

2013•2014
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE WETENSCHAPPEN
master in de mobiliteitswetenschappen

Masterproef
De effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie in Vlaanderen

Promotor :
dr. Stijn DANIELS

Maarten Magis
*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de
mobiliteitswetenschappen*

2013•2014
FACULTEIT BEDRIJFSECONOMISCHE
WETENSCHAPPEN
master in de mobiliteitswetenschappen

Masterproef

De effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie in
Vlaanderen

Promotor :
dr. Stijn DANIELS

Maarten Magis

*Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de
mobiliteitswetenschappen*

Woord vooraf

Na het vak Academische Onderzoeksvaardigheden in het vorig academiejaar afgerond te hebben, volgt dit jaar de Masterproef die hierop verder bouwt. Deze paper kadert zich in het laatste masterjaar in de Mobiliteitswetenschappen aan de Universiteit Hasselt. Omdat mijn afstudeerrichting Verkeersveiligheid is, is dit onderwerp gelinkt met verkeersveiligheid.

Dit onderzoek betreffende de effectiviteit van de dynamische rijstrooksignalisatie in Vlaanderen leek mij een boeiend onderwerp om een masterproef over te schrijven. Als maar vaker zien we dat technologie een belangrijk aspect wordt in ons dagelijks leven en dus ook in het verkeer. Het onderzoek gaat daarom kijken in welke mate mensen de snelheden, die worden weergegeven door dynamische verkeersborden, opvolgen. Deze dynamische verkeersborden worden geacht een maximumsnelheid weer te geven die in relatie staat met de heersende verkeerssituatie.

Het uitgevoerde onderzoek verliep in samenspraak met het Vlaams Verkeerscentrum, die de nodige verkeersdata leverde. Hiervoor wil ik hen uiteraard bedanken en ik hoop dat de resultaten van dit onderzoek een bijdrage kunnen leveren in het toekomstig mobiliteitsbeleid van Vlaanderen. Zeker wil ik ook mijn begeleidster Ellen de Pauw en mijn promotor dr. Stijn Daniëls bedanken voor de steun en raad tijdens het uitvoeren van deze masterproef. Met vragen en problemen betreffende het onderzoek kon ik immers steeds bij hen terecht.

Tot slot wens ik u veel plezier bij het lezen van dit rapport.

Samenvatting

Uit de literatuurstudie blijkt dat beleidsmakers in Vlaanderen het nut van dynamisch verkeersmanagement en de hierbij horende dynamische rijstrooksignalisatie een belangrijk punt vinden in de huidige mobiliteitsvisie, maar zeker ook in de toekomstige mobiliteitsvisie. Er worden dan ook steeds meer middelen ingezet op deze technologie om zowel de veiligheid te verhogen als de doorstroming te verbeteren. Verschillende buitenlandse studies tonen aan dat dynamische rijstrooksignalisatie tal van positieve effecten met zich meebrengt. Zo kan dynamische rijstrooksignalisatie bijvoorbeeld zorgen voor een betere snelheidsharmonisatie en een verlaging van de gemiddelde snelheid. Ook leidt het doorgaans tot een betere luchtkwaliteit en minder geluidsoverlast voor de omwonenden. Voorts heeft het een gunstig effect op de doorstroming en kan de capaciteit van een wegsegment verhoogd worden. Tot slot zorgt het ook voor minder ongevallen en een lagere ernstgraad indien zich toch een ongeval voordoet. Het probleem met de huidige dynamische borden boven de rijstroken is vaak dat mensen deze snelheden niet opvolgen, zoals blijkt uit verschillende enquêtes. Het uitgevoerde onderzoek ging na of de resultaten van de enquêtes overeenkomen met de verkeersgegevens die gemeten worden door inductielussen onder het wegdek en probeert aanbevelingen te formuleren naar beleidsmakers.

