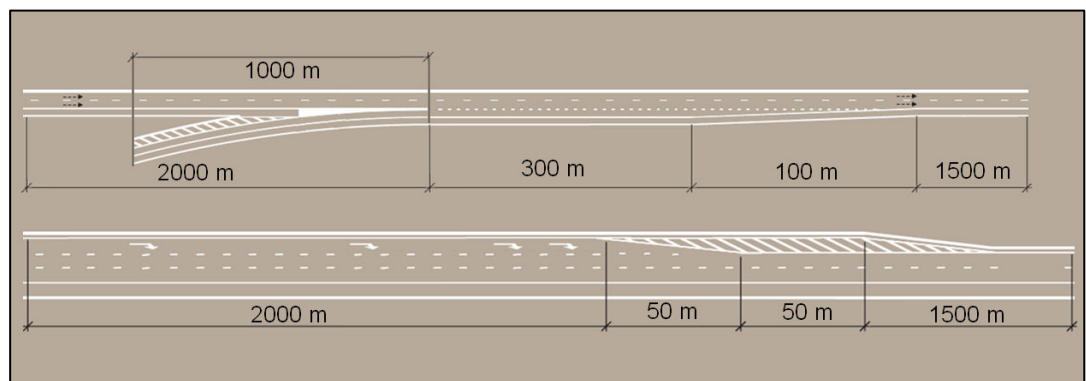
De zone-indeling staat afgebeeld in figuur 14 op pagina 31.

4.2.5

Gehanteerde afmetingen in Fosim van de situaties

De gebruikte afmetingen van de situaties in het simulatiemodel staan weergegeven in Figuur 16 (niet op schaal). De ontwerprichtlijnen uit de NOA en de afmetingen van de onderzoekslocaties, zijn hierbij aangehouden.

De weglengte van twee kilometer voorafgaand aan het knelpunt (stroomopwaarts) is nodig om clustervorming in de verkeersstroom te laten ontstaan.



Figuur 16 Schematisering van de situaties in het model

4.3 Werkwijze Verkeerveiligheids-analyse

De onderzoekslocaties zijn vergeleken op basis van de volgende verkeersaspecten:

- Totaal aantal ongevallen
 - Verschillen qua tijden/lichtgesteldheid
 - Ernst afloop ongevallen
 - Conflictmanoeuvres
- } inclusief invloed vrachtverkeer, en per onderzoekszone

Voor de toegang tot gegevens is gebruik gemaakt van het softwarepakket Veras. Veras bevat data uit het BRON (Bestand geRegistreerde Ongevallen Nederland) van de Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat. Deze database bevat gegevens van ongevallen waarvan een proces-verbaal of rapportage is opgemaakt door de politie of marechaussee.

De ongevallenregistratie op straat is niet geheel consequent. De betrouwbaarheid van een ongevallenanalyse statistisch bepalen is daardoor niet erg valide. In de vakwereld wordt er pragmatisch mee omgegaan. Voor dit onderzoek zijn gegevens over een periode van 2000 tot en met 2009 gebruikt.

Het totaal aantal ongevallen, ernst van de afloop en de bijbehorende manoeuvres, zijn geanalyseerd. Aan de hand van tijden waarop ongevallen plaatsvonden en de lichtgesteldheid is er gecontroleerd of er opvallende verschillen te zien zijn in de omstandigheden van ongevallen. Bijvoorbeeld: of ongevallen veelal binnen of veelal buiten de spits plaatsvinden, zegt wat over de verkeersveiligheidssituatie.

4.3.1 Verkeerveiligheid per onderzoekszone

Tijdens de ongevalregistratie ter plaatste wordt de locatie van een ongeval toegewezen aan het dichtstbijzijnde hectometerpaaltje. Dit zijn dus vaste punten met onderlinge afstanden van 100 meter. In Veras hebben ongevallenlocaties daarom een "onbetrouwbaarheid" van plus en min 50 meter. Maar een ongeval vindt niet plaats op één plek. Tussen de handeling van de bestuurder en stilstand van het voertuig kunnen vele meters zitten. Om dit werkbaar te maken is gebruik gemaakt van de vuistregels van turbulentieafstanden die in de NOA staan. In Veras zijn de hectometers geselecteerd die het best overeenkomen met de onderzoekszones.

4.3.2 Beperkingen



Geen ongevalgegevens Golfbreker

De Golfbreker is in de periode eind april – begin juli van 2010 aangelegd. Er zijn daarom niet voldoende gegevens beschikbaar om bij te dragen aan de ongevallenanalyse.

Geen gegevens weersgesteldheid

Voor het kenmerk 'weersgesteldheid' toonde Veras geen informatie. Alle ongevallen vonden plaats in weersgesteldheid 'Overig'. Dit wil zeggen; Veras toonde niet de gewenste gegevens tijdens de periode waarin de analyse uitgevoerd is.

4.3.3

Betrouwbaarheid

De ongevalanalyse is tot een bepaalde "diepte" uitgevoerd. Ernst van afloop is bijvoorbeeld niet per zone geanalyseerd, evenals enige toespitsing van soorten ongevallen naar tijd/lichtgesteldheid.

Op een gegeven moment worden de ongevallencijfers dusdanig laag dat bij een "diepere" analyse toeval een rol gaat spelen over de betrouwbaarheid.

Selectie jaren

Er zijn ongevalgegevens gebruikt over de jaren 2000-2009. Wat zeggen gegevens van tien jaar geleden over de situatie van nu? Er is voor deze periode gekozen om voldoende gegevens te hebben. Per locatie is het ongevallenbeeld over de jaren 2000-2009 weergegeven in Bijlage 6. Hieruit valt te concluderen dat het ongevallenbeeld redelijk constant was over de jaren. Daarbij geeft dit een indicatie dat ongevallen van tien jaar geleden in ieder geval geen overduidelijk slecht beeld geven ten opzichte van recente ongevallen.



Foto van Afstreping A1 bij Lochum (Golfbreker)

5 Doorstromings-analyse

In dit hoofdstuk worden de aspecten van doorstroming geanalyseerd. Er zijn meetgegevens uit de praktijk bekend, en met Fosim zijn de bandbreedtes van verkeerssamenstellingen onderzocht. Een afstreping en invoeging zijn vergeleken op de volgende verkeersaspecten:

- | | | |
|--|---|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Vrije capaciteit • Afrijcapaciteit | } | per verkeerssamenstelling |
| <ul style="list-style-type: none"> • Snelheid van het verkeer • Dichtheid van het verkeer • Voertuig-volgafstanden • Voertuig-opvolgtijden | } | per onderzoekszones |

Per paragraaf zijn achtereenvolgens de empirische capaciteiten van de onderzoekslocaties geanalyseerd, de gesimuleerde vrije capaciteiten en de gesimuleerde afrijcapaciteiten.

5.1 Werkelijke capaciteiten onderzoekslocaties

De werkelijke capaciteiten van de onderzoekslocaties (van CIA onderzoeken) staan weergegeven in tabel 17. Deze capaciteiten zijn bepaald door het meten van de capaciteit in de periode juli 2005 - juni 2007, met 5 minuten aggregatie. Het beeld van deze getallen geeft een indruk van de capaciteitsverschillen.

Tabel 17 Werkelijke capaciteiten (mvt/h)		
Afstreping	Vrije capaciteit	Afrijcapaciteit
Lexmond	4068	3348
Goirle	4176	3528
Golfbreker	<i>Komt niet tot stand¹⁴</i>	3300
Invoeging	Vrije capaciteit	Afrijcapaciteit
Duiven	4284	4068
Beekbergen	4506	4110
Valburg	4242	4056

Het beeld dat deze getallen geeft is dat de vrije -en afrijcapaciteit beide hoger zijn bij een invoeging. Vooral het verschil tussen de vrije -en de afrijcapaciteit valt op. Wanneer er file ontstaat bij een afstreping is er sprake van een aanzienlijke capaciteitsvermindering. Bij een invoeging is deze capaciteitsvermindering kleiner. Bij een invoeging daalt de capaciteit absoluut gezien met ongeveer 200-300 oertuigen, ongeveer 6%. Bij een afstreping is zijn dit ongeveer 600-700 voertuigen, ongeveer 8 procent.

¹⁴ Bij de golfbreker is geen sprake van vrije capaciteit. De vrije capaciteit, zoals gedefinieerd in dit onderzoek, kan niet tot stand komen vanwege fileterugslag van een stroomafwaarts samenvoegpunt. In maatgevende uren slaat file terug vanaf Bathmen tot in de golfbreker. Dit is gebleken uit meetlusgegevens. Filegolven worden gebroken in de Golfbreker, hierdoor wordt de vrije capaciteit van de Golfbreker zelf beperkt.

5.2 Gesimuleerde vrije capaciteit

Bij de invoeging is er sprake van een verdeling hoofdrijbaan-toerit, bij de afstreping niet. Hierop konden de situaties dus niet vergeleken worden. Daarom is elke verhouding hoofdrijbaan-toerit vergeleken met de (eenzijdigere) verkeerssamenstellingen van een afstreping. De vergelijkingen zijn gemaakt aan de hand van het aandeel vrachtverkeer.

Er zijn dus drie tabellen voor de drie verhoudingen hoofdrijbaan-toerit, waarbij de afstreping steeds dezelfde gegevens bevat (geen verdeling hoofdrijbaan-toerit).

De resultaten staan weergegeven in de tabellen 18, 19 en 20.

In bijlage 5 staat de bijbehorende statistische betrouwbaarheid, zie ook § 4.2.3.

De capaciteit neemt af naarmate het aandeel vrachtverkeer toeneemt en er sprake is van meer toeritverkeer. Dit is te zien doordat de staven (in de tabellen 18, 19 en 20) geleidelijk aan lager worden. Dit is ook wat men zou verwachten.

Hogere capaciteit invoeging

Voor de meeste situaties is te zien dat een invoeging een hogere capaciteit haalt. Van de 12 vergelijkingen behaalt een invoeging negen maal een hogere capaciteit, twee maal komen gelijkwaardige capaciteiten voor. Slechts één maal geeft een afstreping een hogere capaciteit.

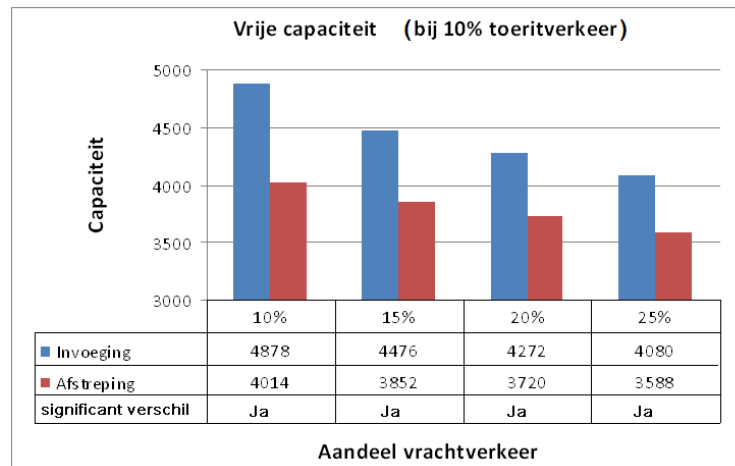
Omslagpunt

Een invoeging behaalt een hogere capaciteit bij relatief weinig vracht- en toeritverkeer. Naarmate het aandeel vracht- en toeritverkeer stijgt, worden de verschillen kleiner. Bij 30% toeritverkeer i.c.m. 15-20% vrachtverkeer, is het verschil niet significant. De capaciteiten zijn dus gelijkwaardig. Dit is te zien in figuur 19. Er is hier sprake van een omslagpunt. Bij een 'zwaardere verkeerssamenstelling' (meer vracht- en toeritverkeer) haalt een afstreping een hogere vrije capaciteit

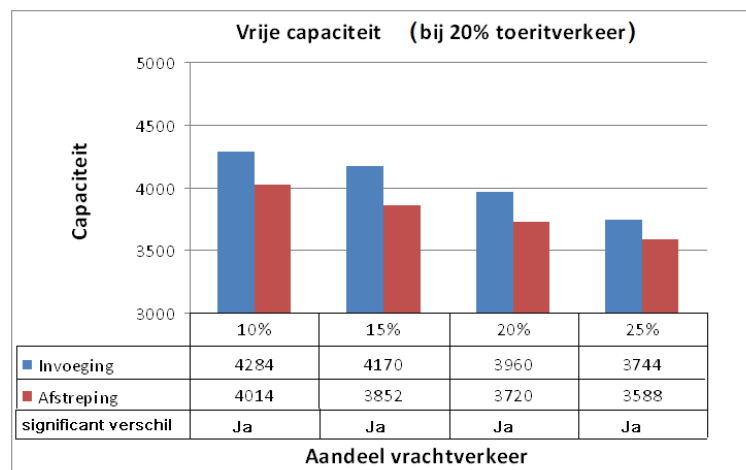
In § 3.2.3 staat toegelicht hoe de significantie van de verschillen is vastgesteld.

Als het aandeel vrachtverkeer stijgt

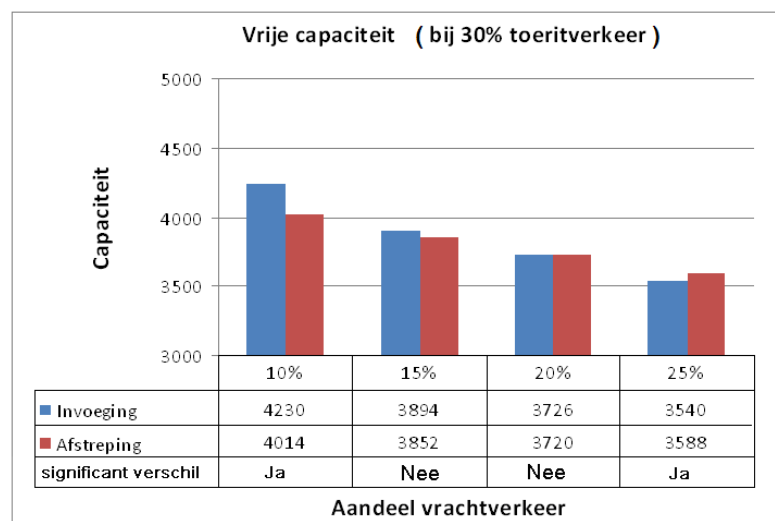
Als het aandeel vrachtverkeer stijgt, nemen de vrije capaciteiten van een afstreping minder hard af dan de capaciteit van een invoeging. Bij een invoeging daalt de capaciteit ongeveer 5% per 5% vrachtverkeer. Bij een afstreping is dit gemiddeld ongeveer 4%. Dit verschil verklaart de capaciteitsverschillen en het omslagpunt.



Figuur 18 Vrije capaciteiten per aandeel vrachtverkeer, 10% toeritverkeer



Figuur 19 Vrije capaciteiten per aandeel vrachtverkeer, 20% toeritverkeer



Figuur 20 Vrije capaciteiten per aandeel vrachtverkeer, 30% toeritverkeer

5.3 Gesimuleerde afrijcapaciteit

De capaciteitsschattingen van de afrijcapaciteiten, staan weergegeven in de tabellen 21, 22 en 23. De bijbehorende statistische betrouwbaarheid is te vinden in bijlage 5.

Het valt op dat de afrijcapaciteit niet gelijkmatig afneemt naarmate het aandeel toeritverkeer toeneemt. Bij 10% toeritverkeer is er sprake van hogere afrijcapaciteiten dan bij 20 en 30% toeritverkeer. Tussen 20% en 30% toeritverkeer zit weinig verschil.

Het ligt in de verwachting dat de capaciteit geleidelijk afneemt naarmate het toeritverkeer toeneemt. Dat dit niet het geval is, kan verklaard worden door het verkeersproces. Bij 10% toeritverkeer ontstaat er geen file op de toerit. Bij relatief veel toeritverkeer ontstaat er wel file op de invoegstrook. Als het verkeer op de invoegstrook ook stil komt te staan (net als de hoofdrijbaan) verstoort dit het invoegproces veel meer. Wanneer het verkeer op de toerit enigszins blijft stromen, kan het makkelijker invoegen dan wanneer het compleet stilstaat. Er is sprake van veel meer "geduw" en "getrek" tussen de voertuigen op de hoofdrijbaan en invoegstrook.

Tussen 20% en 30% toeritverkeer zit weinig verschil omdat er in beide gevallen file ontstaat op de toerit. Er zit dan geen verschil meer in het effect op de doorstroming.

Hogere afrijcapaciteit invoeging

In de meeste gevallen bereikt een invoeging een hogere afrijcapaciteit dan een afstreping. Bij 10 van de 12 vergelijkingen (in de grafieken op de pagina hiernaast) scoort een invoeging significant hoger. Opvallend is dat de afrijcapaciteit nergens gelijkwaardig is, maar dat in de overige 2 situaties een afstreping hogere afrijcapaciteit bereikt.

Dat het verschil overal statistisch significant is, is opmerkelijk. Er is bij de simulatieseries van de afrijcapaciteiten sprake van smalle spreidingen, wat een streng criterium als gevolg heeft bij de berekening. Dit doet echter geen afbreuk aan de uitkomst van de significante verschillen.

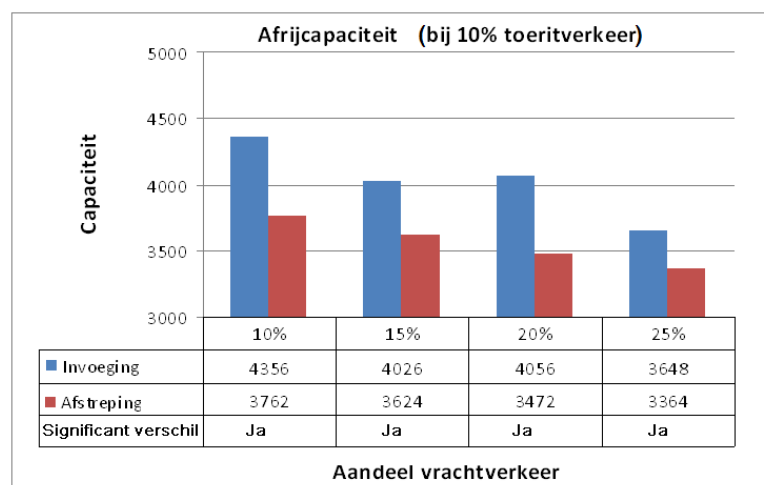
Hogere afrijcapaciteit afstreping

Een afstreping behaalt een hogere afrijcapaciteit in de situaties met 25% vrachtverkeer i.c.m. 20% en 30% toeritverkeer. Er is geen duidelijk omslagpunt te zien, want bij 30% toeritverkeer i.c.m. 20% vrachtverkeer scoort een invoeging hoger.

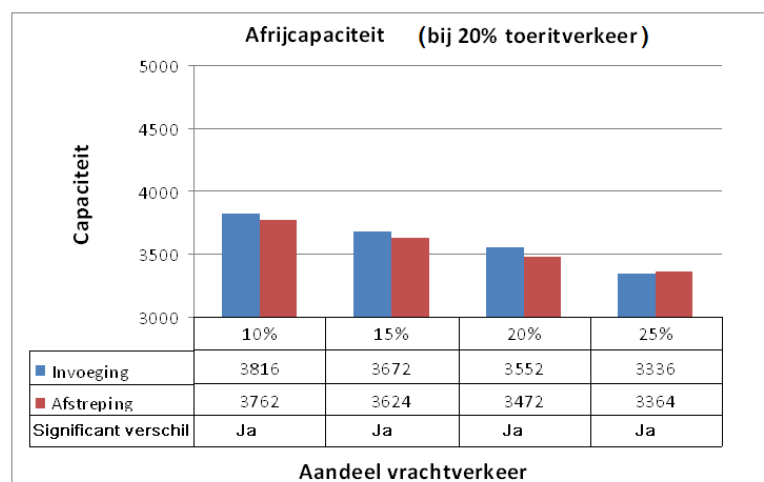
Wel is in de grafieken af te lezen dat een afstreping beter scoort naarmate er sprake is van een 'zware verkeerssamenstelling' (relatief veel toerit- en vrachtverkeer).

Als het aandeel vrachtverkeer stijgt

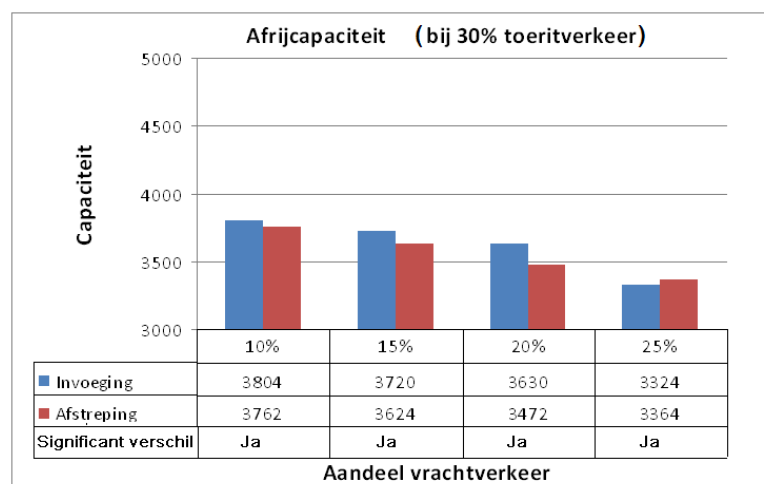
Als het aandeel vrachtverkeer stijgt, neemt de afrijcapaciteit van een afstreping minder hard af dan van een invoeging. Bij een afstreping is dit gemiddeld 4% capaciteitsdaling per 5% vrachtverkeer. Bij een invoeging is het gemiddeld 5% capaciteitsdaling per 5% vrachtverkeer. De onderlinge verschillen zijn niet groot, maar het verklaart de capaciteitsverschillen en het omslagpunt.