Het uitgevoerde onderzoek bestaat uit twee delen waarbij eerst, door middel van beschrijvende statistiek, gekeken wordt in welke mate weggebruikers zich houden aan een dynamische snelheid en daarna aan de hand van een regressieanalyse gekeken wordt of er al of niet significante effecten zijn op de gereden snelheid, volgtijd en aantal (zware) overtreeders. Het gedeelte over de beschrijvende statistiek beschrijft een groter onderzoeksgebied dan de regressieanalyse. In totaal werden 1 610 062 voertuiggegevens gebruikt voor de beschrijvende statistiek en 820 999 voertuiggegevens voor de regressieanalyse.

Uit de beschrijvende statistiek blijkt dat slechts 38% van de weggebruikers geen overtreding begaat. Van de 62% weggebruikers die een overtreding begaan, begaan maar liefst 43% een zware overtreding. Weggebruikers begaan een zware overtreding wanneer ze meer dan 10% sneller rijden dan toegelaten. Eveneens blijkt uit de beschrijvende statistiek dat het percentage lichte en zware overtredingen toeneemt tijdens het weekend en 's nachts. Verder begaan auto's en bestelwagens vaker een (zware) overtreding in vergelijking met vrachtwagens. Tot slot begaan weggebruikers vaker een overtreding wanneer de maximumsnelheid 90 km/h bedraagt dan wanneer de maximumsnelheid 110 km/h is.

De regressieanalyse ging eerst na of er significante verschillen zijn op de gereden snelheid tussen de dynamische snelheden 90 km/h en 110 km/h t.o.v. een vaste snelheid van 120 km/h. Zo blijkt uit het onderzoek dat tijdens het weekend, 's nachts en tijdens dalmomenten de gemiddelde snelheid hoger ligt. Tevens is de gereden snelheid hoger bij auto's en bestelwagens, vergeleken met vrachtwagens en wordt de gereden snelheid groter naarmate de volgtijd toeneemt. Tot slot daalt de gereden snelheid bij een maximumsnelheid van 90 km/h met bijna 6 km/h maar stijgt deze wel met bijna 0.4 km/h als de maximumsnelheid 110 km/h bedraagt i.p.v. 120 km/h.

De volgtijd is een belangrijke factor als men spreekt over ongevallen. Indien namelijk de volgtijd korter is dan de stoptijd, vergroot de kans dat er een ongeval zal gebeuren. Om deze reden is het belangrijk om ook de volgtijd mee te nemen in de analyses. Uit het onderzoek blijkt dat 's nachts, in het weekend en tijdens dalmomenten de volgtijd tussen twee voertuigen groter is. Tevens is de volgtijd bij vrachtwagens groter dan bij auto's en bestelwagens. Tot slot daalt de volgtijd bij een maximumsnelheid van 90 km/h met 0.164 seconde maar stijgt deze lichtjes met 0.064 seconde bij een maximumsnelheid van 110 km/h, in vergelijking met een maximumsnelheid van 120 km/h.

Het aantal overtreders bij een dynamische maximumsnelheid van 90 km/h is meer dan 18 keer groter dan het aantal overtreders bij een vaste maximumsnelheid van 120 km/h. Als de maximumsnelheid 110 km/h bedraagt, is het aantal overtreders ongeveer 5 keer groter, in vergelijking met een maximumsnelheid van 120 km/h.

Vervolgens blijkt uit de logistische regressie naar het aantal zware overtredingen dat het aantal zware overtredingen bij een maximumsnelheid van 90 km/h meer dan 63 keer groter is dan bij een maximumsnelheid van 120 km/h. Bij een maximumsnelheid van 110 km/h is het aantal zware overtredingen bijna 8.5 keer meer dan bij een maximumsnelheid van 120 km/h.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat weggebruikers vaak de maximumsnelheid niet opvolgen. De gunstige effecten van dynamische snelheden zullen hierdoor slechts in beperkte mate tot uiting komen. Een betere navolging van de dynamische maximumsnelheden is noodzakelijk om te kunnen profiteren van de gunstige effecten die gepaard gaan met RSS-borden (rijstrooksignalisatie).

Inhoudsopgave

Woord vooraf	1
Samenvatting	3
Inhoudsopgave	5
Figurenlijst	9
Tabellenlijst	11
Formulelijst.....	11
Inleiding.....	13
1. Onderzoeksplanning	15
1.1. Onderzoeksomkadering.....	15
1.2. Probleemstelling.....	16
1.3. Onderzoeksvragen.....	16
1.3.1. Hoofdonderzoeksvraag.....	17
1.3.2. Ondersteunende onderzoeksvragen	17
Deel A: Literatuurstudie	
2. Dynamisch verkeersmanagement.....	21
2.1. Inleiding.....	21
2.2. Werkwijze DVM	23
2.3. Ambities DVM	24
2.3.1. Goed en snel informeren	25
2.3.2. Veilig en betrouwbaar verplaatsen.....	25
2.3.3. Geen bijkomende overlast voor inwoners	26
2.3.4. Minder milieuschade	26
2.3.5. Effecten opvolgen en trends in kaart brengen	26
3. Dynamische rijstrooksignalisatie.....	27
3.1. Doelen dynamische rijstrooksignalisatie Vlaanderen.....	27
3.2. Werking RSS in Vlaanderen	28
3.3. Verschillende bordstanden RSS in Vlaanderen.....	30
3.4. Evolutie RSS-borden in Vlaanderen.....	31
3.4.1. Plaatsing RSS-borden in 2003.....	32

3.4.2.	Plaatsing RSS-borden in 2004.....	33
3.4.3.	Plaatsing RSS-borden in 2006.....	34
3.4.4.	Plaatsing RSS-borden in 2009.....	35
3.4.5.	Plaatsing RSS-borden in 2011.....	36
3.4.6.	Plaatsing RSS-borden in 2012.....	37
3.4.7.	Plaatsing RSS-borden in 2013.....	38
3.4.8.	Plaatsing RSS-borden in de toekomst	39
4.	RSS-borden en hun effecten	41
4.1.	Interactie RSS-borden en weggebruiker in Vlaanderen	41
4.2.	Effecten ten aanzien van de snelheid	44
4.3.	Effecten ten aanzien van de luchtkwaliteit en geluidsoverlast	45
4.4.	Effecten ten aanzien van de doorstroming	45
4.5.	Effecten ten aanzien van ongevallen	47
4.6.	Conclusie	49
Deel B: Onderzoek		
5.	Onderzoeksopzet.....	53
6.	Dataverzameling	55
6.1.	Verkeersvariabelen	55
6.2.	Bordstanden	56
7.	Beschrijvende statistiek.....	59
7.1.	Onderzoeksafbakening	59
7.1.1.	Onderzoeksgebied	59
7.1.2.	Onderzoeksperiode.....	61
7.2.	Resultaten.....	62
7.2.1.	Verdeling snelheden	63
7.2.2.	Verdeling volgtijd	64
7.2.3.	Modal split.....	65
7.2.4.	Verdeling overtredingen: algemeen	66
7.2.5.	Verdeling overtredingen per dag	67
7.2.6.	Verdeling overtredingen per vervoersmodus	68

7.2.7.	Verdeling overtredingen naar aantal rijstroken.....	69
7.2.8.	Verdeling overtredingen naargelang maximumsnelheid	70
7.2.9.	Verdeling overtredingen: spits versus geen spits.....	71
7.2.10.	Verdeling overtredingen: dag versus nacht.....	72
7.2.11.	Verdeling overtredingen: week versus weekend	73
7.3.	Conclusie	74
8.	Regressieanalyse.....	75
8.1.	Onderzoeksafbakening	75
8.1.1.	Onderzoeksgebied	75
8.1.2.	Onderzoekperiode.....	76
8.2.	Onderzoeksmethode	77
8.3.	Resultaten	80
8.3.1.	Inleiding: beschrijvende statistiek	80
8.3.2.	Lineaire regressie: gemiddelde snelheid	84
8.3.3.	Lineaire regressie: gemiddelde volgtijd	85
8.3.4.	Logistische regressie: overtredingen	86
8.3.5.	Logistische regressie: zware overtredingen.....	87
8.4.	Conclusie	88
Deel C: Conclusie		
9.	Discussie en beperkingen	91
10.	Aanbevelingen	95
	Bibliografie	97