Figuur 21 Afrijcapaciteiten per aandeel vrachtverkeer, 10% toeritverkeer



Figuur 22 Afrijcapaciteiten per aandeel vrachtverkeer, 20% toeritverkeer



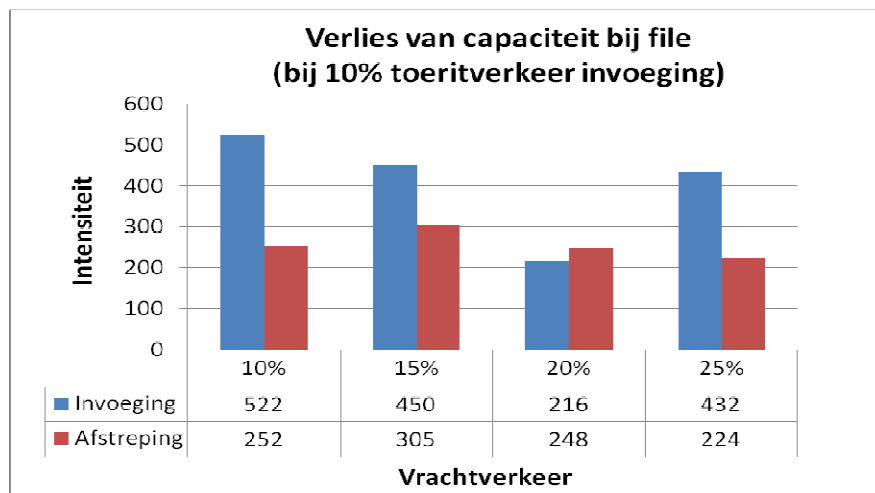
Figuur 23 Afrijcapaciteiten per aandeel vrachtverkeer, 30% toeritverkeer

5.4 Onderlinge vergelijking vrije –en afrijcapaciteit

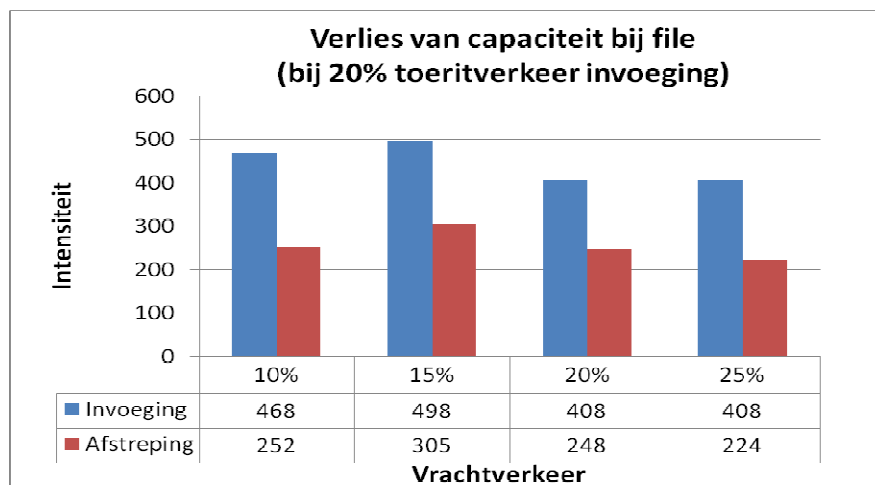
Het onderlinge verschil tussen vrije -en afrijcapaciteit staat weergegeven in de tabellen 24, 25 en 26. De afrijcapaciteit is de (lagere) capaciteit die overblijft van de vrije capaciteit wanneer er file ontstaat. Dit is een belangrijke kwaliteit/eigenschap van de verkeersafwikkeling bij congestie-gevoelige locaties.

In de onderlinge verschillen in capaciteitsdaling zijn geen duidelijke verbanden te zien. Wel is te zien dat bij een afstropping de capaciteitsdaling constanter is over alle situaties. Bij een invoeging varieert het meer. Het valt op dat bij een invoeging de meeste capaciteit verloren gaat met aandeel vrachtverkeer van 25%.

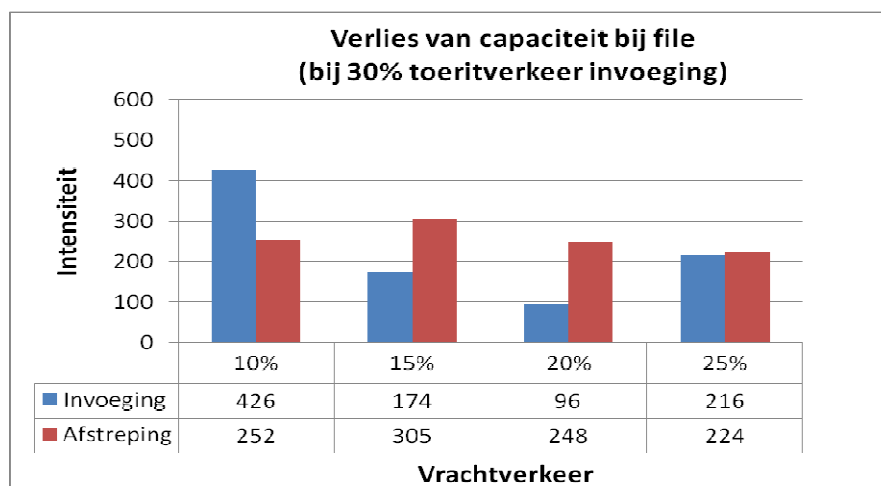
Het is duidelijk dat een invoeging over het algemeen een grotere (absolute) capaciteitsval heeft dan een invoeging. Wel behoudt een invoeging ondanks dat in de meeste gevallen een hogere afrijcapaciteit.



Figuur 24 Capaciteitsverlies bij file, per aandeel vrachtverkeer, bij 10% toeritverkeer



Figuur 25 Capaciteitsverlies bij file, per aandeel vrachtverkeer, bij 20% toeritverkeer



Figuur 26 Capaciteitsverlies bij file, per aandeel vrachtverkeer, bij 30% toeritverkeer

5.5 Verkeersaspecten per onderzoekszones

In de voorgaande paragrafen is duidelijk geworden dat een invoeging over het algemeen een hogere capaciteit behaalt. Door middel van een detailonderzoek is gezocht naar de onderliggende reden. Dit is gedaan door verkeersaspecten van de verkeersstromen per zone te analyseren.

De volgende verkeersaspecten zijn vergeleken:

- Gemiddelde rijsnelheid
- Gemiddelde dichtheid
- Gemiddelde volgafstanden
- Gemiddelde opvolgtijden

Deze verkeersaspecten zijn gebruikt als maat voor turbulentie. Hoe drukker het is, hoe dichter het verkeer op elkaar rijdt, hoe langzamer er gereden wordt. Een uitgebreide toelichting over aspecten van doorstroming staat in hoofdstuk 3. De verkeerssamenstellingen zijn vergeleken waarbij de (gesimuleerde) vrije capaciteiten gelijkwaardig zijn, dus geen significante verschillen.

Dit zijn de volgende verkeerssamenstellingen:

15 – 8

14 – 6

De nummers van verkeerssamenstellingen kunnen worden teruggevonden in §4.1.2. De bovengenoemde situaties zijn (opnieuw) gesimuleerd met een hoog gelijkmatig intensiteitenverloop, zonder dat er file ontstond. Er moet geen file optreden omdat er niets te meten valt aan stilstaande voertuigen en omdat Fosim niet gekalibreerd is voor file-zwaarte. De verkeersaspecten van het "kritieke verkeersaanbod" zijn op deze manier geanalyseerd.

De gelijkwaardigheid van intensiteit brengt ook nadelen met zich mee. Wanneer de verkeersstromen overeenkomstig zijn, vertonen de verkeersaspecten ook overeenkomsten. Bij dezelfde intensiteit hoort bijvoorbeeld dezelfde gemiddelde opvolgtijd. Uit de opvolgtijd kan geen conclusie worden getrokken. De stromen in geheel vertonen overeenkomsten, maar per zone kunnen verschillen gezocht worden. De zone-indeling staat afgebeeld in figuur 13 op pagina 31.

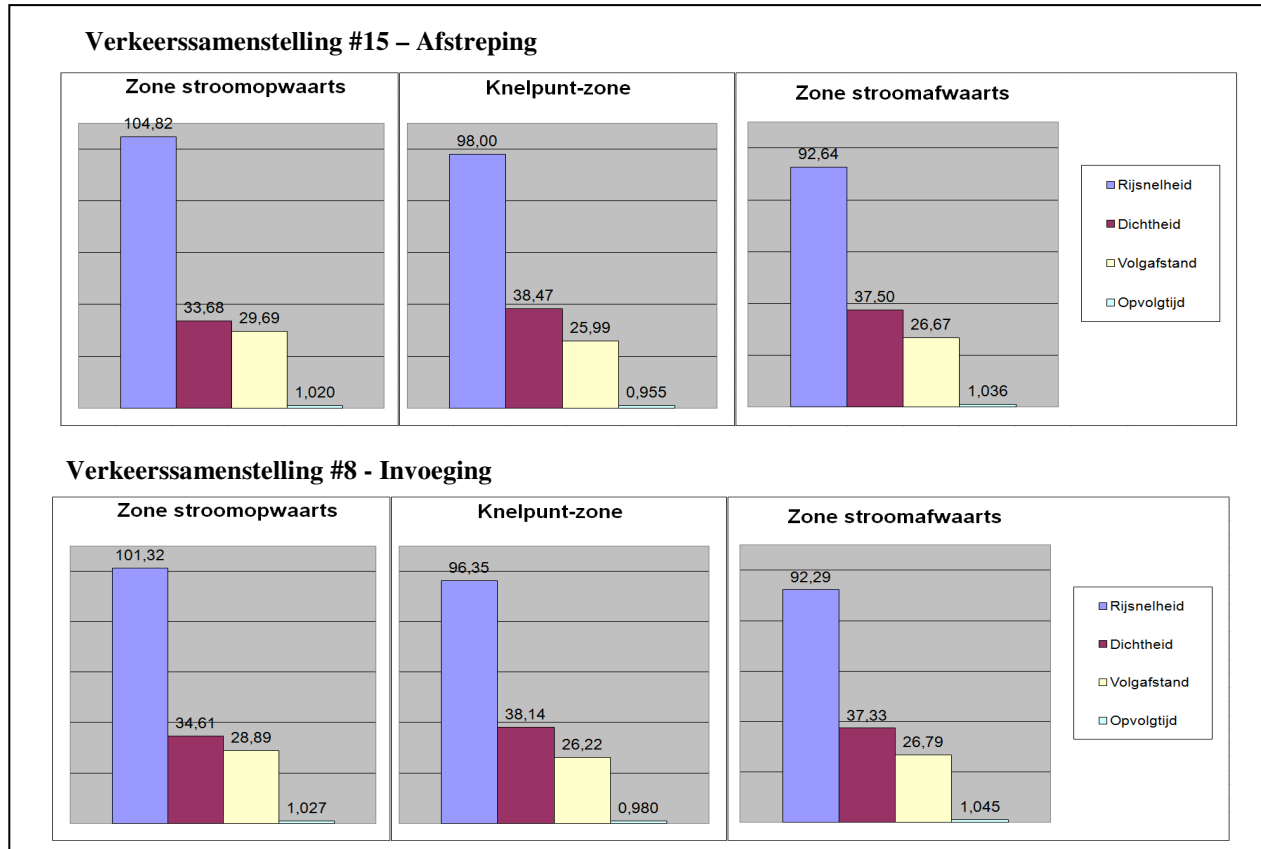
Analyse

De vergelijkingen staan weergegeven in:

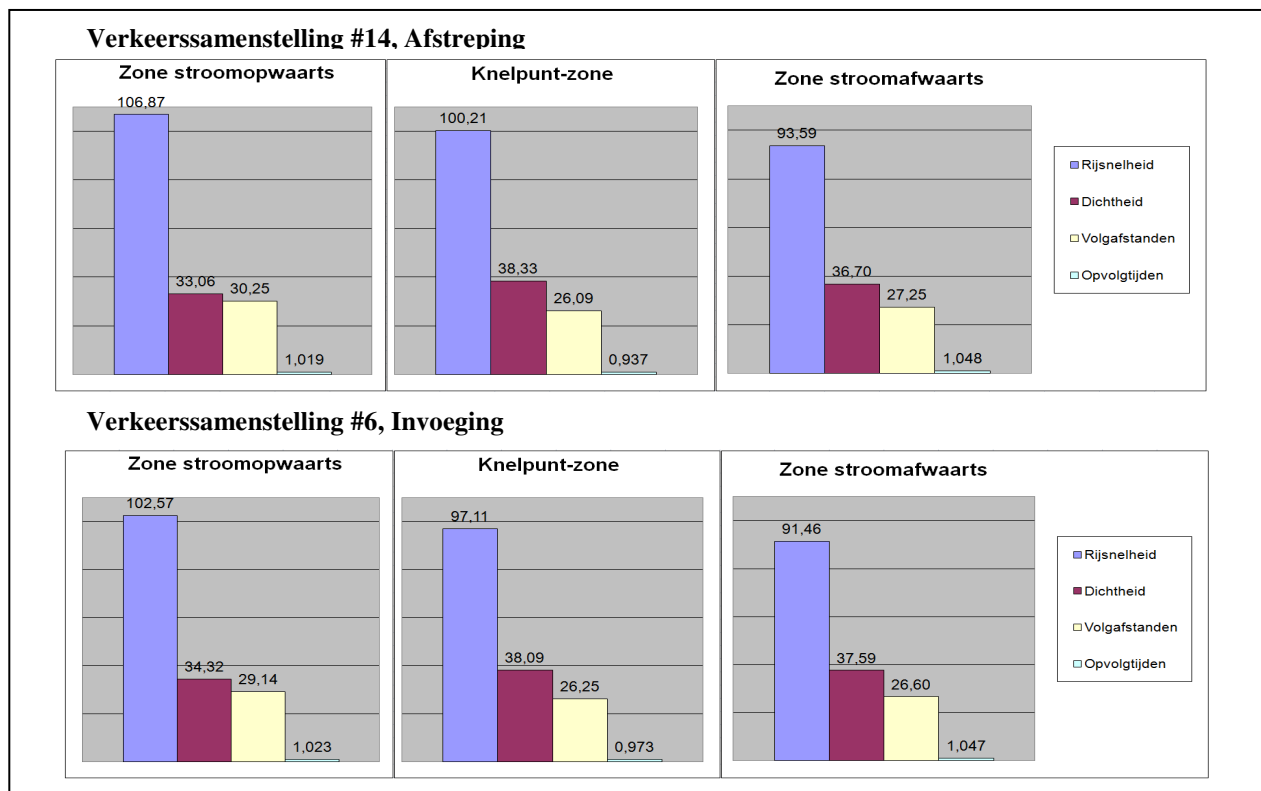
- Figuur 27: verkeerssamenstelling #15 – 8
- Figuur 28: verkeerssamenstelling #14 – 6

In beide vergelijking zijn weinig verschillen zichtbaar tussen een afstropping en een invoeging. Ten eerste is te zien dat er in de stroomopwaartse zone van een afstropping hoge snelheden voorkomen. Dit komt omdat een afstropping uit drie rijstroken bestaat, waar dus meer hard rijdend verkeer voorkomt. Bij een invoeging is er sprake van een hogere dichtheid in de stroomopwaartse zone. Dit komt door de verhoudingen hoofdrijbaan-toerit van deze verkeerssamenstelling. Bij een afstropping verdeelt het verkeer zich gelijkmatiger/natuurlijker over de drie stroken. Verder is het verkeersproces behoorlijk gelijk. Oorzaken van het verschil tussen *links* en *rechts* worden niet gevonden in het gedrag van de weggebruikers. Er valt te concluderen dat beide verkeersstromen redelijkerwijs gelijkmatig stromen. Er komen geen noemenswaardige verschillen voor in de mate waarin de verkeerstromen samendrukken en/of vertragen.

Figuur 27 Vergelijking verkeerssamenstelling #15 – 8



Figuur 28 Vergelijking verkeerssamenstelling # 14 – 6



5.6 Conclusies doorstroming

Een invoeging (rechtszijdig ritsen) behaalt in de meeste situaties een hogere capaciteit. Zowel vrije- als afrijcapaciteit. De verschillen worden kleiner naarmate het aandeel toeritverkeer oploopt, en het aandeel vrachtverkeer groter wordt.

Tot 30% toeritverkeer i.c.m. 20-25% vrachtverkeer behaalt een invoeging een hogere vrije capaciteit.

Hierna bevindt zich een omslagpunt, waar een afstreping en invoeging niet significant verschillen.

Vanaf 30% toeritverkeer i.c.m. 25% vrachtverkeer presteert een invoeging slechter dan een afstreping. Bij deze 'zwaardere' verkeerssamenstellingen behaalt een afstreping dus een hogere vrije capaciteit.

Voor de afrijcapaciteit geldt ook dat een invoeging in de meeste situaties beter presteert. Ook presteert een afstreping beter bij een 'zware verkeerssamenstelling'. Maar het omslagpunt is minder duidelijk. Een afstreping behaalt alleen een hogere afrijcapaciteit bij aandelen vrachtverkeer van 25%, i.c.m. 20 of 30% toeritverkeer van de invoeging.

Deze resultaten kunnen als een soort kader van verkeerssamenstellingen worden voorgesteld. In het midden van het kader is sprake van een omslagpunt, waar een invoeging en afstreping gelijkwaardige capaciteiten behalen. Bij het verschuiven naar een van de zijanten van het kader, ontstaat er een steeds groter capaciteitsvoordeel. Aan een zijkant van het kader bevindt zich capaciteitsvoordeel voor een afstreping en aan de andere zijde is er sprake van capaciteitsvoordeel voor een invoeging.

Het verschil in capaciteit en het omslagpunt is o.a. te verklaren doordat de capaciteit van een afstreping minder hard afneemt bij stijging van het aandeel vrachtverkeer. Bij een afstreping is het een capaciteitsdaling van gemiddeld 4% en bij een invoeging is het een daling van gemiddeld 5%.

Aan de hand van de verkeersaspecten per zone valt te concluderen dat beide verkeersstromen redelijkerwijs gelijkmatig stromen. Er komen geen noemenswaardige verschillen voor in de mate waarin de verkeersstromen samendrukken en/of vertragen. Hiermee kan gesteld worden dat de onderliggende verkeersprocessen bij een afstreping (linkszijdig samenvoegen) en invoeging (rechtszijdig samenvoegen) gelijkmatig verlopen. Er zijn geen onderliggende oorzaken gevonden voor de verschillen.

Conclusies modelgebruik

Tijdens het werken met het model is geconstateerd dat Fosim niet gekalibreerd is voor file-situaties.

Het model geeft een verkeersstroom weer door het individuele gedrag van weggebruikers na te bootsen. Dit gedrag is geobserveerd in de praktijk, maar is gedaan in file-vrije situaties. Fosim bevat enkel verkeersgedrag van vrije afwikkeling. Nadat er file ontstaat blijft Fosim dit "file-vrije gedrag" nabootsen. In realiteit houden bestuurders andere persoonlijke voorwaarden aan tijdens file. Denk aan standaard uitgangspunten als wensnelheid, (wens)volgafstanden en drang waarmee bestuurders willen inhalen.

In het model streven weggebruikers waarschijnlijk te geforceerd ingehaalgedrag na, en geven ritsend verkeer bij samenvoegpunten waarschijnlijk te weinig ruimte. Hierdoor ligt het in de verwachting dat file-zwaarte te hoog uitvalt in Fosim. Maar het gaat nog een stapje verder. Ook vóór er file ontstaat zou het kunnen dat Fosim, bij verkeersdrukke op samenvoegpunten, te star verkeersgedrag simuleert. Hoe goed simuleert Fosim een (enigszins) verstoorde afwikkeling? Of anders gezegd: Hoe *slecht* doet Fosim dit?

Een belangrijke conclusie uit het modelgebruik is dat men moet waken voor foutieve interpretaties bij capaciteitssituaties.

Bij een vergelijkend onderzoek, zoals in deze rapportage, is dit in mindere mate een probleem. Het model geeft waarschijnlijk niet altijd de werkelijkheid correct weer, maar zolang dit in alle situaties het geval is, zijn onderlinge vergelijkingen goed mogelijk.

6 Verkeersveiligheidsanalyse

In dit hoofdstuk worden de aspecten van verkeersveiligheid geanalyseerd. Met praktijkgegevens van de onderzoekslocaties, zijn een afstropping en een invoeging vergeleken op de volgende verkeersaspecten:

- Totaal aantal ongevallen
 - Verschillen qua tijden/lichtgesteldheid
 - Ernst afloop ongevallen
 - Conflictmanoeuvres
- } inclusief invloed vrachtverkeer
en per onderzoekszone

6.1 Aantal ongevallen

In tabel 29 staan het totaal aantal ongevallen per locatie weergegeven over de periode 2000-2009.

De locaties zijn redelijkerwijs vergelijkbaar. Omdat alle locaties knelpunten zijn, is er sprake van gelijkwaardige I/C-waarden. De aandelen vrachtverkeer in tabel 29 zijn afkomstig uit de MTR+Applicatie¹⁵ van Rijkswaterstaat. Van de Golfbreker zijn geen gegevens omdat deze in 2010 in aangelegd.

Tabel 29 Aantal ongevallen 2000-2009		
Afstropping	Ongevallen totaal	Aandeel vracht
Lexmond A27	27	15,5 %
Goirle A58	32	15,3 %
Golfbreker A1	<i>geen gegevens</i>	20 %
Invoeging	Ongevallen totaal	Aandeel vracht
Duiven A12	61	16,3 %
Beekbergen A1	31	10 %
Valburg A50	91	20 %

Het aantal ongevallen per locatie verschilt sterk en dat maakt een goede vergelijking lastig. Een voorlopige conclusie op basis van het beeld van deze gegevens is, dat er bij invoeringen meer ongevallen plaatsvinden dan bij afstroppingen.

¹⁵ MTR+ "Maandelijkse Telpunt Rapportage" met meetlusgegevens. Zie MTR+ online: <http://goo.gl/v0yYU>

6.2 Ongevallen naar tijd/lichtgesteldheid

Per locatie is een overzicht gemaakt van de momenten waarop ongevallen plaatsvonden. In bijlage 7 is van elke locatie een cirkeldiagram opgenomen, waarin de tijd en bijgehorende lichtgesteldheid van ongevallen is afgebeeld. Uit de diagrammen blijkt dat ongevallen bij afstrepelingen meer gespreid over de dag plaatsvinden. Bij invoegingen is er een duidelijke clustering te zien van ongevallen binnen spitsperioden. In de spitsperioden vinden meer ongevallen plaats bij invoegingen.

Dus bij invoegingen vinden in totaal meer ongevallen plaats (§6.1, tabel 29) en daarbij vinden deze ongevallen vooral plaats binnen spitsperioden.

De conclusie is dat een invoeging minder veiligheid biedt, de verkeersveiligheid daalt wanneer intensiteiten toenemen. De verkeersveiligheid bij afstrepelingen is hoger en word minder beïnvloedt door mate van verkeersdrukte.

6.3 Ernst afloop van ongevallen en invloed van vrachtverkeer

Er is gekeken naar de mate waarin vrachtverkeer en personenverkeer verkeersonveiligheid opleveren. Het aantallen ongevallen met vrachtverkeer en personenverkeer staan weergegeven in de tabellen op volgende pagina's 52 en 53. Ook is de ernst van de afloop hierbij te zien. Er is onderscheid gemaakt in *veroorzakers* en *slachtoffers*. De eerst genoemde is de veroorzaker. De combinatie 'vrachtw-auto' geeft dus ongevallen weer waarbij een vrachtauto een personenvoertuig heeft aangereden.

Om te zorgen dat de gegevens puur betrekking hebben op ritsen, is er een selectie gemaakt op het totaal aantal ongevallen. Alleen ongevallen die voortkomen uit ritsmanoeuvres zijn meegenomen. Ongevallen zoals aanrijdingen met een dier en éénzijdige ongevallen zijn weggelaten. Uiteindelijk bleken alleen kop-staartbotsingen en flankaanrijdingen over te blijven.

In bijlage 8 is te zien welke ongevallen precies zijn weggelaten. Dit zijn veelal éénzijdige ongevallen.

De tabellen op de volgende pagina's bevatten lage aantallen waardoor toeval een rol kan spelen bij het trekken van conclusies. Een statistische benadering zal niet valide zijn, of de statistische betrouwbaarheid zal heel laag zijn. Voor het trekken van conclusies in daarom van het algemene beeld van de gegevens uitgegaan.

Uit grafieken op de volgende pagina's blijkt is dat er bij invoegingen meer ongevallen plaatsvinden dan bij afstrepelingen. Over de ernst van de ongevallen kan maar lastig een conclusie getrokken worden, omdat het gaat om weinig data. De indruk is dat de ernst van ongevallenafloop gelijkwaardig is. Er komen vooral UMS ongevallen voor. Dodelijke ongevallen zijn niet voorgekomen.

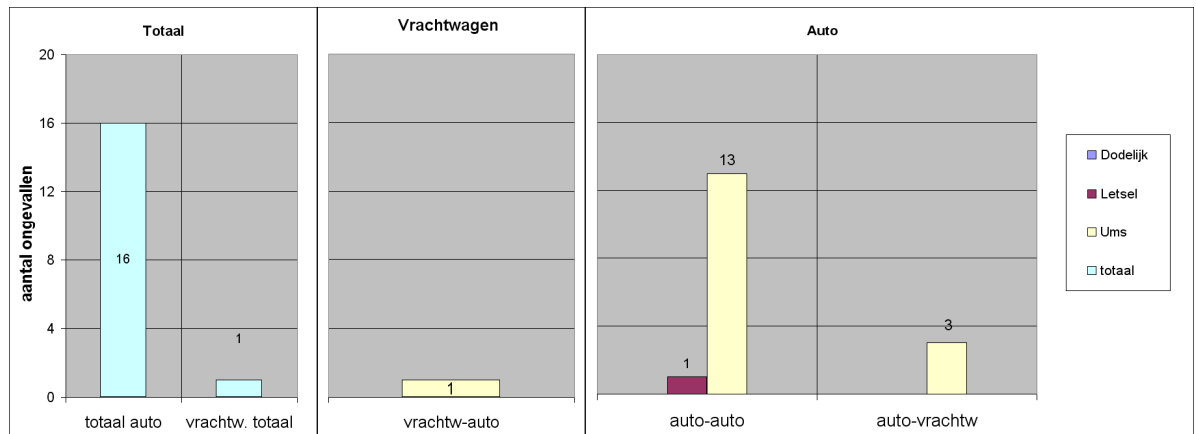
Vrachtverkeer lijkt weinig bij ongevallen betrokken te zijn maar er moet in acht worden genomen dat vrachtverkeer ook maar een klein deel van het verkeersaanbod betreft. De mate waarin vrachtverkeer betrokken is bij links- en rechtszijdige ongevallen is ook gelijkwaardig. Zowel in de frequentie als in de ernst van afloop, zijn er geen duidelijke verschillen te zien. Voor het vrachtverkeer lijkt het niet uit maken of het samenvoegen aan de linker of rechterzijde van de rijbaan plaatsvindt.

Dat de invloed van het vrachtverkeer niet opvalt komt niet overeen met de literatuur beschreven in hoofdstuk 2.4.

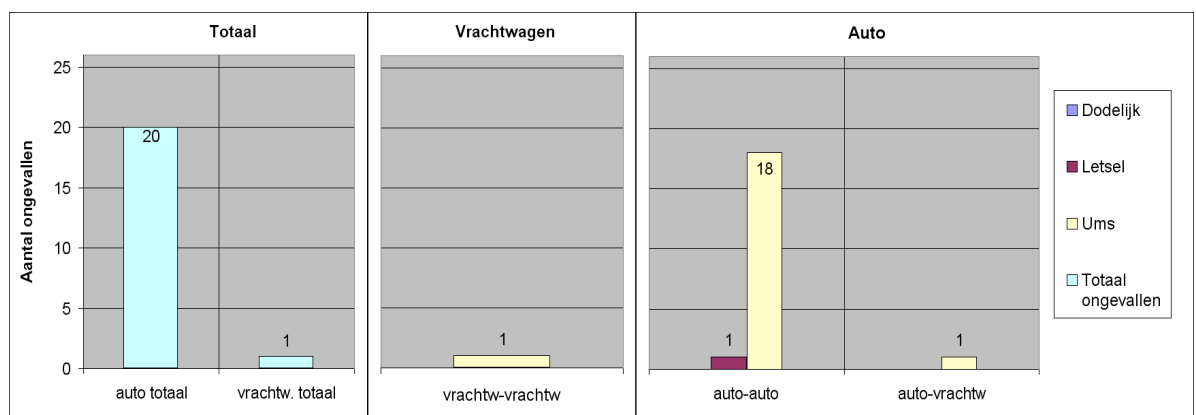
Afstrepingen

Op deze pagina staan ongevallen bij afstrepingen weergegeven. Er is een verdeling gemaakt naar de ernst van de afloop. Vrachtverkeer is als een aparte categorie weergegeven waardoor haar invloed zichtbaar wordt.

Lexmond



Goirle



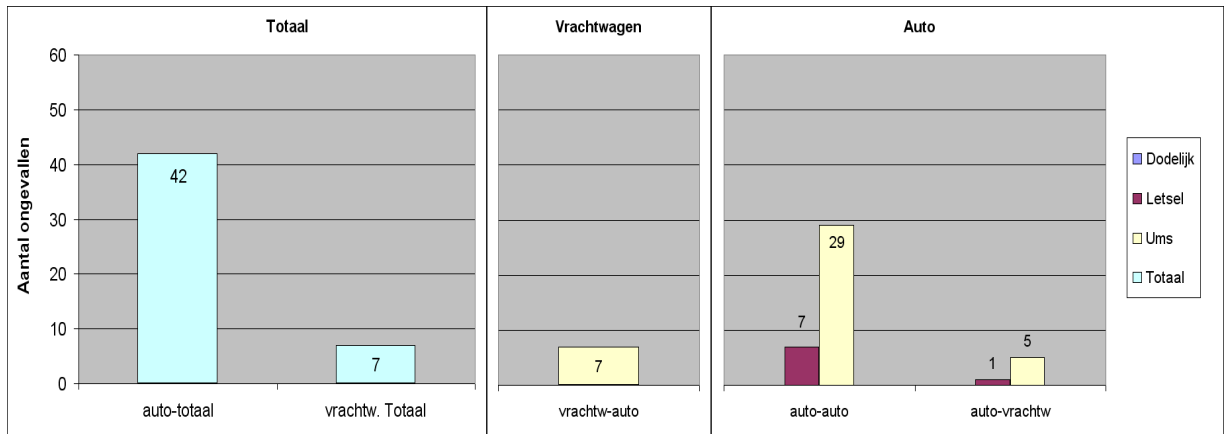
Golfbreker

Golfbreker geen ongevalgegevens.

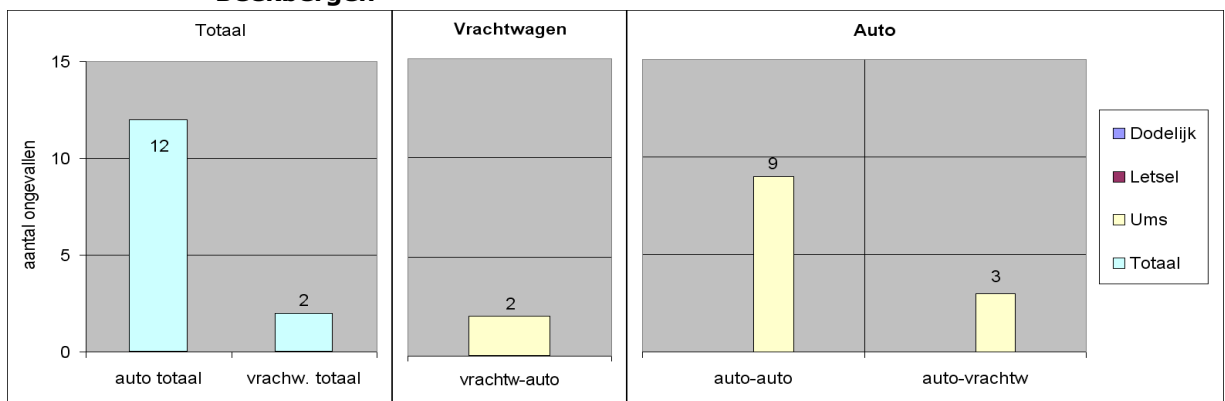
Invoegingen

Op deze pagina staan ongevallen bij invoegingen weergegeven. In de figuren is de ernst van de afloop en de invloed van het vrachtverkeer te zien.

Duiven



Beekbergen



Valburg

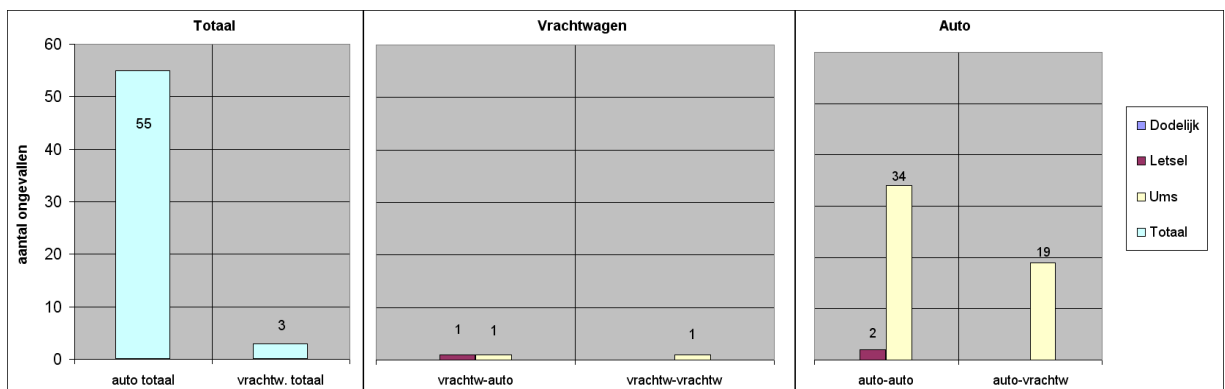




Foto van de invoegstrook bij onderzoekslocatie Valburg

6.4 Verkeersveiligheid per onderzoekszones

In de tabellen op de volgende pagina's, 56 en 57, is de verkeersveiligheid per zone weergegeven. Van de veroorzakende voertuigcategorie zijn kop-staartbotsingen en flankaanrijdingen weergegeven. Hierdoor is te zien in welke zone een voertuigcategorie meer verkeersonveiligheid veroorzaakt.

Het ongevallenbeeld per zone strookt met de theorie beschreven in hoofdstuk 3.8. Bij afstrepingsvelden vinden meer ongevallen stroomopwaarts plaats, bij invoegingen vinden meer ongevallen stroomafwaarts plaats.

Uit het beeld van de tabellen lijkt de knelpunt-zone verkeersonveiliger bij een invoeging. Dit kan deels een verklaring zijn voor het hogere absolute aantal ongevallen bij een invoeging. Deze is in meer zones verkeersonveilig.

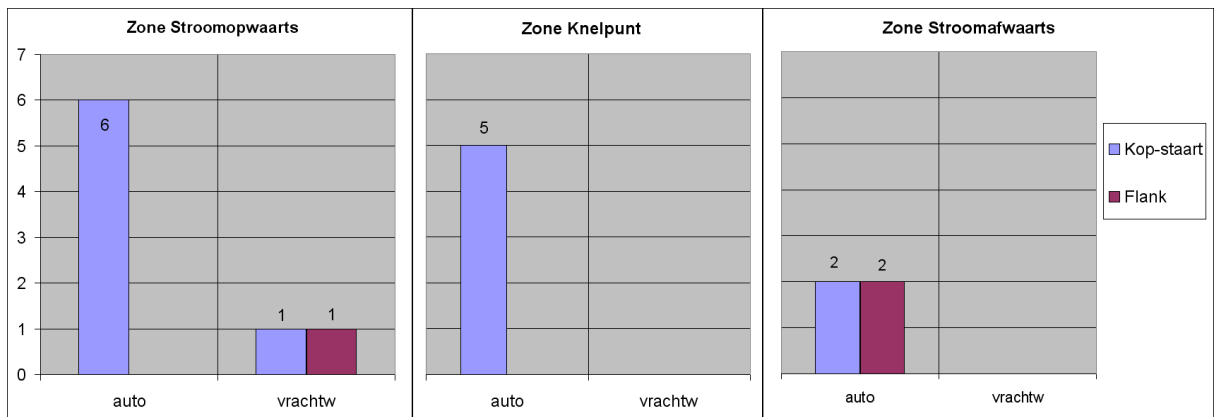
Een invoeging is dus in twee zones verkeersonveiliger en een afstreping in één.

Nu valt ook de invloed van het vrachtverkeer op. Bij een invoeging veroorzaakt vrachtverkeer meer ongevallen en zijn deze meer verspreid over de zones. Dit kan verklaard worden. Bij linkszijdig ritsen (een afstreping) veroorzaakt vrachtverkeer minder ongevallen omdat vrachtverkeer zich niet op de linkerrijstrook begeven. Bij rechts ritsen veroorzaakt vrachtverkeer sneller een ongeval omdat het vrachtverkeer rechts rijdt.

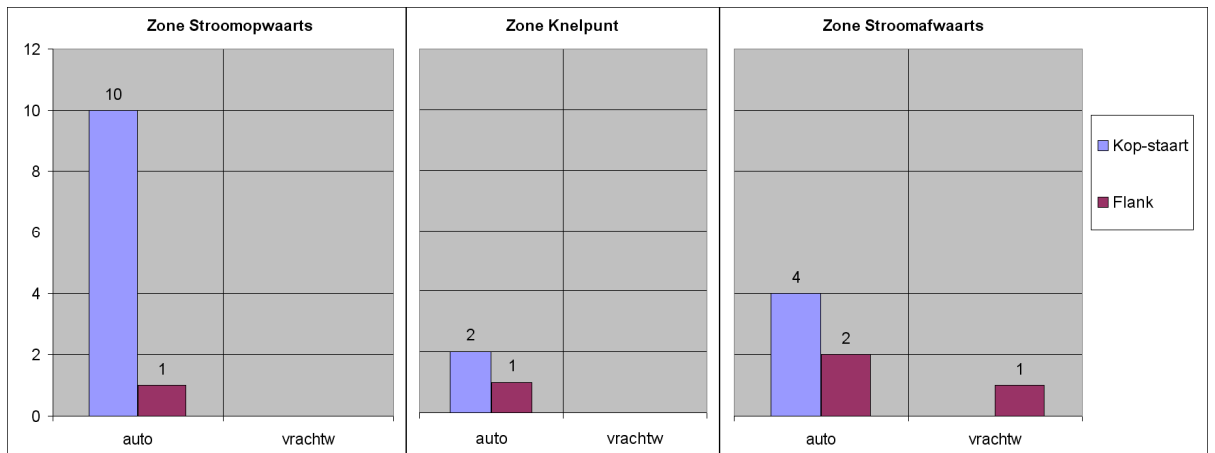
Omdat de betrokkenheid van vrachtverkeer niet opvalt bij het totaal aantal ongevallen, zal vrachtverkeer bij afstrepingsvelden vaker slachtoffer zijn. Dit zou als oorzaak kunnen hebben dat automobilisten van de derde rijstrook sneller willen inhalen nadat de derde rijstrook is afgevalsen. Inhaalmanoeuvres zorgen voor verstoringen in de verkeersstroom.

Afstrepingen

Lexmond



Goirle

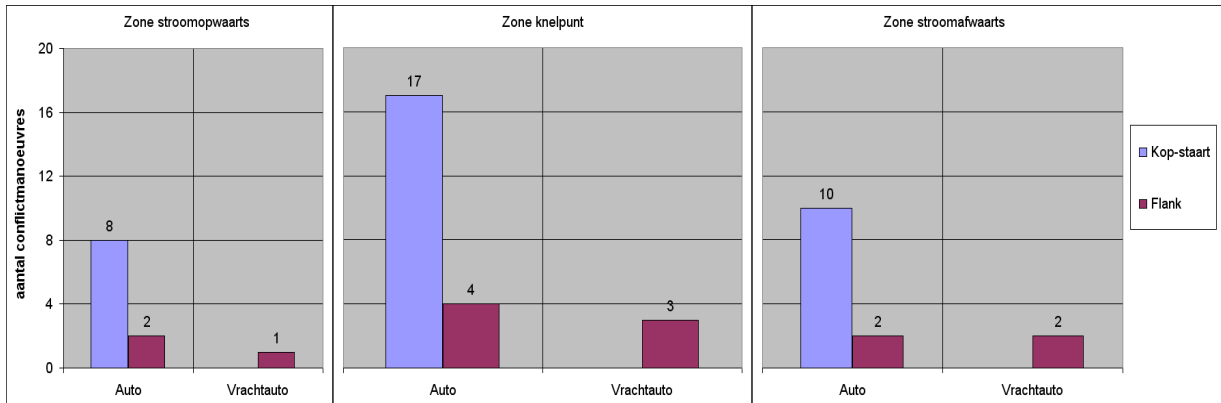


Golfbreker

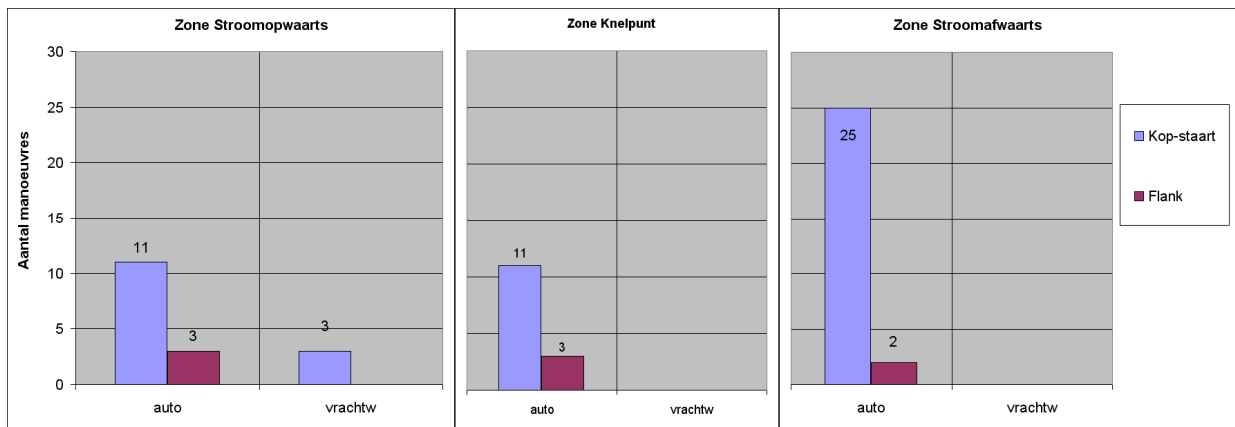
Golfbreker geen ongevalgegevens.

Invoegingen

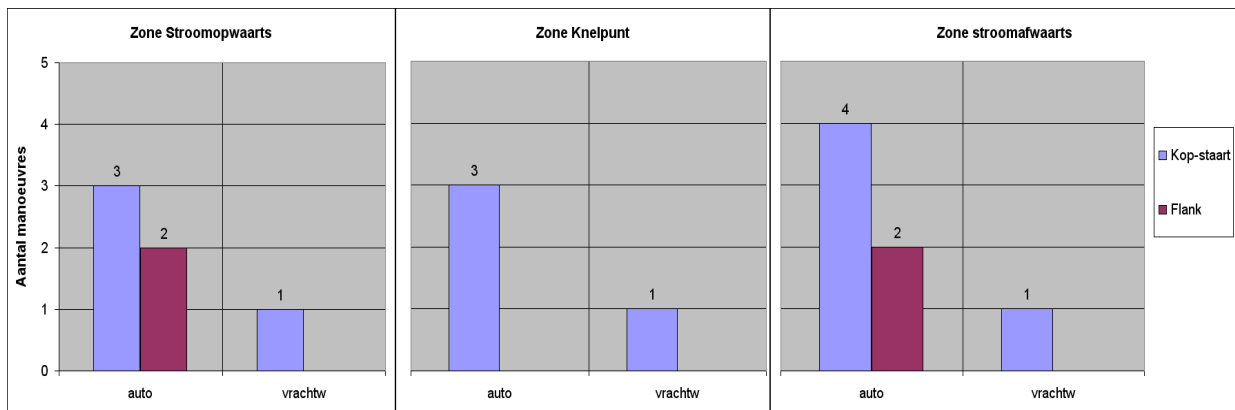
Duiven



Valburg



Beekbergen



6.5 Conclusies verkeersveiligheid

Na een selectie op de gegevens zijn er lage aantallen overgebleven. Met weinig gegevens kan toeval een rol gaan spelen bij het trekken van conclusies. Daarom is niet voor een statistische benadering. Bij de analyse is uitgegaan van het algehele beeld dat de gegevens geeft. Het gaat om ongevalgegevens over de gehele periode 2000-2009.