Figurenlijst

Figuur 1: Omkadering onderwerp	16
Figuur 2: Voorbeeld VMS-bord (links) en RVMS-bord (rechts)	22
Figuur 3: Voorbeeld RSS-bord.....	22
Figuur 4: Kosten, effecten en baten bij een DVM-maatregel (Lebouille & Veldhuijzen van Zanten).....	23
Figuur 5: Raakpunten tussen RSV en DVM.....	24
Figuur 6: Schematische weergave RSS-werking	29
Figuur 7: Verschillende bordstanden RSS.....	30
Figuur 8: Evolutie RSS-borden in Vlaanderen	31
Figuur 9: Plaatsing RSS-borden in 2003	32
Figuur 10: Plaatsing RSS-borden in 2004.....	33
Figuur 11: Plaatsing RSS-borden in 2006.....	34
Figuur 12: Plaatsing RSS-borden in 2009.....	35
Figuur 13: Plaatsing RSS-borden in 2011.....	36
Figuur 14: Plaatsing RSS-borden in 2012.....	37
Figuur 15: Plaatsing RSS-borden in 2013.....	38
Figuur 16: Synthese locaties RSS-borden	39
Figuur 17: Omstandigheden wanneer weggebruikers zich houden aan de maximumsnelheid, opgelegd door RSS-borden (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008)....	41
Figuur 18: Redenen waarom weggebruikers zich niet houden aan de opgelegde snelheid door RSS-borden (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008).....	42
Figuur 19: Perceptie van de weggebruikers over hun eigen gedrag ten aanzien van RSS-borden (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008).....	43
Figuur 20: Perceptie van de weggebruikers over het gedrag van andere weggebruikers ten aanzien van RSS-borden (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008).....	43
Figuur 21: Voorbeeld headway (U.S. Department of Transportation, 2013).....	48
Figuur 22: Aangeleverde data verkeersvariabelen.....	55
Figuur 23: Inputdata verkeersvariabelen	56
Figuur 24: Aangeleverde data bordstanden	56
Figuur 25: Inputdata bordstanden	57
Figuur 26: Onderzoeksgebied beschrijvende statistiek.....	60
Figuur 27: Verdeling snelheden (beschrijvende statistiek).....	63
Figuur 28: Verdeling volgtijd (beschrijvende statistiek)	64
Figuur 29: Modal split	65
Figuur 30: Verdeling overtredingen: algemeen	66
Figuur 31: Verdeling overtredingen per dag	67
Figuur 32: Verdeling overtredingen per vervoersmodus.....	68

Figuur 33: Verduidelijking aantal rijstroken in Ranst	69
Figuur 34: Verdeling overtredingen per aantal rijstroken	69
Figuur 35: Verdeling overtredingen naargelang de maximumsnelheid	70
Figuur 36: Verdeling overtredingen: spits versus geen spits.....	71
Figuur 37: Verdeling overtredingen: dag versus nacht.....	72
Figuur 38: Verdeling overtredingen: week versus weekend.....	73
Figuur 39: Onderzoeksgebied regressieanalyse	75
Figuur 40: Grafisch verschil lineaire regressie en logistische regressie (Logistic Regression Analysis, 2013).....	78
Figuur 41: Verdeling snelheden regressieanalyse.....	80
Figuur 42: Verdeling volgtijd regressieanalyse.....	81
Figuur 43: Modal split regressieanalyse	81