Bij een invoeging blijken er absoluut gezien meer ongevallen plaats te vinden dan bij een afstropping. Per zone lijkt een invoeging verkeersonveiliger in de knelpuntzone en in de stroomafwaartse zone. In de stroomopwaartse zone is een afstropping verkeersonveiliger. Een invoeging is in twee zones verkeersonveiliger en een afstropping in één zone. Deze conclusie kan vanuit de theorie (hoofdstuk 3.8) beaamd worden.

Vrachtwagen lijkt even veel betrokken te zijn bij ongevallen zowel *links* als *rechts*. Qua ernst van afloop zijn er ook geen duidelijke verschillen te zien.

Uit de analyse per zone blijkt vrachtwagen bij rechtszijdig ritsen (invoegingen) vaker de veroorzaker zijn van een ongeval dan bij linkszijdig ritsen (afstropping). Ook komen ongevallen van vrachtwagen bij rechtszijdig ritsen meer verspreid voor over de zones. Dit kan verklaard worden doordat vrachtwagen zich op de rechterrijstrook bevindt. Bij rechtszijdig ritsen bevindt het vrachtwagen zich aan de zijde van de rijbaan waar geritst wordt. Bij linkszijdig ritsen is dit niet het geval. Omdat vrachtwagen evenveel betrokken lijkt te zijn bij ongevallen van zowel *links* als *rechts*, zal vrachtwagen bij afstroppingen vaker slachtoffer zijn. Een mogelijke verklaring is dat automobilisten meer willen inhalen vanwege de afvallende rijstrook.



Foto van de hoofdrijbaan bij onderzoekslocatie Valburg

7 Conclusies en Aanbevelingen

In dit hoofdstuk wordt de vraagstelling van het onderzoek beantwoord. Een snelle conclusie was dat linkszijdig en rechtszijdig ritsen beide in de praktijk voorkomen, maar weinig als elkaars spiegelbeeld/evenbeeld. Een directe onderlinge vergelijking is daarom lastig. Met deelvraag 1 wordt besproken op welke manier *links* en *rechts* wel vergelijkbaar zijn. Deelvraag 2 en 3 gaan over de verschillen in capaciteit, deelvraag 4 gaat over de oorzaken van de verschillen. Met deelvraag 5 wordt de verkeersveiligheid besproken. De eerste paragraaf van dit hoofdstuk wordt afgesloten met de hoofdvraag.

Hierna volgen aanbevelingen voor vervolgonderzoek. Naast de bevindingen die dit onderzoek heeft opgeleverd, zijn er ook een aantal zaken aan het licht gekomen die meer onderzoek behoeven.

Toevoeging op het onderzoek

Het is (persoonlijk) teleurstellend dat van een directe keuze tussen deze twee vormen van ritsen in de praktijk bijna nooit sprake is. *Links* en *rechts* komen wel voor, maar niet vaak als "elkaars evenbeeld" met een "gespiegelde vormgeving". Van de keuze tussen *links* of *rechts* is hierdoor vaak geen sprake. Tussen een afstropping en een invoeging kan niet direct gekozen worden. Tevens komt de keuze tussen *links* en *rechts* niet voor in de huidige ontwerprichtlijnen, zoals de NOA. Naar aanleiding van dit onderzoek zijn een aantal situaties ontdekt waarbij wel sprake is van een directe keuze. Hier kunnen ook verkeerskundige inhoudelijke onderbouwingen bij worden gegeven.

Als toevoeging op het onderzoek is daarom een zuivere vergelijking gemaakt. In hoofdstuk 8 staan situaties beschreven waarbij kan worden afgevraagd of links- of rechtszijdig beter is. De meest potentiële situatie voor toepassing in de praktijk, is specifiek uitgewerkt! Deze ontwerpvorm komt niet voor in de richtlijnen, of in de praktijk, maar dit lijkt onterecht.

Het doel van dit hoofdstuk is om aan te tonen dat er vaker over het vraagstuk *links* of *rechts* nagedacht kan worden, en dat dit voordeel kan opleveren. Het moet aantonen dat huidige manier van ontwerpen niet optimaal is. De huidige ontwerprichtlijnen, zoals de NOA, zijn helemaal niet perfect.

7.1 Beantwoording van de vraagstelling

Deelvraag 1 *Zijn er aspecten die algemeen toepasbaar zijn op het vraagstuk links- of rechtszijdig ritsen, die helpen bij het beantwoorden van dit vraagstuk?*

Bij het vraagstuk links of rechts ritsen spelen er twee aspecten waar rekening mee gehouden moet worden. Deze twee aspecten zijn op iedere situatie van toepassing en het is als het ware een "methodiek" om het vraagstuk aan te pakken. Bij de vergelijking tussen *links* en *rechts* gaat het om de verdeling van het verkeer over de rijstroken. Aan de zijde van de rijbaan waar geritst wordt is sprake van:

- een bepaalde verkeersdrukte (dichtheid)
- een bepaalde verkeerssamenstelling (aandeel vracht)

Verkeer verdeelt zich op een "natuurlijke wijze" over een rijbaan. Bij toenemende verkeersdrukte wordt de meest linker rijstrook de volste strook. Daarbij is de verkeerssamenstelling van belang. Vrachtverkeer heeft een relatief zware en negatieve invloed op de doorstroming. De mate van doorstroming wordt bepaald door deze twee aspecten.

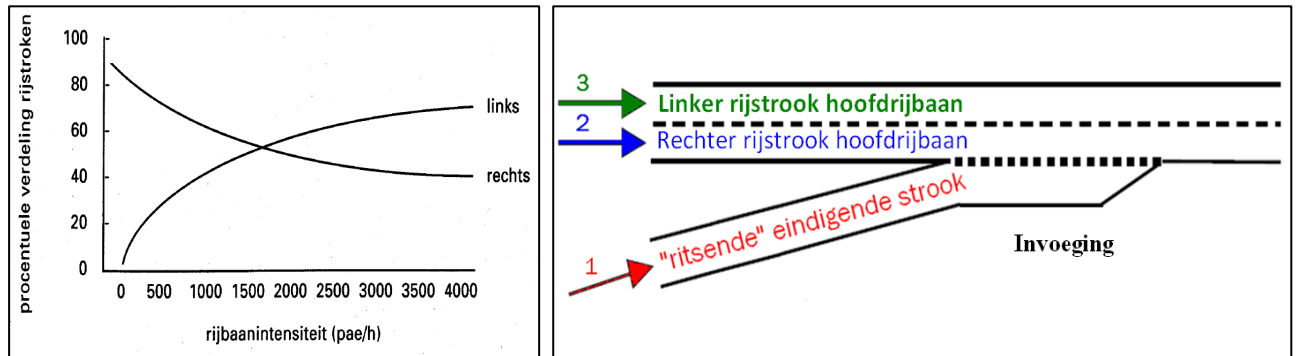
Bij een linker afstreping is de afvallende rijstrook dus de drukste strook. Bij linkszijdig ritsen is er dus sprake van een relatief hoge dichtheid aan die zijde van de rijbaan. Het is in deze situatie voor vrachtverkeer wettelijk verboden om op de meest linker rijstrook te rijden. Het overgrote deel van het vrachtverkeer houdt rechts. Bij linkszijdig ritsen is er sprake van een relatief hoge dichtheid aan die zijde van de rijbaan, maar er is geen aandeel vrachtverkeer. Dit is afgebeeld in figuur 31, pagina hiernaast.

Bij een invoeging op een tweestrooksrijbaan is ook de linker rijstrook van de hoofdrijbaan de volste rijstrook. Dit staat weergegeven in figuur 30. Bij rechtszijdig ritsen is er sprake van een relatief lage dichtheid aan de rechterzijde van de hoofdrijbaan. Het aanwezige vrachtverkeer bevindt zich rechts. Dus bij rechtszijdig ritsen wordt er geritst met een relatief lage dichtheid maar wel met een aandeel vrachtverkeer.

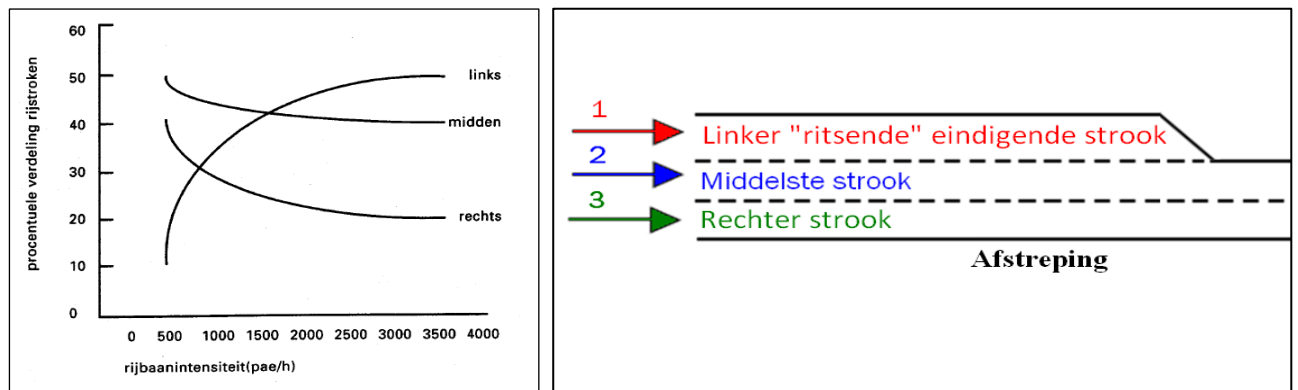
Aan de hand van het simulatieonderzoek is gebleken dat de verhouding van deze aspecten (dichtheid-aandeel vracht) bepalend kan zijn voor de doorstroming. In figuur 32 staat dit afgebeeld. Het rood en groene kleurverloop geeft de verdeling van intensiteit over de stroken weer. Het vrachtwagenicoontje staat voor het aanwezige aandeel vrachtverkeer aan de zijde van de rijbaan waar geritst wordt. Deze verhouding kan zo zijn dat rechtszijdig ritsen voordeel biedt voor de doorstroming, maar kan ook in het voordeel zijn van linkszijdig ritsen. Bij de vergelijking kan de volgende vraag worden geformuleerd:

Heffen dichtheid aan de ene kant, en aandeel vrachtverkeer aan de andere kant, elkaar op?

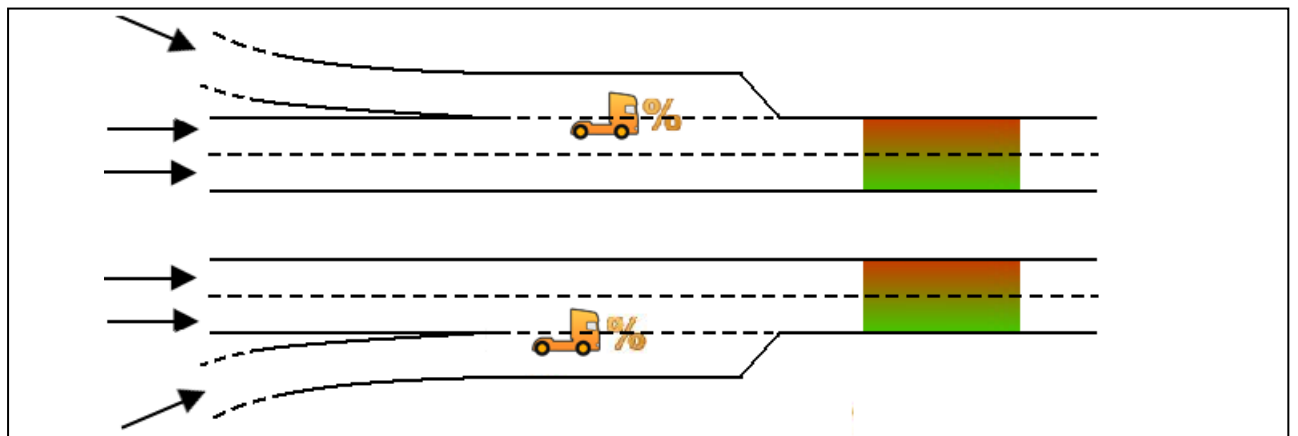
Dit is een bepalend aspect, ongeacht de vormgeving waarmee verschillende rijstroken/rijbanen bij elkaar komen.



Figuur 30 Verdeling van verkeer over rijstroken bij een tweestrooks hoofdrijbaan



Figuur 31 Verdeling van verkeer over rijstroken bij een driestrooks hoofdrijbaan



Figuur 32 Zuivere vergelijking

Deelvraag 2 *Wat is het verschil in vrije capaciteit?*

Als een invoeging en afstreping vergeleken worden, heffen dichtheid aan de ene kant en aandeel vrachtverkeer aan de andere kant, elkaar op?

Er zijn met praktijklocaties drie vergelijking gemaakt op basis van empirische verkeersgegevens. In alle gevallen behaalde een invoeging een hogere vrije capaciteit.

Met simulaties zijn 12 vergelijkingen gemaakt, onder verschillende verkeersomstandigheden. Van de 12 vergelijkingen behaalde een invoeging 9 maal een hogere capaciteit. 2 maal is er sprake van gelijkwaardige capaciteiten (geen significant verschil). In één situatie geeft een afstreping een hogere capaciteit. De conclusie is dat een invoeging (rechtszijdig ritsen) over het algemeen, in de meeste gevallen, een hogere capaciteit faciliteert.

De verschillen worden kleiner naarmate het aandeel toeritverkeer bij een invoeging oploopt, en het aandeel vrachtverkeer groter wordt. Naarmate de 'zwaarte' van het verkeersaanbod hoger oploopt, daalt de capaciteit van een invoeging harder dan de capaciteit van een afstreping. Er is sprake van een omslagpunt. Bij 30% toeritverkeer en 20-25% vrachtverkeer geeft een invoeging dezelfde capaciteit als een afstreping. Dichtheid aan de ene kant en aandeel vrachtverkeer aan de andere kant, heffen elkaar op!

Dit is verklaarbaar want de situaties lijken dan op elkaar qua aanvoer per strook, zoals bij deelvraag 1 is uitgelegd.

Vrije capaciteit Invoeging hoger, indien verkeerssamenstelling	< "lichter" is dan	30% toeritverkeer i.c.m. 15% vrachtverkeer
Vrije capaciteit Afstreping hoger, indien verkeerssamenstelling	> "zwaarder" is dan	30% toeritverkeer i.c.m. 20% vrachtverkeer

Het is een aanname dat bij een verdere "omklapping" van verkeerssamenstelling, het capaciteitsvoordeel van een afstreping toe zal nemen. De bandbreedtes waren niet breed genoeg om dit vast te stellen.

Over het aandeel vrachtverkeer

Als het aandeel vrachtverkeer stijgt, neemt de capaciteit bij een afstreping minder hard af dan bij een invoeging. Een invoeging heeft een hogere capaciteit bij een lager aandeel vrachtverkeer. Maar naar mate het aandeel vrachtverkeer stijgt, verdwijnt dit verschil. Dit komt overeen met het gevonden omslagpunt.

De capaciteit van een afstreping daalt, per vijf procentklasse aandeel vrachtverkeer, met gemiddeld 4%. Bij een invoeging is dit gemiddeld 5%. Dit verschilt niet per verdeling hoofdrijbaan-toerit.

Dit geldt zowel voor de vrije- als voor de afrijcapaciteit.

Deelvraag 3 Wat is het verschil in afrijcapaciteit?

Er zijn drie praktijksituaties vergeleken op basis van empirische verkeergegevens. Bij alle situaties gaf een invoeging een hogere afrijcapaciteit.

De simulaties gaven een iets specifiek beeld. Met simulaties zijn in totaal 12 vergelijkingen gemaakt, onder verschillende omstandigheden. Een invoeging gaf 6 maal een hogere afrijcapaciteit. 3 maal kwamen er gelijkwaardige capaciteiten uit (geen significant verschil). 3 keer gaf een afstropping een hogere afrijcapaciteit.

Over het algemeen zal een invoeging in de praktijk een hogere afrijcapaciteit behalen. Maar uit de simulaties bleek dat er ook voor de afrijcapaciteit sprake is van een omslagpunt.

Met een laag aandeel toeritverkeer bij een invoeging en een laag aandeel vrachtverkeer in totaal, geeft een afstropping een hogere afrijcapaciteit. Een omslagpunt ligt bij 25% vrachtverkeer i.c.m. 10% toeritverkeer. In dat geval zijn de capaciteiten statistisch gelijkwaardig. Daarna geeft een invoeging een hogere afrijcapaciteit bij 20% toeritverkeer en 10% vrachtverkeer. De combinatie van het aandeel vrachtverkeer en zwaarte van de ritsende strook is dus van belang.

Wanneer de "zwaarte" van het verkeersaanbod verder oploopt, lijkt er opnieuw sprake van een omslagpunt. Bij 30% toeritverkeer en 20% vrachtverkeer zijn de afrijcapaciteiten gelijkwaardig. Hier geldt weer de aanname dat bij een nog "zwaarder" verkeersaanbod een afstropping uiteindelijk een hogere afrijcapaciteit zal faciliteren.

Afrijcapaciteit Afstropping hoger, indien verkeerssamenstelling	$\geq$ gelijk is aan of "zwaarder" is dan	25% toeritverkeer i.c.m. 20% vrachtverkeer of meer
---	--	--

Afrijcapaciteit Invoeging hoger, indien verkeerssamenstelling	$\leq$	20% vrachtverkeer of meer dan 20% vracht maar i.c.m. weinig toeritverkeer (10%)
---	--------	---

Wanneer de absolute dalingen van vrije- naar afrijcapaciteit bekeken worden, blijkt dat een invoeging vooral bij 10% toeritverkeer een grote capaciteitsval heeft. De daling is veel groter dan bij 20% en 30% toeritverkeer. Dit komt overeen met de vondst van één omslagpunt, terwijl het tweede omslagpunt een aanname is.

Deelvraag 4 Welke verkeersaspecten zijn de oorzaak van de verschillen?

Uit een analyse van verkeersaspecten per zone blijkt dat het verkeersproces gelijkmatig verloopt bij *links* en *rechts*. Er komen geen noemenswaardige verschillen voor in de mate waarin de verkeerstromen samendrukken en/of vertragen. Er kan daarmee worden gezegd dat er geen onderliggende oorzaken zijn gevonden in het gedrag van de weggebruikers.

Deelvraag 5 Wat zijn de verschillen in verkeersveiligheid?

Uit de ongevalanalyse blijkt een invoeging meer verkeersonveiligheid met zich mee te brengen. Ter hoogte van de strookvermindering, en in de stroomafwaartse zone, is rechtszijdig ritsen onveiliger. Alleen in de stroomopwaartse zone is linkszijdig ritsen verkeersonveiliger. Een invoeging is dus in twee zones verkeersonveiliger en een afstreping in één.

In totaliteit vinden veel meer ongevallen plaats bij rechtszijdig ritsen. Deze hogere hoeveelheid ongevallen ontstaat vooral in en rondom spitstijden. Er is een duidelijke clustering van ongevallen zichtbaar in tijd. Dit betekent dat de verkeersveiligheid bij rechtszijdig ritsen erg daalt bij toename van de verkeersdruk.

Bij linkszijdig ritsen is dit niet het geval. In totaliteit vinden daar minder ongevallen plaats. Ook is er in veel mindere mate een clustering van ongevallen rondom spitstijden te zien. Linkszijdig ritsen brengt minder verkeersonveiligheid met zich mee.

De frequentie waarmee vrachtverkeer bij ongevallen betrokken is, lijkt voor *links en rechts* gelijkwaardig. Ook qua ernst van afloop zijn geen duidelijke verschillen ten zien. Dit komt niet overeen met de literatuur beschreven in hoofdstuk 2.4.

Wel lijkt vrachtverkeer bij rechtszijdig ritsen vaker een veroorzaker van een ongeval. Dit kan verklaard worden omdat vrachtverkeer zich aan de rechterzijde van de rijbaan bevindt. Bij linkszijdig ritsen vindt het ritsen plaats aan de zijde van de rijbaan waar geen vrachtverkeer aanwezig is. Dus vinden daar ook minder ongevallen plaats.

Dit betekent wel dat vrachtverkeer bij afstrepingen vaker als slachtoffers betrokken zijn. Dit kan verklaard worden door het feit dat de rijbaan een driestrooksbaan is. Op de meest linkerbaan is vaak druk en hier komt het hardst rijdende verkeer voor. Vanwege het afvallen van deze rijstrook wordt er meer ingehaald, wat turbulentie in de verkeersstroom veroorzaakt.



Foto van de onderzoekslocatie bij Duiven

Hoofdvraag *In welke situaties bieden linkszijdig en rechtszijdig ritsen voordeel voor de verkeersafwikkeling?*

Bij de vergelijking tussen *links* en *rechts* gaat het om de verdeling van het verkeer over de rijstroken. Aan de zijde van de rijbaan waar geritst wordt is sprake van

- een bepaalde verkeersdrukte (dichtheid)
- van een bepaalde verkeerssamenstelling (aandeel vracht)

In figuur 32 staat deze verhouding dichtheid-aandeel vracht afgebeeld. Uit het simulatieonderzoek blijkt dat de verhouding van deze aspecten bepalend kan zijn. Er zijn waarden gevonden van deze verhouding waarbij *rechts* beter presteert, waarbij *links* beter presteert, en waarbij *links* en *rechts* gelijkwaardig zijn.

Op basis van de gevonden waarden van deze verhouding, is er een soort kader denkbaar. Een kader dat bestaat uit verschillende waarden voor de verhouding dichtheid-aandeel vracht. In het midden bevindt zich een omslagpunt. Hier heffen dichtheid aan de ene kant, en aandeel vrachtverkeer aan de andere kant, elkaar op. De verhouding is in dat punt zodanig, dat *links* en *rechts* een gelijke capaciteitswaarde hebben. Dit kader staat weergegeven in figuur 33.

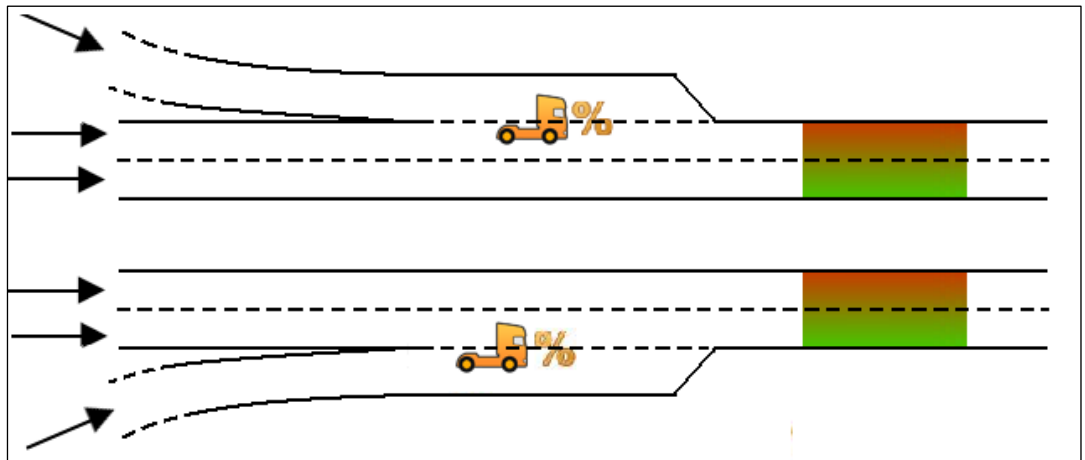
Bij verschuiving vanaf het midden ontstaat er capaciteitsvoordeel. Aan één zijde van het kader presteert een invoeging beter, aan de andere zijde presteert een afstreping beter.

Met de brandbreedtes die gebuikt zijn, is voornamelijk het gebied gevonden waar een invoeging beter presteert. Dit is de rode cirkel in figuur 33. De bandbreedte is niet breed genoeg om vast te stellen wanneer een afstreping een significant hogere capaciteit behaalt (op een paar uitzonderingen na, onder andere afrijcapaciteit). Vanwege de gevonden daling in het capaciteitsverschil, wijzen de resultaten er sterk op dat dit kader bestaat en dat een afstreping in het voordeel kan zijn.

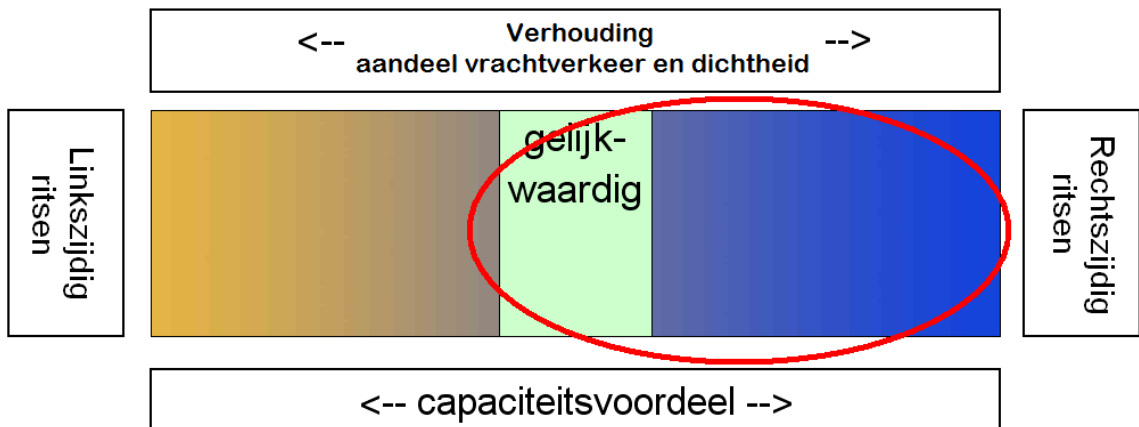
Hoe het grootste deel van het kader eruit ziet is wel bekend. Dit is de rode cirkel in figuur 33. De waarden waarbij *rechts* het beter doet, waarbij *links* het beter doet, en waarbij *links* en *rechts* gelijkwaardig zijn, zijn uitgewerkt in een afweegkader. Dit kader is te zien in figuur 34. Als van een locatie bekend is hoeveel vrachtverkeer er rijdt, en hoe groot het aandeel ritsend verkeer zal zijn, kan worden afgelezen welke vorm van ritsen meer capaciteit biedt. Er is onderscheid gemaakt tussen twee uitgangspunten, vrije- en afrijcapaciteit. Dit kan extra inzicht bieden bij congestiegevoelige locaties.

Wat betreft verkeersveiligheid komen er duidelijk minder ongevallen voor bij afstrepingen. Wanneer verkeersveiligheid het uitgangspunt is, is linkszijdig samenvoegen daarom een voor de hand liggende keuze.

Echter, bij rechts samenvoegen vindt de verstoring in de verkeersstroom stroomafwaarts plaats. De stroomafwaartse zone van een invoeging is relatief verkeersveilig. Wanneer er stroomopwaarts een conflicterende discontinuïteit gelegen is, kan zowel links- als rechtszijdig samenvoeging bijdragen aan de verkeersveiligheid.



Figuur 32 Vergelijking



Figuur 33 Kader verkeersamenstellingen

Uitgangspunt	Verkeersaanbod	Afweging	Uitkomst	Opmerking		
Hoogste Vrije capaciteit	verkeersaanbod lichter dan: • 30% toeritverkeer i.c.m 15% vracht	→	Rechts	Rechts hogere afrijcapaciteit		
	verkeersaanbod: • 30% toeritverkeer i.c.m. 20% vracht of zwaarder	→	Links	• Bij 20% vracht: Invoeging hogere afrijcapaciteit • Bij 25% vracht: Afstreping hogere afrijcapaciteit		
Uitgangspunt	Verkeersaanbod	Afweging		Uitkomst	Opmerking	
Hoogste Afrijcapaciteit	• 10% toeritverkeer	→		Rechts	Rechts hogere vrije capaciteit	
	• 20% toeritverkeer	→	• tot en met 20% vrachtverkeer	→	Links	Rechts hogere vrije capaciteit
			• vanaf 25% vrachtverkeer	→	Rechts	Rechts hogere vrije capaciteit
	• 30% vrachtverkeer	→	• tot en met 20% vrachtverkeer	→	Links	Vrije capaciteit gelijkwaardig
			• vanaf 25% vrachtverkeer	→	Rechts	Links hogere vrije capaciteit

Figuur 34 Afweegkader

7.2 Aanbevelingen vervolgonderzoek

Naast de nieuwe kennis die ontstaan is, is ook ontdekt waaraan meer onderzoek gewijd kan worden.

Meer onderzoek naar praktijksituaties

Om daadwerkelijk verbeteringen in de praktijk toe te kunnen passen is het zinvol om praktijksituaties verder te onderzoeken. Welke situaties komen voor, of kunnen voorkomen, waar de keuze tussen links of rechts reëel is? Hier is in dit onderzoek wel enig aandacht aan besteedt, maar niet heel uitgebreid.

Als zulke situaties gevonden worden, is het een logisch vervolg om deze specifiek te onderzoeken. Zo kan duidelijk worden welke zinvolle ontwerpkeuzes (nog) niet in de huidige richtlijnen voorkomen.

Nader onderzoek naar het verkeersproces bij congestie

Fosim is niet gekalibreerd voor file-situaties. Het model bootst individueel gedrag van weggebruikers na om zo een verkeersstroom weer te geven. Dit gedrag is gebaseerd op file-vrije situaties. Het model bevat geen gedrag voor file-situaties. Het is daarom onbekend hoe goed (of hoe fout) Fosim een verstoorde verkeersafwikkeling weergeeft. De hypothese is dat Fosim file-zwaarte overschat. Het is zinvol om meer kennis te verzamelen van het verkeersproces tijdens file-situaties. Hiermee kunnen betere voorspellingen gemaakt worden van o.a. capaciteiten, reistijden en file-zwaarte. Het is zinvol om dit aan Fosim te kunnen toevoegen.

8 Vervolg: Een uitwerking

Links en rechts ritsen blijken minder goed vergelijkbaar dan gedacht. Dit was (persoonlijk gezien) teleurstellend. In de praktijk is van een directe onderlinge keuze vaak geen sprake. Naar aanleiding van dit onderzoek zijn er situaties ontdekt waarbij de keuze wel degelijk reëel is. Dit zijn situaties die niet in praktijk, en niet in de richtlijnen, voorkomen. In dit hoofdstuk staan een aantal van deze situaties beschreven. De situatie die het meest kansrijk is voor toepassing in de praktijk, is gekozen voor een specifieke uitwerking. Het onderzoek is als het ware in het klein herhaald. Hieruit blijkt dat de huidige ontwerprichtlijnen niet optimaal of volledig zijn. Er zou vaker gekozen moeten worden tussen *links* en *rechts*.

8.1 Mogelijke situaties met keuze links-rechts

Voor een zuivere vergelijking komen de volgende verkeerssituaties in aanmerking:

- Het einde van spits- en plusstroken.
- Een linker invoeging vs. een rechter invoeging.
- Een linker afstreping vs. een rechter afstreping.
- Een invoeging vs. een samenvoeging i.c.m. een linker afstreping.
- Strookvermindering na een VRI/kruispunt.

Einde van spits- en plusstroken

Een spitsstrook is een vluchtstrook die tijdens de spitsuren functioneert als tijdelijke extra rijstrook. Deze bevindt zich dus aan de rechterzijde van de rijbaan. Buiten de spitsuren vervult deze strook de normale functie van vluchtstrook.

Een plusstrook is een extra rijstrook tijdens spitsuren aan de linkerzijde van de rijbaan. Deze kan gecreëerd worden door de overige rijstroken en/of de vluchtstrook te versmallen.

Spits- en plusstroken hebben geen oneindige lengte en in deze situaties kan samenvoegen/ritsen dus zowel van de links als van rechts plaatsvinden. De keuze wordt in deze situatie lastig gemaakt omdat spits- en plusstroken in de praktijk bijna nooit knelpunten zijn. Capaciteiten vergelijken is daarom lastig.

Een rechter invoeging vs. een linker invoeging

In Nederland wordt terughoudend gedacht over linker invoegingen. Dit komt omdat de linker rijstrook het snelste rijdende verkeer bevat. Hierdoor is er sprake van (te) veel snelheidsverschil tussen het invoegende verkeer en verkeer op de hoofdrijbaan. Dit geldt vooral voor het logge vrachtverkeer. Dit levert verkeersonveiligheid op en is een reden om niet voor een linker invoeging te kiezen.

Een groot voordeel van een linker invoeging kan zijn dat er in bepaalde situaties geen fly-over gecreëerd hoeft te worden. Wat ruimte en geld bespaart.

In Amerika kent men het Keep-your-Lane principe, waarbij bestuurders de rijstrook aanhouden waarop men de autosnelweg is opgekomen. De verdeling van verkeer over rijstroken is dan veel gunstiger voor een linker invoeging.

Een rechter afstreping vs. een linker afstreping

Een rechter afstreping wordt in de regel niet gecreëerd omdat het logge vrachtverkeer hierbij van strook moet wisselen. Vrachtwagens zijn minder beweeglijk, hebben een beperkt zicht, en minder vermogen om te remmen en op te trekken. Een rechter afstreping lijkt daardoor in veel gevallen geen goede keuze.

Een invoeging vs. een samenvoeging i.c.m. een linker afstreping

Invoeging en afvallende rijstroken komen in de praktijk veel voor. In beide situaties moet het verkeer verder op een minder aantal rijstroken. Bij een invoeging gebeurt dit rechts. Bij een afstreping links. Een (rechter) invoeging kan "vervangen" worden met een (linker) afstreping door twee rijbanen eerst te laten samenvoegen en hierna links af te strepen. Deze vergelijking is al grotendeels gemaakt in dit onderzoek.

Strookvermindering na een kruispunt

Bij VRI's zijn vaak voorsorteerstroken gecreëerd als buffer om verkeer goed te kunnen afwikkelen. Na het kruispunt vindt meestal weer strookvermindering plaats omdat de intensiteiten dat toelaten. Deze strookvermindering kan aan beide zijden van de rijbaan plaatsvinden. De keuze van zijde van afstrepen wordt beïnvloed door het aanwezige vrachtverkeer.

Veel automobilisten willen het langzamere vrachtverkeer via de linker rijstrook inhalen. Wanneer de linker rijstrook afvalt, hebben automobilisten hier maar een beperkte ruimte en tijd voor. Dit veroorzaakt turbulentie.

Bij een rechter afstreping moet het logge vrachtverkeer weliswaar strookwisselen. Maar omdat dit vrachtverkeer langzaam optrekt op de rechterrijstrook, hoeft het overige verkeer veel minder inhaalmanoeuvres te maken. Wellicht is het meeste personenverkeer de afstreping al voorbij, wanneer het vrachtverkeer gaat strookwisselen. De hypothese is dat dit een betere verkeersafwikkeling oplevert.

Deze situatie valt op omdat de vraag kan worden gesteld of het aandeel vrachtverkeer aan de ene kant, en dichtheid aan de andere kant, elkaar opheffen.

Bij een linker afstreping ontstaat er loze ruimte bij de middenberm. De weg buigt van de as af bij een linker afstreping. Het wegverloop moet een bocht bevatten om dit te corrigeren. Bij een rechter afvallende strook is dit niet het geval.

Keuze van de uit te werken situatie

Als zuivere vergelijking is gekozen voor de afstreping na een VRI.

Deze situatie lijkt het meest kansrijk om bij te kunnen dragen aan de doorstroming in de praktijk.

8.2 Werkwijze

De vrije capaciteit is gemeten en vergeleken. Dit is op dezelfde wijze gedaan zoals beschreven in §4.2.2, op pagina 33.

8.2.1

De situatie

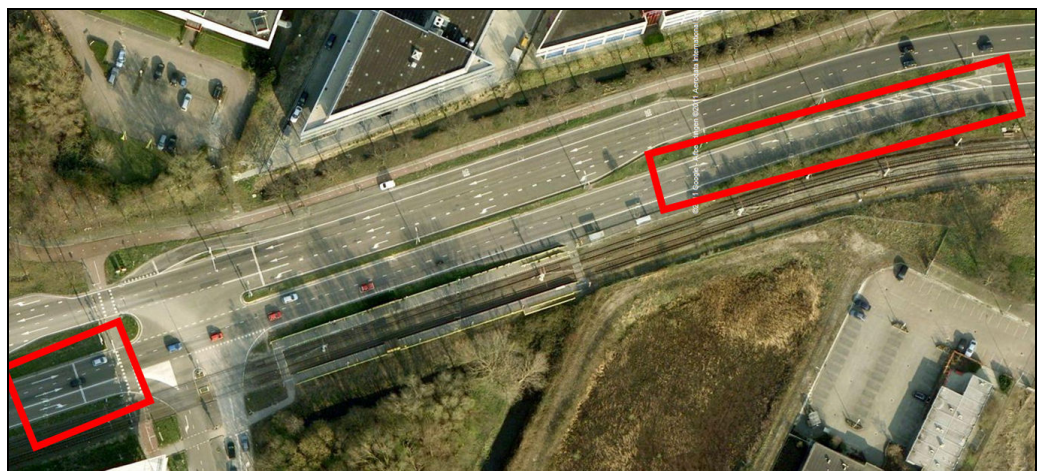
In de praktijk heeft Rijkswaterstaat te maken met VRI's waar het hoofdwegennet en het onderliggend wegennet op elkaar aansluiten. Bij deze VRI's zijn vaak voorsorteerstroken gecreëerd als buffer om verkeer goed te kunnen afwikkelen. Na het kruispunt vindt meestal weer strookvermindering plaats omdat de intensiteiten dat toelaten. Dit is afgebeeld in figuur 35.



Figuur 35 Afstropping na VRI, toerit A28 Zwolle-Noord

Voor de afstand van het kruisingsvlak tot de afstropping bestaat geen richtlijn. In de praktijk komt 50 tot 100 meter vaak voor.

Het principe van afstropping na een VRI komt veel voor bij binnenstedelijk verkeer op gebiedontsluitingswegen, waarvan in figuur 36 een voorbeeld te zien is.



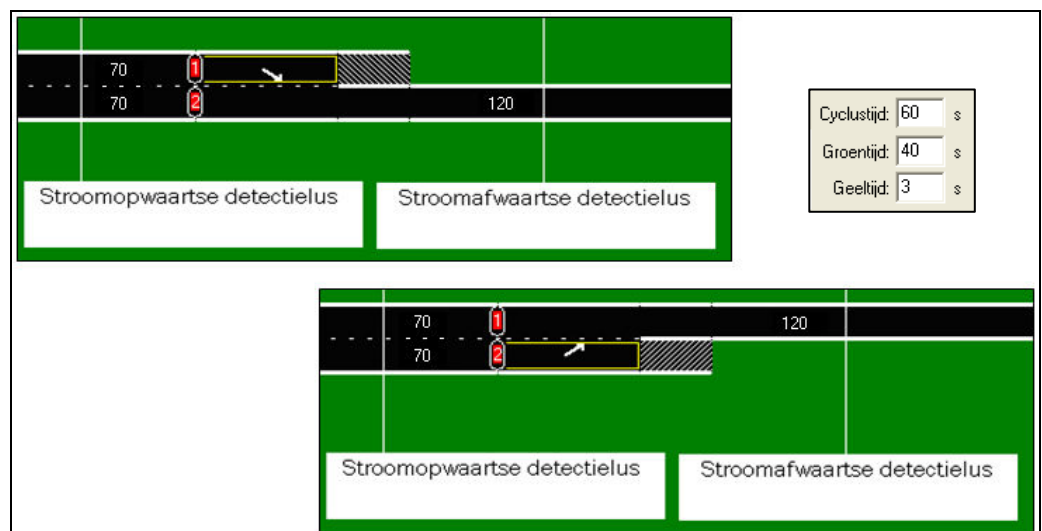
Figuur 36 Afstropping na VRI, kruising Europalaan-Griffioenlaan te Utrecht

8.2.2 De situatie in het model

In Fosim kan geen kruispunt aangemaakt worden. Het model bevat één rijrichting per configuratie (modelopzet). Dit betekent ook dat het kruisingsvlak ook niet kan worden aangemaakt. Het weggedeelte stroomafwaarts van het kruispunt, waar de strookvermindering plaatsvindt, wordt ingetekend.

De verkeersregelininstallatie lijkt nu in het model in principe op een stopstreep. De afstand van de verkeersregelininstallatie tot de afstreping is 100 meter. Dit is een combinatie van de lengte van een kruisingsvlak en de lengte van 50-100 meter tot de afstreping.

Fosim is geschikt voor snelwegsituaties. Op het onderliggend wegennet rijdt het verkeer niet zo hard. Stroomopwaarts van de VRI is daarom een maximumsnelheid van 70km/h ingesteld. Dit is de laagste maximumsnelheid mogelijk in Fosim. De groentijden zijn een optelsom van de groentijden van alle richtingen van het kruispunt (wat wegvalt in de schematisering). Er is gekozen voor 40 seconden groen, 3 seconden geel, 17 seconden rood blijft over. De totale cyclustijd bedraagt 60 seconden. In figuur 37 staat de schematisering van de situatie weergegeven.



Figuur 37 Schematisering

8.2.3 Meetmethode

Stroomafwaarts van de afstreping wordt met een detectielus de intensiteiten gemeten. Door middel van een oplopend intensiteitenverloop wordt duidelijk welk ontwerp hogere intensiteiten kan verwerken. Met een stroomopwaartse detectielus wordt de vertraging van het verkeer gemeten als gevolg van de afstreping. Hier geldt een snelheidscriterium. Als er (stroomopwaarts van de afstreping) file ontstaat kunnen er geen hogere intensiteiten door de afstreping.

Helaas is de afstand van 100 meter, tussen de verkeersregelininstallatie en de afstreping, te kort. Het verkeer is er constant aan het optrekken en strookwisselen. De turbulentie is er zodanig dat deze niet versterkt naarmate de intensiteit toeneemt. Hierdoor kan het effect van de afstreping op de vertraging van het verkeer niet gemeten worden. Als oplossing is gekozen is om te meten wanneer er een wachtrij bij de VRI ontstaat. Het criterium voor de maximale intensiteit door de afstreping is dus het moment waarop de VRI de aanvoer niet meer kan verwerken.

8.2.4 *Bandbreedtes verkeerssamenstellingen*

De capaciteiten worden vergeleken door te meten welk ontwerp hogere intensiteiten kan verwerken. Dit wordt gedaan door middel van een geleidelijk oplopend intensiteitenverloop.

Voor het aandeel vrachtverkeer wordt een variatie aangehouden, welke vergelijkbaar is met de variatie in het hoofdonderzoek.

De verkeerssamenstellingen bestaan daarom uit:

- Een geleidelijk oplopend intensiteitenverloop
- Aandelen vrachtverkeer van
 - 10%
 - 15%
 - 20%
 - 25%

8.2.5 *Betrouwbaarheid*

Omdat capaciteit geen vaste waarde is, zijn er 100 simulaties uitgevoerd per aandeel vrachtverkeer. Bij deze simulaties zorgt Fosim voor de nodige realistische variatie, zoals beschreven in §4.2.3 op pagina 34. De betrouwbaarheidsmarges die hierbij horen worden niet vergeleken met “werkelijke gegevens” uit de praktijk.

De gevonden verschillen tussen een afstropping en een invoeging kunnen klein blijken. Wanneer is er sprake van een daadwerkelijk capaciteitsverschil? Om met een bepaalde betrouwbaarheid te kunnen stellen dat de verschillen niet op toeval berusten, is gebruik gemaakt van de *verschiltoets voor μ bij vooraf bekende varianties*.¹³

¹³ Buijs, A (2003) Statistiek om mee te werken, Wolters Noordhoff, Groningen

8.3 Uitkomsten

De uitkomst van de simulaties staat in tabel 38.

Te zien is dat bij alle aandelen vrachtverkeer een rechter afstreping een (significant) hogere capaciteit behaalt.

Tabel 38				
Aandeel vrachtverkeer	Capaciteit		Vershil	
	Linker afstreping	Rechter afstreping	Absoluut verschil	significant
10%	1380 vtg/h	1392 vtg/h	12 vtg	☒
15%	1302 vtg/h	1322 vtg/h	20 vtg	☒
20%	1236 vtg/h	1260 vtg/h	24 vtg	☒
25%	1164 vtg/h	1224 vtg/h	60 vtg	☒

Opmerking

Bij 10% vrachtverkeer is er sprake van een significant verschil terwijl het absolute verschil slechts 12 voertuigen is. Dit is opvallend maar dit is verklaarbaar doordat er smalle spreidingen voorkwamen in de simulatieuitkomsten van het model. Hierdoor is er sprake van een strenge grens bij de statistische berekening. Dit doet echter geen afbreuk aan de uitspraak van de significante verschillen.