Tabellenlijst

Tabel 1: In welke mate houden verschillende leeftijdsklassen zich aan de dynamische maximumsnelheid? (VAB, 2013).....	44
Tabel 2: Reistijdenimpact van variabele snelheden (Allaby, Hellinga, & Bullock, 2007) ..	47
Tabel 3: Veiligheidsimpact van variabele snelheden (Allaby, Hellinga, & Bullock, 2007) .	49
Tabel 4: RSS-portieken onderzoeksgebied beschrijvende statistiek (Vlaams Verkeerscentrum, 2012).....	61
Tabel 5: Modal split	65
Tabel 6: RSS-portieken onderzoeksgebied regressieanalyse (Vlaams Verkeerscentrum, 2012).....	76
Tabel 7: Verdeling overtredingen regressieanalyse	82
Tabel 8: Overzicht overtredingen - onafhankelijke variabelen.....	82
Tabel 9: Overzicht zware overtredingen - onafhankelijke variabelen	83
Tabel 10: Lineaire regressie met gemiddelde snelheid als afhankelijke variabele	84
Tabel 11: Lineaire regressie met gemiddelde volgtijd als afhankelijke variabele.....	85
Tabel 12: Logistische regressie met aantal overtredingen als afhankelijke variabele.....	86
Tabel 13: Logistische regressie met aantal zware overtredingen als afhankelijke variabele	87

Formulelijst

Formule 1: Meervoudig regressievergelijking (Anderson, Sweeney, & Williams, 2007)...	77
Formule 2: Logistische regressievergelijking (Sieben, 2002)	77

Inleiding

De doelstelling die deze masterproef nastreeft, is meer inzicht te krijgen in het effect van dynamische rijstrooksignalisatie op de gereden snelheid. Er wordt met andere woorden een analyse uitgevoerd die nagaat in hoeverre weggebruikers zich houden aan de maximumsnelheden die worden afgebeeld door de dynamische rijstrooksignalisatie. De meeste studies betreffende dynamische snelheden focussen zich enkel op de effecten die dynamische rijstrooksignalisatie met zich meebrengt, maar weinig onderzoeken lijken echt te kijken naar de mate waarin weggebruikers zich houden aan dynamische maximumsnelheden. Daarom probeert dit onderzoek te kijken in hoeverre mensen hun snelheid aanpassen aan de snelheid die weergegeven wordt op de dynamische borden. Hoewel de meeste onderzoeken omtrent dynamische snelheden uitgevoerd worden met simulatiemodellen, zal dit onderzoek naar de effectiviteit uitgevoerd worden met werkelijke metingen.

Naast het vergelijken van de gereden snelheden met de maximumsnelheden, is het ook van belang om te kijken welke andere parameters een significante invloed hebben op de navolging van de maximumsnelheden. Er zal daarom, naast snelheid, gekeken worden naar volgtijd, type voertuig, aantal rijstroken ...

Vooraleer te starten met het eigenlijke onderzoek, is er eerst een literatuurstudie uitgevoerd naar de effecten die dynamische rijstrooksignalisatie heeft op het verkeer en hoe beleidsmakers dynamisch verkeersmanagement proberen te gebruiken in de huidige en toekomstige mobiliteitsvisie. Voor de effecten die dynamische rijstrooksignalisatie met zich meebrengt, is er gekeken naar de snelheid, luchtkwaliteit & geluidsoverlast, doorstroming en ongevallen.

De aansluitende analyse maakt gebruik van een studiegebied dat gelegen is op de E313 tussen Geel en Antwerpen. De onderzoeksperiode betreft een volledige week waarin geen feestdagen of vakantiedagen voorkomen: 14/10/2013 – 20/10/2013. Tevens werden er tijdens de onderzoeksperiode geen ongevallen geregistreerd en vonden er geen wegenwerken plaats. De verzamelde verkeersvariabelen werden uiteindelijk gebruikt als input voor de beschrijvende statistiek en regressieanalyse.

Eerst geeft hoofdstuk 1 de onderzoeksopzet weer waarbij er aandacht is voor de onderzoeksomkadering, de probleemstelling en de onderzoeksvragen. Vervolgens begint de literatuurstudie die verder onderverdeeld is in 3 hoofdstukken. Hoofdstuk 2 geeft een beeld wat dynamisch verkeersmanagement inhoudt, hoe dit werkt en wat de ambities hierbij zijn. Vervolgens bespreekt hoofdstuk 3 de dynamische rijstrooksignalisatie met de verschillende doelen die het met zich meebrengt, de werking, de verschillende bordstanden die het kan aannemen, de interactie die er is tussen deze dynamische

rijstrooksignalisatie en de weggebruikers en tot slot de evolutie van dynamische rijstrooksignalisatie in Vlaanderen. Hoofdstuk 4 vormt het sluitstuk van de literatuurstudie en bespreekt de verschillende effecten die dynamische rijstrooksignalisatie met zich meebrengt. De effecten die besproken worden, hebben betrekking op de snelheid, de luchtkwaliteit en geluidsoverlast, de doorstroming en tot slot ongevallen.