8.4 Conclusie

Uit de uitgevoerde simulaties blijkt dat een rechter afstreping na een kruispunt vrijwel altijd meer verkeer zal kunnen verwerken dan een linker afstreping.

Naar aanleiding van deze resultaten is de verwachting dat het capaciteitsvoordeel enkel maar groter wordt voor rechtszijdig samenvoegen bij hogere aandelen vrachtverkeer.

Eventueel kan nog naar een ondergrens gezocht worden. Wanneer er geen vrachtverkeer aanwezig is, ligt het in de verwachting dat een rechter afstreping slechter presteert, vanwege het hoge aantal personenauto's dat van strook moet wisselen.

In de praktijk zijn afvallende rijstroken na kruispunten altijd links gelegen. Op basis van doorstroming is dit, volgens analyse met Fosim, niet de beste keuze. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de huidige ontwerprichtlijnen niet altijd optimaal zijn en dat er in de praktijk vaker tussen *links* of *rechts* gekozen moet worden.

Bronvermelding

8.5 Literatuur

Rijkswaterstaat AVV (2004) FOSIM 5.0 Gebruikershandleiding, TU Delft

Rijkswaterstaat AVV (2001) Cursus Fosim, TU Delft

Rijkswaterstaat AVV (2011) Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen, Handboek versie 3

Rijkswaterstaat AVV (1993) Richtlijnen voor het Ontwerpen van Autosnelwegen – Hoofdstuk 1: Basiscriteria.

Rijkswaterstaat AAV (2007) Nieuwe Ontwerprichtlijnen Autosnelwegen

Wiedemann, R., *Simulation des Straßenverkehrsflusses*, Karlsruhe: Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, Heft 8, 1974

Grontmij (2007) Veras 10 beginnerscursus, Grontmij Geoinformatie

Rijkswaterstaat Oost-Nederland (2011) Evaluatierapportage Golfbreker A1, Breijn B.V.

Vermijs, R. (1997) Capaciteitswaarden Symmetrische Weefvakken, TU Delft

Dijker, T. De Leeuw, A.M. (1998) Evaluatie Verkeersafwikkeling Ritsproject 1998, Rijkswaterstaat AVV, TU Delft.

Rijkswaterstaat AVV (2006) Eindrapportage Ongevallen Vrachtauto's op Rijwegen

Vanderbilt, T (2008) Traffic: Why we drive the way we do (and what it says about us), Allen Lane, Londen

Buijs, A (2003) Statistiek om mee te werken, Wolters Noordhoff, Groningen

Jansen, C. Steehouder, M. Gijsen, M. (2006) Professioneel Communiceren, Taal –en communicatiegids, Wolters Noordhoff, Groningen

8.6 Internet

<http://www.verkeersgegevens.nl>

MTR+ Applicatie, Meetlusgegevens, zie: <http://goo.gl/v0yYU>

<http://maps.google.nl>, kaartafbeeldingen

8.7 Software

Fosim 5.1, Simulatiemodel, <http://www.fosim.nl>

Veras 10.0, Verkeersongevallen-data, zie: <http://goo.gl/IIVZY>

Bijlagen

Vanaf hier de bijlagen.

- Bijlage 1 Bandbreedtes van het onderzoek
- Bijlage 2 Beschrijving onderzoekslocaties
- Bijlage 3 Beschrijving simulatiemodel
- Bijlage 4 Kalibratie simulatiemodel
- Bijlage 5 Betrouwbaarheid capaciteitsschattingen
- Bijlage 6 Ongevallenverloop onderzoekslocaties
- Bijlage 7 Ongevallen naar tijd/lichtgesteldheid
- Bijlage 8 Selectie gegevens ongevallenanalyse

Bijlage 1 - Bandbreedtes onderzoek

Als bandbreedte van het onderzoek is er gevarieerd met intensiteiten en percentages vrachtverkeer. Bij een invoeging is er sprake van een verhouding hoofdrijbaan-toerit, zowel qua intensiteiten als aandelen vrachtverkeer. Bij een afstropping is er uiteraard geen sprake van een verdeling toerit-hoofdrijbaan. Er is gekeken welke verkeerssamenstellingen er in de realiteit voorkomen. Hiervoor is gebruik gemaakt van het Nieuw Regionaal Model¹. Van 20 aansluitingen over 7 snelwegen in Oost-Nederland zijn de verhoudingen van intensiteiten en aandelen vrachtverkeer bekeken. De lijst met aansluitingen is aan het eind van deze bijlage toegevoegd.

Voor aandelen vrachtverkeer is gekeken in de Rijkswaterstaatbrede lijst voor WBU².

1.1 Percentages vrachtverkeer

Qua percentage vrachtverkeer is er sprake van een totaal aandeel vrachtverkeer over een knelpunt en een verdeling hoe deze afkomstig is van hoofdrijbaan-toerit. Wanneer er op een knelpunt 20% vrachtverkeer aanwezig is, kan er daarvan 5% maar ook 10% van de toerit komen. Hier zijn dus vele combinaties mogelijk tussen; verhouding toerit-hoofdrijbaan, en totaal aandeel vrachtverkeer.

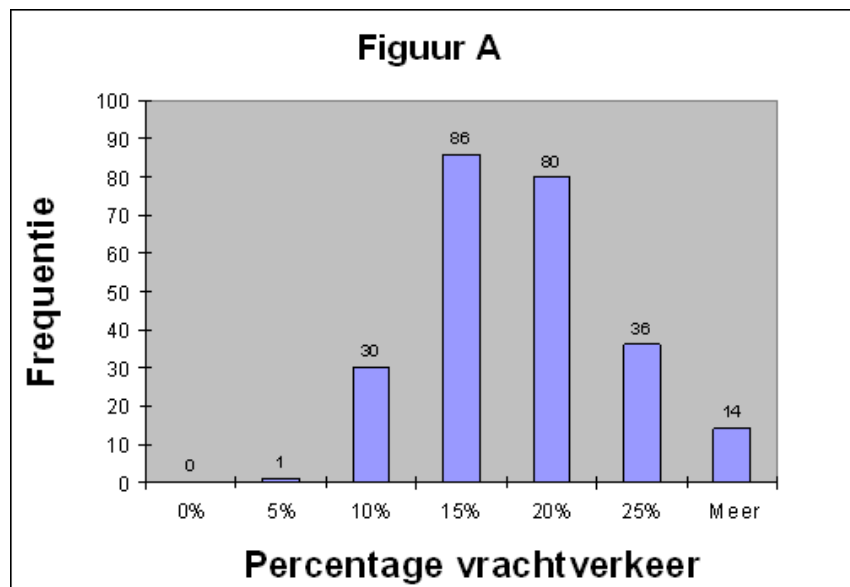
1.1.1 *Totaal aandeel vrachtverkeer*

Voor algemeen realistische aandelen vrachtverkeer is de Rijkswaterstaatbrede lijst voor WBU gebruikt. Hierin staat onder andere van elk wegvak het percentage vrachtverkeer. Er is alleen gebruik gemaakt van wegvakken in regio Oost-Nederland. Tussen deze wegvakken liggen zo'n 200 aansluitingen dus het geeft een goed beeld van aandelen vrachtverkeer op het Nederlandse autosnelwegennet. In figuur A (volgende pagina) staan de gevonden aandelen vrachtverkeer weergegeven. De klassenbreedtes zijn hierbij aangepast totdat er duidelijke en bruikbare verschillen zichtbaar werden in de grafiek.

Zodoende is er gekozen om te variëren met 10, 15, 20 en 25% vrachtverkeer.

¹ Het Nieuw Regionaal Model. Het NRM. Dit model is en wordt ontwikkeld door de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat. Het model bestaat uit een uitgebreid beeld van verkeers- en vervoersstromen. Het model bevat een schatting voor het jaar 2020. Hiermee worden gevolgen van veranderingen in ruimte ordening op verkeer en vervoer ingeschat.

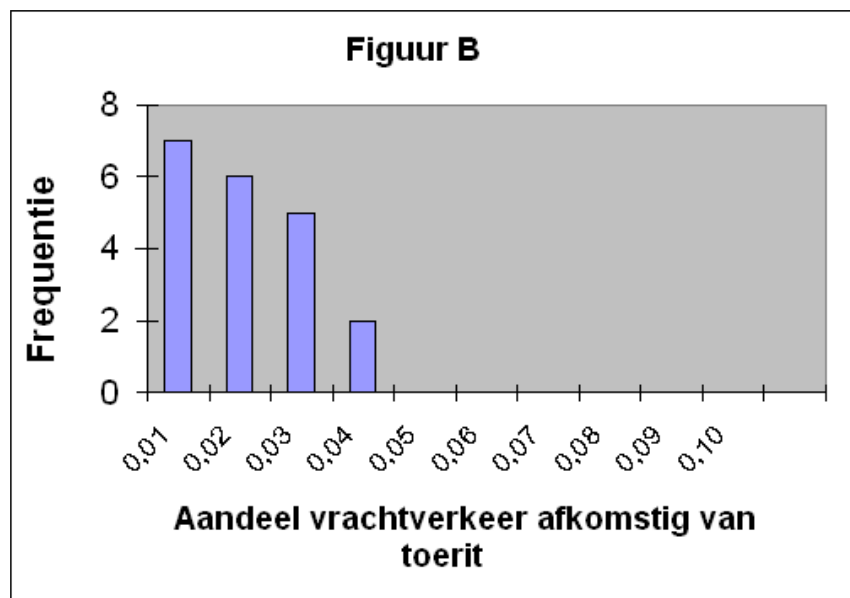
² WBU. Werkbare uren. Op basis van de verwachte verkeersintensiteiten voor het eerstvolgende jaar en de (bekende) resterende wegcapaciteit als gevolg van wegwerkzaamheden wordt bepaald of er wegwerkzaamheden uitgevoerd kunnen worden. Deze lijst bevat door RWS vastgestelde intensiteiten en percentages vrachtverkeer.



1.1.2

Verdeling vrachtverkeer hoofdrijbaan-toerit

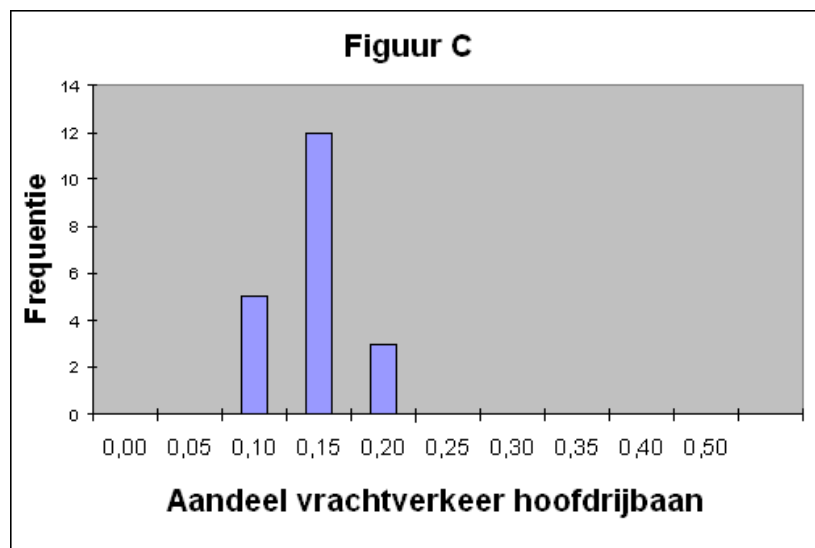
Voor de verdeling van vrachtverkeer over de toerit en hoofdrijbaan is gebruik gemaakt van het NRM. Aandelen vrachtverkeer afkomstig van toeritten zijn met een spreiding weergegeven in Figuur B.



Te zien is dat het percentage vrachtverkeer van de toerit overall binnen 5% valt. Daarom is er gekozen voor een vast aandeel vrachtverkeer op de toerit van 5%. Met totale percentages vrachtverkeer van 10, 15, 20, 25 en een vast percentage op de toerit, blijven er automatisch waarden over voor de spreiding van vrachtverkeer op de hoofdrijbaan. Ter controle zijn aandelen vrachtverkeer op de hoofdrijbaan weergegeven in Figuur C. De spreiding is klein, maar groter dan de spreiding van

het percentage vrachtverkeer op de toeritten. Het is dus acceptabel om voor het vrachtverkeer te variëren op de hoofdrijbaan en niet op de toerit.

Een extra beredenering voor deze keus is dat er op een éénstrooks toerit maar een beperkt aandeel vrachtverkeer past. In de praktijk zit er vaak een groter aandeel vracht op de hoofdrijbaan omdat vrachtverkeer gemiddeld langere ritten maakt in vergelijking met de frequentie waarmee invoegingen voorkomen op het Nederlandse autosnelwegennet.

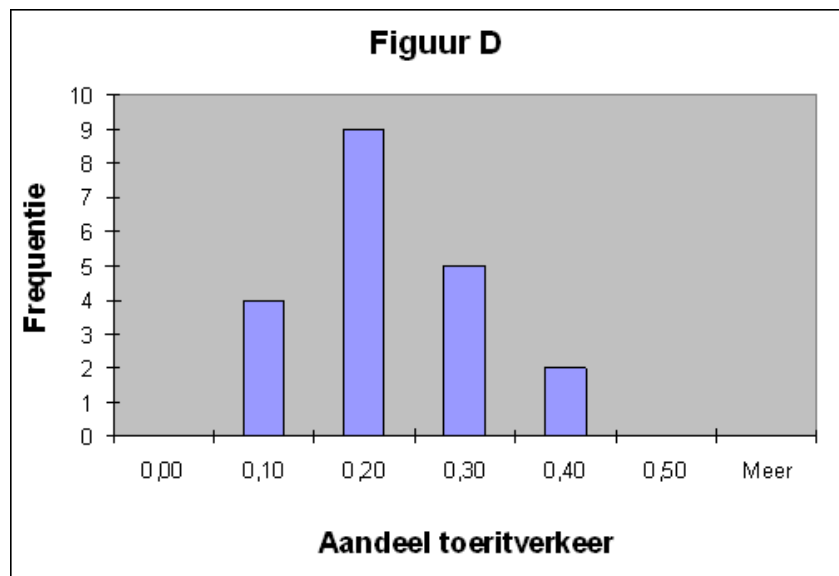


De klassenbreedtes van de spreiding zijn steeds aangepast totdat er duidelijke en bruikbare verschillen zichtbaar werden.

1.2 Intensiteiten

Voor de hoogte van de intensiteiten hoefden er weinig keuzes te worden gemaakt, aangezien deze simpelweg hoog genoeg moeten zijn om congestie te veroorzaken. In de vuistregel ontstaat er op een tweestrooksrijbaan congestie met >4200 mvt/h. Er kan dus niet in hoogte van intensiteiten worden gevarieerd. Er moet vanzelf blijken hoe hoog deze moeten oplopen voor congestie.

Er is wel gevarieerd met verdeling van intensiteiten over hoofdrijbaan en toerit. De gevonden spreiding in variatie uit het NRM is te zien in Figuur D.

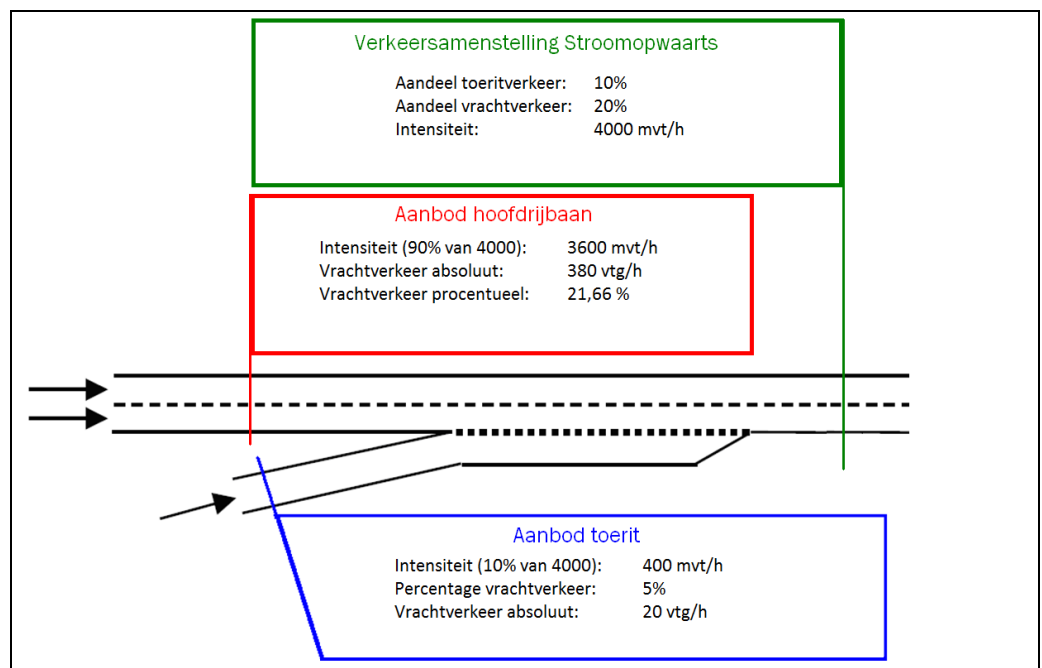


Met de klassenbreedte van de spreiding is gevarieerd totdat er duidelijke en bruikbare verschillen zichtbaar werden.
Zodoende is er gevarieerd met 10%, 20% en 30% toeritverkeer.

1.3 Visualisatie van verkeerssamenstellingen

Voor het maken van een eerlijke vergelijking moet van de situatie worden uitgegaan op de uitgaande rijbaan. Deze situaties moeten gelijk zijn. Dit is van belang omdat bijvoorbeeld 10% vrachtverkeer van het toeritverkeer geen 10% vrachtverkeer meer is na samenvoeging met de hoofdrijbaan. Met de verdeling van intensiteiten en aandelen vrachtverkeer is zorgvuldig omgegaan.

In figuur E staat een visualisatie van verkeerssamenstelling #7. In het rode en blauwe kader staan de verkeerssamenstellingen stroomopwaarts die samen stroomafwaarts verkeerssamenstelling #7 zullen vormen (het groene kader).



Figuur E Visualisatie van verkeerssamenstelling #7

1.4 Nieuw Regionaal Model.

De 20 aansluitingen, over totaal 7 snelwegen in Oost-Nederland, die uit het NRM zijn bekeken staan vanaf de volgende pagina weergegeven.

#	locatie	Gegevens				
1	Deventer		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a1	toerit	1673	1/4	173	0,03
	ochtendspits	hoofdrijbaan	4480	3/4	671	0,11
2	hoenderloo		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a1	toerit	601	1/7	22	0,01
	ochtendspits	hoofdrijbaan	3323	6/7	444	0,11
3	barneveld		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a1	toerit	2033	1/3	161	0,03
	ochtendspits	hoofdrijbaan	4302	2/3	522	0,08
4	markelo		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a1	toerit	326	0	19	0,01
	ochtendspits	hoofdrijbaan	3420	1	608	0,16
5	culemborg		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a2	toerit	1367	1/6	72	0,01
	ochtendspits	hoofdrijbaan	6804	5/6	907	0,11
6	geldermalsen		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a2	toerit	684	0	120	0,02
	ochtendspits	hoofdrijbaan	6442	1	793	0,11
7	geldermalsen		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a15	toerit	393	1/9	60	0,02
	ochtendspits	hoofdrijbaan	3347	8/9	597	0,16
8	tiel		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a15	toerit	565	1/6	71	0,02
	ochtendspits	hoofdrijbaan	2913	5/6	584	0,17
9	Ochten		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a15	toerit	769	2/9	86	0,03
	ochtendspits	hoofdrijbaan	2622	7/9	492	0,15
10	Elst		inteniteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a15	toerit	1077	2/9	36	0,01
	ochtendspits	hoofdrijbaan	3664	7/9	567	0,12

#	locatie	Gegevens				
10	Elst		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a15	toerit	1077	2/9	36	0,01
	ochtendspits	hoofdrijbaan	3664	7/9	567	0,12
11	nijkerk		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a28	toerit	1722	1/3	179	0,04
	ochtendspits	hoofdrijbaan	3364	2/3	369	0,07
12	lelystad		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a28	toerit	719	1/5	30	0,01
	ochtendspits	hoofdrijbaan	2775	4/5	454	0,13
13	Delden		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a35	toerit	744	1/5	60	0,02
	ochtendspits	hoofdrijbaan	3056	4/5	306	0,08
14	nieuwleusden		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a28	toerit	567	1/9	65	0,01
	ochtendspits	hoofdrijbaan	4664	8/9	567	0,11
15	hattem		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a50	toerit	330	1/9	37	0,01
	ochtendspits	hoofdrijbaan	2853	8/9	412	0,13
16	Epe		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a50	toerit	673	1/6	119	0,03
	ochtendspits	hoofdrijbaan	3045	5/6	392	0,11
17	beldoorn-noord		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a50	toerit	290	0	24	0,01
	ochtendspits	hoofdrijbaan	3380	1	525	0,14
18	loene		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a50	toerit	287	0	16	0
	ochtendspits	hoofdrijbaan	4446	1	555	0,12
19	Ede		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a30	toerit	899	2/7	68	0,02
	ochtendspits	hoofdrijbaan	2244	5/7	241	0,08
20	Barneveld-zuid		intensteit	verhouding	vrachtw intensiteit	vrachtw procent
	a30	toerit	366	1/7	45	0,02
	ochtendspits	hoofdrijbaan	2106	6/7	219	0,09

Bijlage 2 – Onderzoekslocaties

In dit hoofdstuk staan de gekozen onderzoekslocaties beschreven. Er is gekozen voor:

- Driemaal afvallende linker rijstrook
 - Afstreping A1 bij Lochem, HBL¹
 - Afstreping A27 bij Lexmond, HBL
 - Afstreping A58 bij Goirle, HBR²
- Driemaal invoeging
 - Toerit A50, knooppunt Valburg, HRL
 - Toerit A12 bij Duiven, HRR
 - Toerit A1, knooppunt Beekbergen, HRL

Deze locaties voldoen aan de criteria die benoemd staan in de onderzoeksopzet. In de volgende paragrafen zijn de locaties beschreven.

¹ HRL. Hoofdrijbaan Links. Deze afkorting geeft de rijrichting van het verkeer aan door één zijde van de rijbaan te benoemen. Rijrichting Links is altijd gelijk aan aflopende hectometrering.

² HRR. Hoofdrijbaan Rechts. Deze afkorting geeft de rijrichting van het verkeer aan door één zijde van de rijbaan te benoemen. Rijrichting Rechts gaat altijd gepaard met een oplopende hectometrering.

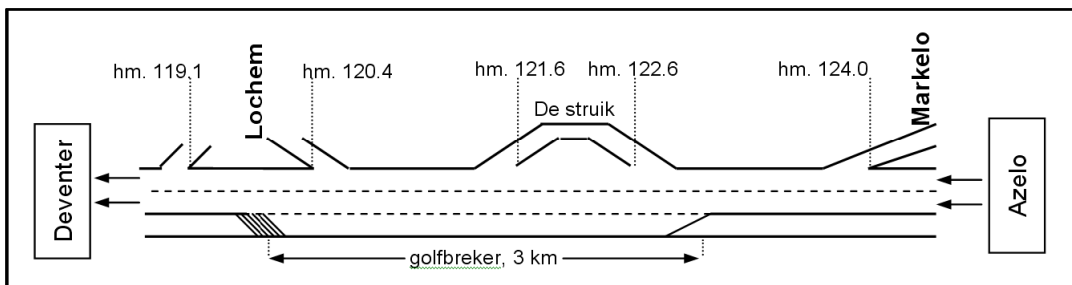
Afstreping A1 bij Lochem

Locatiebeschrijving

Op de A1 bij Deventer ontstaat regelmatig een filegolf in de spits. Deze ontstaat meestal bij Bathmen maar soms ook al tussen Deventer en Twello. Om de filegolf te beheersen heeft Rijkswaterstaat een extra rijstrook van circa drie kilometer aangelegd tussen de aansluitingen Markelo en Lochem, ook wel de Golfbreker genoemd. De realisatie vond plaats in de eerste helft van 2010. De Golfbreker is aan de linkerzijde van de rijbaan aangebracht en beëindigd met een linker afstreping.

Voorheen bewogen filegolven zich kilometers terug en doofden meestal uit bij Rijssen. Het kwam ook voor dat de filegolf tot voorbij knooppunt Azelo reikte. Weggebruikers op het traject kregen hierdoor te maken met een onverwachte file waarvoor zij plotseling moesten remmen en waarvan de oorzaak en duur niet duidelijk was.

De Golfbreker heeft een duidelijk effect op de locatie waar files oplossen. Daarmee zijn de verkeersomstandigheden op het traject beter in te schatten. Door middel van dynamische waarschuwingsborden weten de weggebruikers waar ze aan toen zijn. File komt echter nog steeds voor want dit traject is niet het knelpunt. Op onderstaande afbeeldingen staat de situatie weergegeven.



De Golfbreker eindigt bij aansluiting Lochem. De Struik is een tankstation/ verzorgingsplaats.

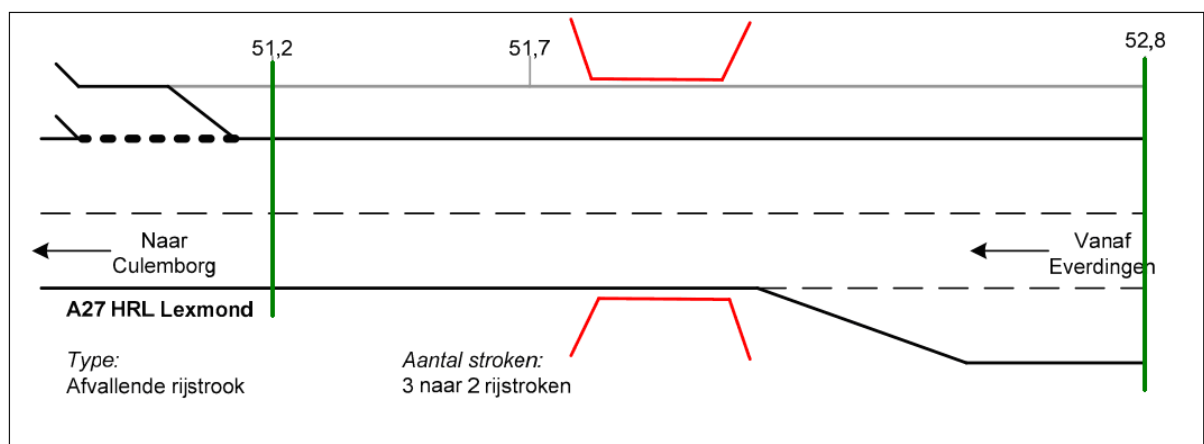
Afstreping A27 bij Lexmond

Locatiebeschrijving

Op de A27 valt de linker rijstrook af tussen knooppunt Everdingen en aansluiting Lexmond. De hoofdrijbaan gaat hier van 3 naar 2 rijstroken. Na de afvallende rijstrook gaat de hoofdrijbaan over een brug heen. Het wegprofiel is tamelijk ruim en voldoet aan de richtlijnen (ROA/NOA). De maximumsnelheid bij het knelpunt is 120 km/uur. De vooraanduiding voor het ritsen staat op 650 meter, voor het ritsen is 300 meter beschikbaar. Onderstaande afbeelding geeft de locatie weer.



In onderstaande afbeelding staat een schematisering van het knelpunt. Met een groene kleur staat de locatie van nabij gelegen meetlussen aangegeven (en hectrometrering).



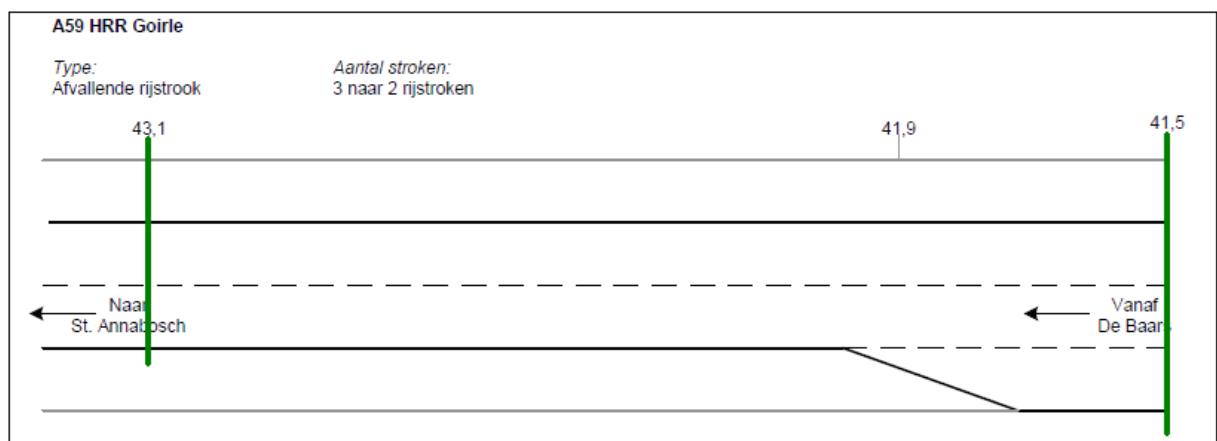
Afstreping A58 bij Goirle

Locatiebeschrijving

Op de A58 is bij Goirle (in de buurt van Tilburg) sprake van een afvallende linker rijstrook, tussen knooppunt De Baars en knooppunt Sint Annabosch. De hoofdrijbaan gaat hier van 3 naar 2 rijstroken. Het wegprofiel is relatief ruim en conform de richtlijnen (ROA/NOA). De maximumsnelheid bij het knelpunt is 120 km/uur. De vooraanduiding voor het ritzen staat op 610 meter. Het ritzen vindt plaats over een lengte van 310 meter. Onderstaande afbeelding geeft de locatie weer.



In onderstaande afbeelding staat een schematisering van het knelpunt. Met een groene kleur staat de locatie van nabij gelegen meetlussen aangegeven (en hectrometrering).



Toerit parallel baan, A50 knooppunt Valburg

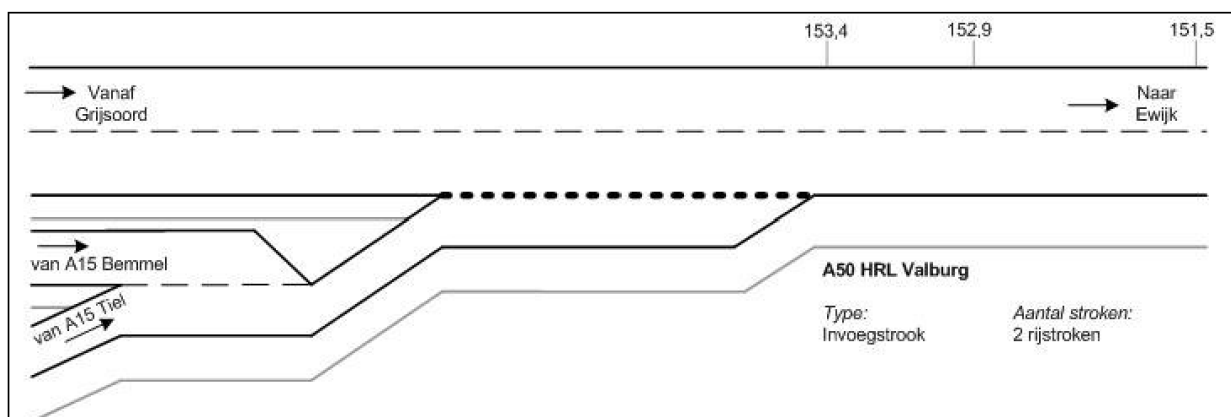
Locatiebeschrijving

Op de A50 van Arnhem naar Eindhoven ontstaat regelmatig filevorming na de samenvoeging vanuit de richtingen Tiel/Bemmel (A15) en de hoofdrijbaan (A50) van knooppunt Valburg (A15/A50). Het wegprofiel is conform de richtlijnen (ROA/NOA). De maximumsnelheid op deze locatie is 120 km/h. De invoegstrook is 325 meter lang.

Op onderstaande afbeelding staat de locatie weergegeven.



Onderstaande figuur geeft een schematisering weer van het knelpunt, en nabij gelegen meetlussen incl. hectometrering.



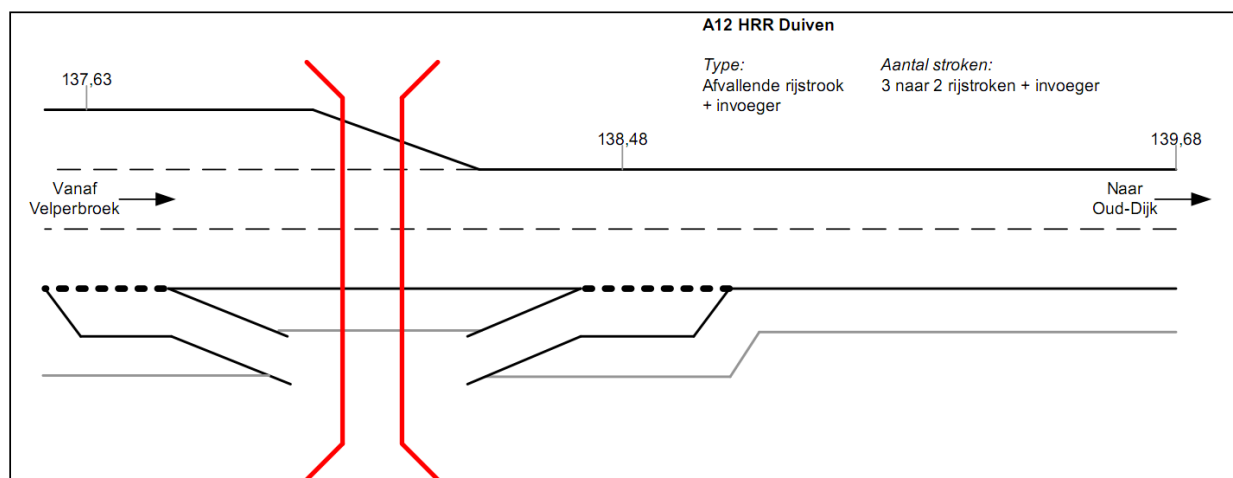
Toerit A12 bij Duiven

Locatiebeschrijving

Op de A12 van Arnhem richting de Duitse grens valt de linker rijstrook af ter hoogte van de aansluiting Duiven. De Hoofdrijbaan gaat hier van 3 naar 2 rijstroken. Het wegprofiel is ter hoogte van de aansluiting conform richtlijnen (ROA/NOA). Het gedeelte Duiven – Zevenaar heeft een krap wegprofiel. De maximumsnelheid bij het knelpunt is 120 km/uur. De invoegstrook is 287 meter lang. Op onderstaande afbeelding is de locatie weergegeven.



In onderstaande figuur is het knelpunt schematisch weergegeven, inclusief nabij gelegen meetlussen met hectometrering.



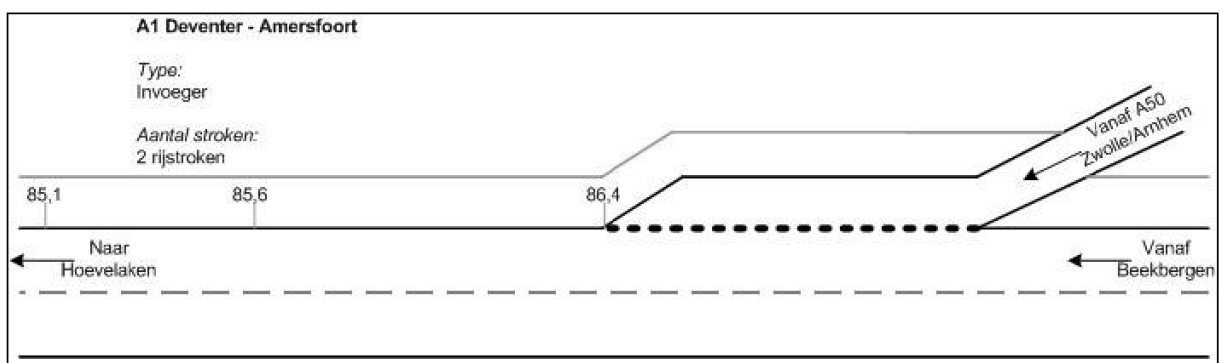
Toerit parallel baan A1, knooppunt Beekbergen

Locatiebeschrijving

Op de A1 van Hengelo naar Amersfoort ontstaat bij de samenvoeging van parallelbaan en hoofdrijbaan met een enkelstrooks invoegstrook regelmatig file. Het wegprofiel is ruim en conform de richtlijnen (ROA/NOA). De maximumsnelheid bij het knelpunt is 120 km/uur. De invoegstrook is 310 meter lang. Op onderstaande afbeelding is de locatie weergegeven.



In onderstaande figuur is het knelpunt schematisch weergegeven inclusief nabij gelegen meetlussen en hectometrering.

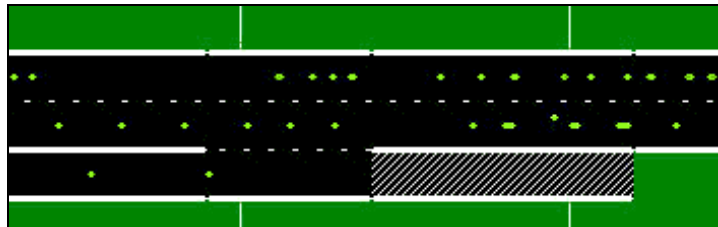


Bijlage 3 - Beschrijving Fosim

Fosim is een microscopisch simulatiemodel in de vorm van software. In deze paragraaf wordt een basisbeschrijving gegeven van het model.

1.1.1 Basis

Het model bootst het gedrag van individuele bestuurders na, om op die manier een verkeersstroom weer te geven. Een verkeerssituatie wordt schematisch in Fosim gezet ("getekend"). Wanneer dit zo goed mogelijk gedaan is gelden het *intensiteitenverloop*, de *percentages voertuigcategorieën* en de *herkomsten en bestemmingen* van het verkeersaanbod als de belangrijkste input voor het model.



Het model verwerkt per seconde per individueel voertuig ongeveer 1000 gedragsregels zoals: wenssnelheid, gewenste volgafstand, routekeuze, inhaalmogelijkheden, strookkeuze, enz.

Er is een standaard set bestuurder-voertuigcategorieën aanwezig in Fosim, met bijbehorende parameters, die gekalibreerd en gevalideerd zijn. Deze bevat eigenschappen zoals voertuiglengte, acceleratievermogen, volgafstandfactor, enz. Het percentage vrachtverkeer dient altijd expliciet te worden opgegeven omdat dit veel invloed heeft in een verkeersstroom.

1.1.2 Schematisering

Voor dit onderzoek zijn meerdere verkeerssamenstellingen per situatie in het model ingevoerd. De principes hiervan zijn in deze paragraaf toegelicht.

De schematiseringen in Fosim zijn heel "minimaal". In principe komt elke locatie met eenzelfde rijbaanindeling er hetzelfde uit te zien. In figuur F (volgende pagina) staat locatie Duiven weergegeven.

In het model worden ten eerste de wegonderdelen onderscheiden. De rijbaan -en strookindeling moet worden ingesteld. Omgevingskenmerken en bochten vervallen. In Fosim zijn alle rijbanen horizontaal recht.

Verder bevat het model verschillende elementen die de presentatie van de werkelijkheid moeten afmaken. Hierbij valt te denken aan: strookwisselgebieden (geel in afbeelding 3), verkeerslichten en tijdelijke blokkades (kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden om wegwerkzaamheden na te bootsen).

Fosim gaat altijd uit van een ideale situatie (denk aan: weer, stroefheid en ontwerprichtlijnen), de capaciteitswaarden vallen daardoor niet laag uit.

Bepaalde effecten zoals bochten in het wegverloop, een smalle rijstrook of invloeden van omgevingskenmerken kunnen gecreëerd worden met instellen van snelheidsonderdrukking.

Fosim kan één rijrichting per configuratie(modelopzet) bevatten.



Figuur F Werkelijke situatie (boven) en schematisering in Fosim

1.1.3 Meer informatie

Informatie over Fosim is te vinden via: <http://www.fosim.nl/>

1.2 Model Kalibratie

Om de overeenkomst tussen model en werkelijkheid te controleren zijn de onderzoekslocaties individueel gesimuleerd. Modeluitkomsten zijn vergeleken met werkelijke gegevens en waar mogelijk verbeterd. In Bijlage 4 staat de modelkalibratie beschreven.

Bijlage 4 – Modelkalibratie

De overeenkomst tussen model en werkelijkheid is gecontroleerd door de onderzoekslocaties individueel te simuleren en de uitkomsten te vergelijken met de werkelijkheid. De capaciteitsschattingen van de onderzoeken die voor het handboek CIA zijn uitgevoerd, zijn gebruikt als “de werkelijke capaciteiten”.

Voor het bepalen van de modelinput zijn werkelijke verkeersgegevens uit meetlusgegevens gehaald. De vrije –en afrijcapaciteit zijn beiden getest.

In deze bijlage staat beschreven hoe dit is gedaan. Voor het testen van het model zijn twee elementen nodig; de onderzoekslocaties moeten in het model gezet worden en de modelinput moet ingevoerd worden.

De capaciteitsschattingen met het model zullen ongetwijfeld afwijken van de “werkelijke” capaciteiten. Het gaat erom dat de afwijkingen onderling overeenkomstig zijn. Als de afwijkingen van dezelfde orde van grootte zijn, zijn vergelijkingen met het model valide.

1.1 Bepalen Modelinput

De modelinput bestaat uit een intensiteitsverloop en een percentage vrachtverkeer. De volgende twee paragrafen beschrijven de data-verzameling en gehanteerde input.

1.1.1 *Modelinput intensiteiten*

Het doel is dat het model voor de onderzoekslocaties capaciteitsschattingen geeft die redelijkerwijs overeenkomen met wat in werkelijkheid blijkt uit meetlusgegevens. Voor de invoer bij een afstropping betekent dit dat er een hoog oplopend intensiteitsaanbod ingevoerd kan worden. Er treedt dan vanzelf congestie op. Als houvast is uitgegaan van een de vuistregel dat er op twee stroken na een discontinuïteit bij >4200 vtg/h congestie optreedt.

Bij een invoering is er sprake van twee rijbanen en dus sprake van een verhouding van het verkeersaanbod tussen de hoofdrijbaan en de toerit. Om het model goed de werkelijkheid te laten weergeven is de werkelijke verdeling van intensiteiten uit meetlusgegevens geselecteerd. Er is gekeken (op een representatieve dag) naar het verkeersaanbod op het moment dat er file ontstond. Dat verkeersaanbod geldt als het ‘kritieke verkeersaanbod’.

Het geselecteerde verkeersaanbod is per onderzoekslocatie weergegeven in tabel G.

1.1.2 *Modelinput percentage vracht*

Realistische aandelen vrachtverkeer van de onderzoekslocaties zijn achterhaald met de Applicatie MTR+¹, een online applicatie die de gemiddelde intensiteit op het hoofdwegennet op verschillende manieren weergeeft. De bron hiervan zijn meetlussen. Het is mogelijk om intensiteiten per uur, per dagsoort, per maand en per jaar of per voertuigklasse te bekijken. Ook deze gegevens staan in tabel G.

¹ Maandelijkse Telpunt Rapportage met meetlusgegevens. Zie MTR+ online: <http://goo.gl/v0yYU>

Tabel G Modelinput		
Lexmond Afstreping	Intensiteit rijbaan	> 4200 mvt/h
	percentage vracht	15,5%
Goirle Afstreping	Intensiteit rijbaan	> 4200 mvt/h
	percentage vracht	15,3%
Golfbeker Afstreping	Intensiteit rijbaan	5263 mvt/h
	percentage vracht	20%
Duiven Invoeging	Intensiteit hoofdrijbaan-toerit	3327-673 mvt/h
	percentage vracht	16,3% - 5%
Beekbergen Invoeging	Intensiteit hoofdrijbaan-toerit	3100-930 mvt/h
	percentage vracht	10% - 5%
Valburg Invoeging	Intensiteit hoofdrijbaan-toerit	2400-1710 mvt/h
	percentage vracht	20 à 25%-5%

1.2

Overeenkomst model-werkelijkheid

Door middel van de vergelijking met de werkelijkheid, is geprobeerd om Fosim beter af te stellen. Hiermee is de overeenkomst met de werkelijk verhoogd. Dit is gedaan door het aanpassen van de schematiseringen (zie bijlage 3). Ook zijn de instellingen die bepalen hoe meetgegevens verzameld worden uit een simulatie zo goed mogelijk afgesteld.