Het tweede grote luik binnen dit rapport vormt het uitgevoerde onderzoek en wordt vervolgens onderverdeeld in vier hoofdstukken. Allereerst geeft hoofdstuk 5 een algemene inleiding over de onderzoekopzet. Hierna geeft hoofdstuk 6 meer informatie over de dataverzameling van enerzijds de verkeersvariabelen die gebruikt worden en anderzijds de bordstanden van de RSS-portieken die gebruikt worden voor het onderzoek. Vervolgens bespreekt hoofdstuk 7 een beschrijvende statistiek. Binnen deze beschrijvende statistiek wordt er onder meer gekeken naar de mate waarin weggebruikers zich aan de maximumsnelheid houden en hoe dit verschilt naar tijdstip, vervoersmodus, aantal rijstroken en maximumsnelheid. Tot slot wordt in hoofdstuk 8 de regressieanalyse besproken. De regressieanalyse gaat na welke variabelen een significant effect hebben op de gereden snelheid, de volgtijd tussen twee voertuigen en op het begaan van een (zware) overtredding.

Het derde en laatste luik van dit rapport beschrijft de conclusies, aanbevelingen, discussie en beperkingen van het onderzoek. Allereerst legt de conclusie de link tussen het literatuuronderzoek en het uitgevoerde onderzoek. Vervolgens worden enkele aanbevelingen geformuleerd en tot slot wordt de discussie en beperkingen beschreven.

1. Onderzoeksplanning

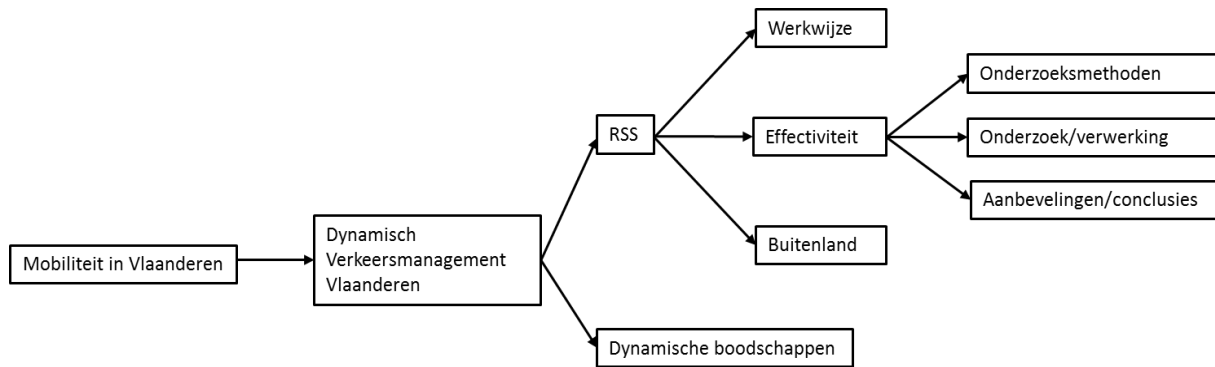
In deze onderzoeksplanning wordt kort weergegeven waar het onderzoek over gaat en hoe het in grote lijnen uitgevoerd zal worden. Eerst wordt de onderzoeksomkadering en probleemstelling uitgelegd, tot slot volgt de hoofdonderzoeksvraag en enkele ondersteunende onderzoeksvragen.