Het model is geschikt voor het gewenste onderzoek als de:

- gesimuleerde vrije capaciteiten van invoegingen alle drie overeenkomstig afwijken van de bijbehorende werkelijke vrije capaciteiten.
- gesimuleerde afrijcapaciteiten van invoegingen alle drie overeenkomstig afwijken van de bijbehorende werkelijke afrijcapaciteiten
- gesimuleerde vrije capaciteiten van afstrepingsen alle drie overeenkomstig afwijken van de bijbehorende werkelijke vrije capaciteiten.
- gesimuleerde afrijcapaciteiten van afstrepingsen alle drie overeenkomstig afwijken van de bijbehorende werkelijke vrije capaciteiten.
- De vrije –en afrijcapaciteiten hoeven onderling niet overeen te komen.

De behaalde overeenkomst model-werkelijkheid staat weergegeven in tabel H, op de volgende pagina. De werkelijke capaciteiten en gesimuleerde capaciteiten staan naast elkaar.

Tabel H		Werkelijk	Model	Verschil werkelijkheid/model
Duiven	vrije capaciteit	4284	3594	119,20%
	afrij capaciteit	4068	3016	134,88%
Beekbergen	vrije capaciteit	4200	4132	101,65%
	afrij capaciteit	4000	3700	108,11%
Valburg	vrije capaciteit	4000	3546	112,80%
	afrij capaciteit	3800	3372	112,69%
Goirle	vrije capaciteit	4176	3834	108,92%
	afrij capaciteit	3528	3588	98,33%
Lexmond	vrije capaciteit	4100	3710	110,51%
	afrij capaciteit	3348	3558	94,10%
Golfbreker	vrije capaciteit	komt niet tot stand		
	afrij capaciteit	3348	3568	93,83%

De drie bovenste genoemde locaties zijn invoegingen, de drie onderste genoemde locaties zijn afstrepingen.

Bij het vergelijken van de capaciteiten is te zien dat ze over het algemeen redelijkerwijs vergelijkbaar zijn. De afrijcapaciteiten bij Duiven en Valburg vallen op, deze wijken wat meer af.

Bij de golfbreker is er geen sprake van vrije capaciteit. De vrije capaciteit, zoals gedefinieerd in dit onderzoek, kan niet tot stand komen vanwege filegolven(terugslag) vanaf Bathmen. De maximale capaciteit wordt buiten de spits niet bereikt. Wanneer dit in de spits wel het geval zou zijn, wordt de capaciteit beperkt door filegolven vanuit stroomafwaartse richting (Bathmen). Filegolven worden gebroken in de Golfbreker, waardoor er alleen sprake is van afrijcapaciteit.

Bijlage 5 – Betrouwbaarheid capaciteitsschattingen

Zoals eerder vermeld zijn altijd meerdere simulaties nodig om een betrouwbare uitspraak te kunnen doen over de capaciteit. Capaciteit is niet elke dag, op voertuig precies, hetzelfde. Er zijn daarom meerdere simulaties nodig om de spreiding na te bootsen die in werkelijkheid voorkomt. Voor het fenomeen capaciteit gaan we uit van een standaardnormale verdeling. Dit betekent dat capaciteit met een bepaalde kansdichtheid voorkomt. Met een steekproef kan bepaald worden hoe aannemelijk het is dat een waarde voor zal komen. Hiervan wordt gebruik gemaakt bij het bepalen van de betrouwbaarheid van de capaciteitschattingen.

Een 95%-betrouwbaarheidsinterval betekent dat bij herhaling van de proef de capaciteitsschatting 95 keer van de 100 keer binnen het interval valt. Het interval kan ook een marge genoemd worden.

In de Fosim gebruikershandleiding staat de formule genoemd waarmee de betrouwbaarheidsintervallen berekend kunnen worden.

1.1 Betrouwbaarheidsintervallen vrije capaciteit

Onderstaande tabel I staan de betrouwbaarheidsmarges van de vrije capaciteiten. De gemiddelde breedte van de marges is 92,8 vtg. De standaardafwijking is 25,65 vtg.

Tabel I Betrouwbaarheid vrije capaciteit		
Verkeerssamenstelling	Capaciteitsschatting (vtg/h)	95%-betrouwbaarheidsinterval (vtg/h – vtg/h)
#1	4878	4765 - 4867
#2	4284	4203 - 4314
#3	4230	4200 - 4296
#4	4476	4222 - 4484
#5	4170	4085 - 4193
#6	3894	3862 - 3968
#7	4272	4202 - 4270
#8	3960	3838 - 3962
#9	3726	3720 - 3822
#10	4080	3020 - 4086
#11	3744	3713 - 3808
#12	3540	3472 - 3568
#13	4014	3990 - 4068
#14	3852	3836 - 3916
#15	3720	3709 - 3793
#16	3588	3551 - 3631

1.2 Betrouwbaarheidsintervallen Afrijcapaciteit

In tabel J staan de betrouwbaarheidsmarges van de afrijcapaciteiten.

De gemiddelde breedte van de marges is 71,38 vtg. De standaardafwijking is 58,21 vtg.

Tabel J Betrouwbaarheid afrijcapaciteiten		
Verkeerssamenstelling	Capaciteitsschatting (vtg/h)	95%-betrouwbaarheidsinterval (vtg/h – vtg/h)
# 1	4356	4288 – 4388
# 2	3816	3790 – 3859
# 3	3804	3779 – 3831
# 4	4026	3990 – 4073
# 5	3672	3625 – 3705
# 6	3720	3675 – 3737
# 7	4056	3973 – 4061
# 8	3552	3524 – 3572
# 9	3630	3605 – 3653
# 10	3648	3603 – 3685
# 11	3336	3310 – 3358
# 12	3324	3299 – 3340
# 13	3762	3743 – 3787
# 14	3624	3588 – 3787
# 15	3472	3459 – 3485
# 16	3364	3359 – 3377

Bijlage 6 – Ongevallen beeld over jaren

In deze bijlage staat een overzicht van het verloop van ongevallen over de jaren 2000 tot en met 2009. Hieruit valt te zien dat het ongevallenbeeld redelijk constant was over de jaren.

Er blijken geen uitschieters of opvallende invloeden aanwezig te zijn.

LINKS RITSSEN

GOIRLE ★				
Jaar ongeval	dodelijk	letsel	ums	totaal
2001	0	0	2	2
2002	0	0	4	4
2003	0	1	1	2
2004	0	1	0	1
2005	0	1	4	5
2006	0	1	5	6
2007	0	0	4	4
2008	0	0	1	1
2009	0	0	1	1
2010	0	0	5	5
totaal	0	4	27	31

LEXMOND				
Jaar	dodelijk	letsel	ums	totaal
2000	0	0	3	3
2001	0	0	3	3
2002	0	0	3	3
2003	0	0	3	3
2004	0	0	3	3
2005	0	0	3	3
2006	0	0	3	3
2007	0	0	3	3
2008	0	0	3	3
2009	0	0	0	0
totaal	0	0	27	27

Golfbreker geen gegevens

RECHTS RITSSEN

BEEKBERGEN				
Jaar	dodelijk	letsel	ums	totaal
2000	0	0	3	3
2001	0	0	2	2
2002	0	1	5	6
2003	0	0	2	2
2004	0	0	3	3
2005	0	1	3	4
2006	0	2	1	3
2007	0	0	4	4
2008	0	1	0	1
2009	0	0	3	3
totaal	0	5	26	31

VALBURG				
Jaar	dodelijk	letsel	ums	totaal
2000	0	0	3	3
2001	0	0	9	9
2002	0	0	7	7
2003	0	1	10	11
2004	0	1	10	11
2005	0	1	19	20
2006	0	0	20	20
2007	0	0	7	7
2008	0	1	5	6
2009	0	0	4	4
totaal	0	4	94	98

DUIVEN				
jaar	dodelijk	letsel	ums	totaal
2000	0	1	5	6
2001	0	2	7	9
2002	0	1	8	9
2003	0	1	7	8
2004	0	1	5	6
2005	0	1	5	6
2006	0	0	11	11
2008	0	1	3	4
2009	0	0	2	2
totaal	0	8	53	61

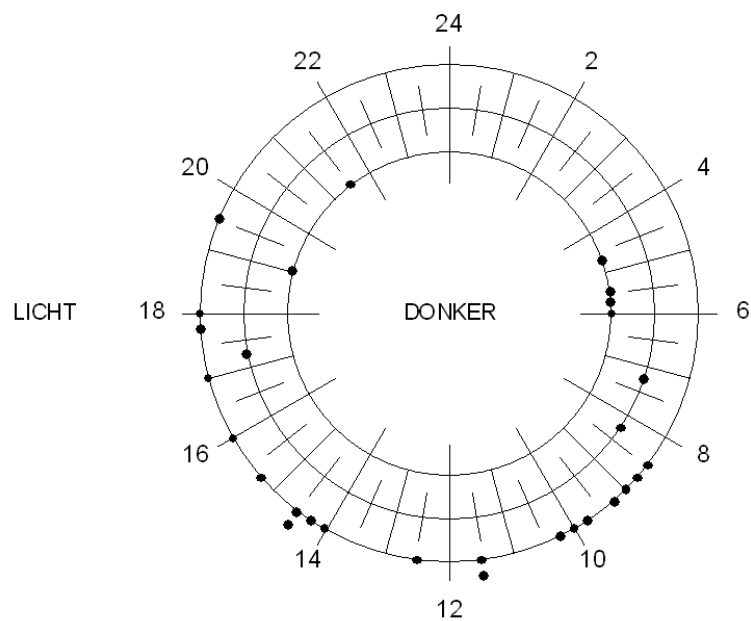
* Bij Goirle is de originele data-set verloren. Wanneer de gegevens opnieuw uit Veras waren geselecteerd bleek het jaar 2010 te zijn toegevoegd, en het jaar 2000 niet meer beschikbaar. In het onderzoek zijn wel de jaren 2000-2009 gebruikt, alleen in dit overzicht van het ongevallenverloop geldt een andere set gegevens. Het verschil met de originele dataset is één ongeval.

Bijlage 7 - Ongevallen naar tijd/lichtgesteldheid

In deze bijlage staan, per onderzoekslocatie, de tijd en lichtgesteldheid weergegeven waarin de ongevallen hebben plaatsgevonden.

1.1 Lexmond, afstropping

Tijd/Uur Diagram	A27
Ongevallen	Lexmond



Dag

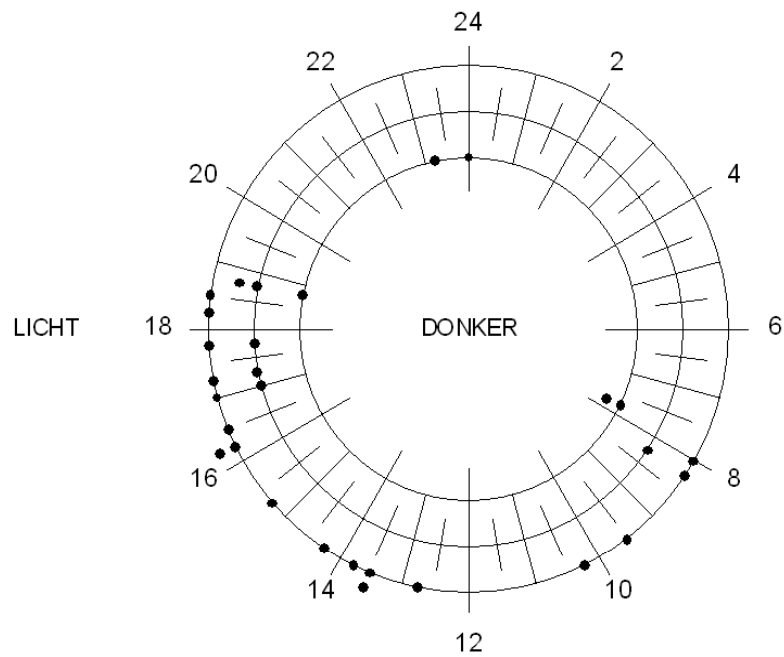
Jaar	ma	di	wo	do	vr	za	zo	Totaal
2003	1		1	1				3
2004	2	1				1		4
2005	2			4				6
2006			1		1	1		3
2007	1			1			1	3
2008	1	1		1	2			5
Totaal	7	2	2	7	3	2	1	24

Maand

Jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
2003				1					2				3
2004							2	1	1				4
2005			1			1	1		2		1		6
2006	1	1							1				3
2007			1					1		1			3
2008	1	1	1	1				1					5
Totaal	2	2	3	2		1	3	3	6	1	1		24

1.2 Goirle, afstropping

Tijd/Uur Diagram	A58
Ongevallen	Goirle



Dag

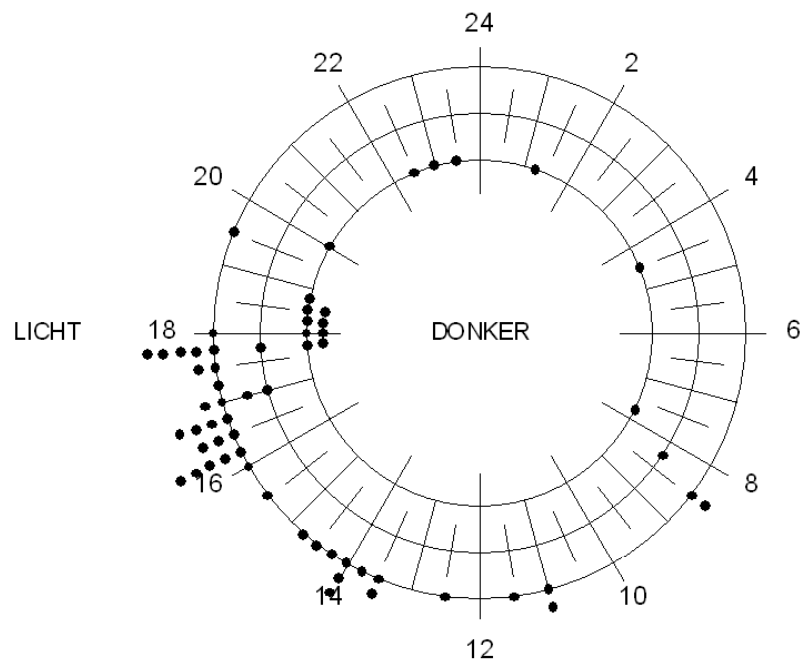
Jaar	ma	di	wo	do	vr	za	zo	Totaal
2004			1					1
2005	1	2	2					5
2006		1		1	1	2	1	6
2007	1		1	1	1			4
2008					1			1
2009		1						1
Totaal	2	4	4	2	3	2	1	18

Maand

Jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
2004				1									1
2005	2	2								1			5
2006	2					1	1			1		1	6
2007			1					3					4
2008					1								1
2009					1								1
Totaal	4	2	1	1	2	1	1	3		2		1	18

1.3 Duiven, invoeging

Tijd/Uur Diagram	A12
Ongevallen	Duiven



Dag

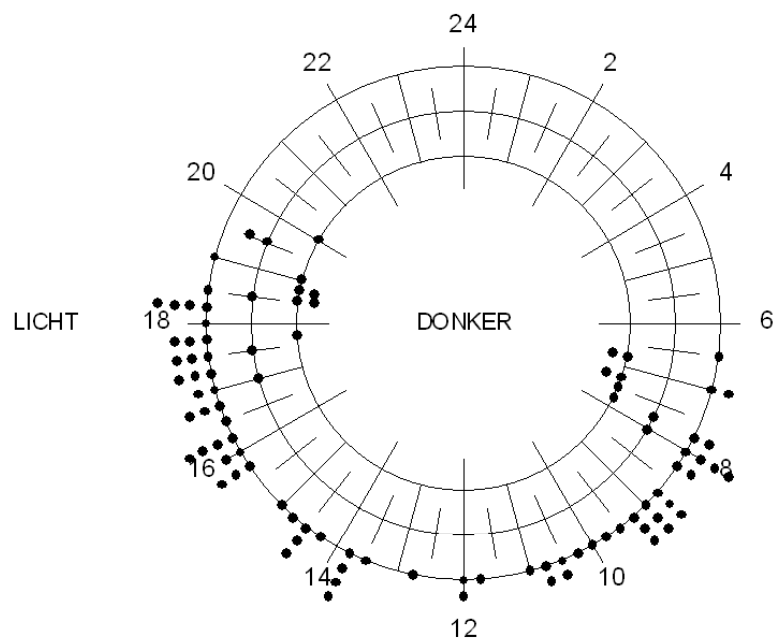
Jaar	ma	di	wo	do	vr	za	zo	Totaal
2004			1	1	3		1	6
2005		2			3	1		6
2006	3	3	2	1	1		1	11
2007								
2008	1	1		1	1			4
2009	1				1			2
Totaal	5	6	3	3	9	1	2	29

Maand

Jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
2004		1			1			1	1		1	1	6
2005		1		1		2	1				1		6
2006	2	4		1		2		1				1	11
2007													
2008		1								1	2		4
2009					1	1							2
Totaal	2	7		2	2	5	1	2	1	1	4	2	29

1.4 Valburg, invoeging

Tijd/Uur Diagram	A50
Ongevallen	Valburg



Dag

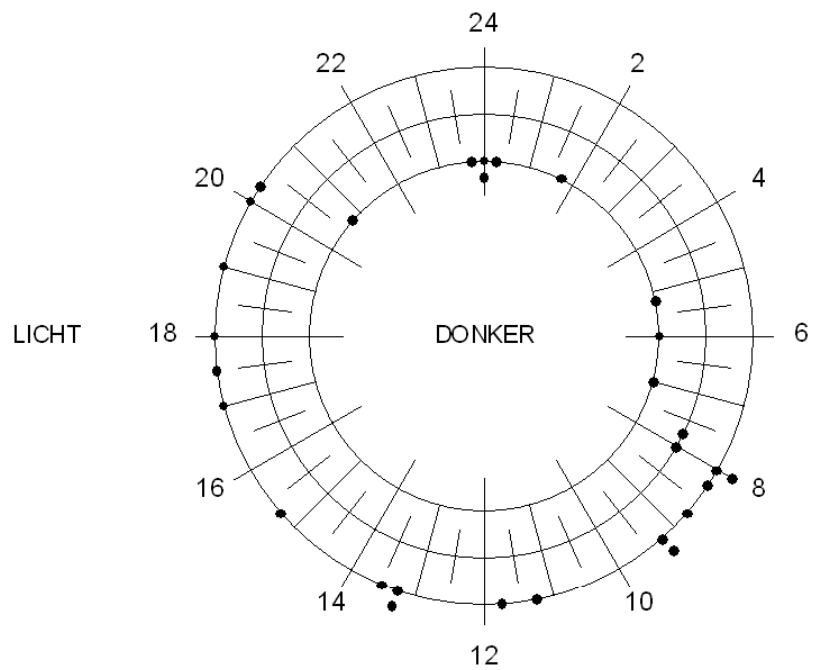
Jaar	ma	di	wo	do	vr	za	zo	Totaal
2004	2	4	2	2	1			11
2005	6		5	3	5		1	20
2006	4		7	6	2	1		20
2007		3	1	1	2			7
2008			4	1	1			6
2009	1		1	1	1			4
Totaal	13	7	20	14	12	1	1	68

Maand

Jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
2004		3	1	1		1	1			2		2	11
2005	2	2	1	3	2	2	1	1	2	1	2	1	20
2006	5		2	3	1	2	1		2	1	2	1	20
2007		2		1	1			1	1			1	7
2008			2	1	3								6
2009				1	1	1						1	4
Totaal	7	7	6	10	8	6	3	2	5	4	4	6	68

1.5 Beekbergen, invoeging

Tijd/Uur Diagram	A1
Ongevallen	Beekbergen



Dag

Jaar	ma	di	wo	do	vr	za	zo	Totaal
2004		1	2					3
2005	2	1	1					4
2006				1	1		1	3
2007		2				1	1	4
2008		1						1
2009			1	1	1			3
Totaal	2	5	4	2	2	1	2	18

Maand

Jaar	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	Totaal
2004			1		1			1					3
2005	2	1							1				4
2006					1			1			1		3
2007	1			1			1					1	4
2008	1												1
2009	1			1						1			3
Totaal	5	1	1	2	2		1	2	1	1	1	1	18

Bijlage 8 – Ongevallenselectie

In de analyse naar de invloed van vrachtverkeer is een selectie gemaakt op het totaal aantal ongevallen. Ongevallen zoals aanrijdingen met een dier, éézijdige ongevallen en ongevallen met uitsluitend materiële schade zijn weggelaten. In deze bijlage staat per locatie aangegeven welke ongevallen zijn weggelaten.

In Lexmond vonden in totaal 32 ongevallen plaats. 15 daarvan waren eenzijdig waaronder 14 auto's en één bus. Er staan 17 ongevallen weergegeven in de tabel.

Bij Goirle hebben er in totaal 29 ongevallen plaatsgevonden. In de tabel staan er 21. zeven ongevallen waren eenzijdig en één ongeval betrof een motor. acht ongevallen staan niet weergegeven.

In Duiven vonden 61 ongevallen plaats. Hiervan staan er 49 in de tabel. Voor de rest kwamen er 11 ongevallen voor met uitsluitend materiële schade en één ongeval betrof een andere voertuigcategorie.

In Beekbergen vonden 31 ongevallen plaats. Hierbij waren drie eenzijdige ongevallen onder automobilisten met letselaflap. Één motorrijder heeft letselschade overgehouden aan een eenzijdig ongeval. En zijn 14 ongevallen weergegeven in de tabel. De overige ongevallen betroffen eenzijdige ongevallen met ums aflap onder verschillende voertuigcategorieën. Van één ongeval waren de ongevalgegevens onvoldoende bekend. Ook was er een ums-ongeval met een dier. Deze 17 van de 31 ongevallen zijn weggefallen uit de tabel.

In Valburg vonden 91 ongevallen plaats, waarvan er 58 in de tabel staan weergegeven. De overige ongevallen waren voornamelijk eenzijdig en/of betroffen andere voertuigcategorieën. Ook is er een frontale botsing weggelaten (niet relevant voor het doel van het onderzoek) en waren sommige ongevalgegevens niet compleet.