1.1. Onderzoeksomkadering

Verschillende locaties op de autosnelwegen in Vlaanderen zijn uitgerust met zogenaamde rijstrooksignalisatie borden (RSS-borden). Deze borden werden geïmplementeerd om de maximumsnelheid aan te passen aan actuele verkeersinformatie. Zoals uit "Deel A: Literatuurstudie" zal blijken, heeft dynamische rijstrooksignalisatie een positief effect op de verkeersveiligheid. Het zorgt er immers voor dat er minder ongevallen worden geregistreerd. Tevens blijkt uit verschillende onderzoeken dat dynamische snelheden een gunstig effect hebben op de doorstroming, geluidsoverlast, luchtkwaliteit en snelheid.

De effectiviteit van deze dynamische rijstrooksignalisatie, of anders gezegd het percentage weggebruikers dat zich houdt aan deze maximumsnelheid, is echter nog nooit onderzocht in Vlaanderen of in het buitenland aan de hand van meetgegevens. Er zijn echter wel al enkele enquêtes in Vlaanderen uitgevoerd om te polsen naar de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie, maar er werd nog nooit gebruik gemaakt van telgegevens. Om dit hiaat op te vullen zal deze studie nagaan in hoeverre weggebruikers zich houden aan de snelheden die worden weergegeven door RSS-borden. Zoals al vermeld, hebben dynamische snelheden een positief effect op de verkeersveiligheid. Het feit dat dit effect zich uit in de praktijk hangt echter nauw samen met de effectiviteit van het systeem.

Figuur 1 geeft in schematische vorm de omkadering van rijstrooksignalisatie als maatregel weer. De mobiliteit in Vlaanderen is een ruim begrip dat alles wat met mobiliteit te maken heeft bevat. Eén van de pijlers hiervan is het dynamisch verkeersmanagement in Vlaanderen. Dit kan op zijn beurt verder opgedeeld worden naar dynamische boodschappen en naar dynamische rijstrooksignalisatie, of RSS-borden. Deze paper zal specifiek ingaan op dynamische rijstrooksignalisatie, en meer bepaald inzicht proberen te bieden in de effectiviteit ervan. Wat betreft de effectiviteit zal zowel de onderzoeksmethode, het eigenlijke onderzoek/verwerking van data als de aanbevelingen en conclusies geformuleerd worden.



Figuur 1: Omkadering onderwerp

1.2. Probleemstelling

Zowel internationaal als nationaal is er tot op heden weinig onderzoek verricht naar de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie op basis van observaties. Wel zijn er onderzoeken die simulatiemodellen analyseren en op die manier inzichten proberen te verwerven in de effectiviteit van dynamische snelheden. Om het tekort van analyses op basis van observaties toch enigszins op te vangen, zal deze paper de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie in Vlaanderen onderzoeken met behulp van gemeten verkeersvariabelen.

Uit literatuuronderzoek (zie hoofdstuk 4) blijkt dat er tal van positieve effecten samenhangen met dynamische snelheden. Het gaat hierbij om effecten ten aanzien van snelheid, geluidsoverlast, luchtkwaliteit, doorstroming en ongevallen. Een cruciaal punt blijft echter wel dat mensen zich moeten houden aan de maximumsnelheid opgelegd door dynamische rijstrooksignalisatie alvorens men deze positieve effecten kan toewijzen aan dynamische rijstrooksignalisatie. Om dit enigszins in kaart te brengen zal dit rapport een analyse bespreken die de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie in Vlaanderen nagaat.

1.3. Onderzoeksvragen

De hoofdonderzoeksvraag waar men tijdens dit onderzoek verder op in wil gaan, handelt over de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie. Met deze onderzoeksvraag onderzoekt men in welke mate mensen zich houden aan maximumsnelheden, opgelegd door RSS-borden. De bijkomende onderzoeksvragen dienen hierbij als hulp en zullen de effectiviteit meer in detail weergeven hierbij wordt er gekeken welke verkeersvariabelen van invloed zijn bij de effectiviteit van RSS-borden.

1.3.1. Hoofdonderzoeksvraag

De hoofdonderzoeksvraag van dit onderzoek vormt tevens ook het onderwerp van deze masterthesis:

In welke mate houden weggebruikers zich aan de maximumsnelheden die worden weergegeven door de RSS-borden op de autosnelweg in Vlaanderen?

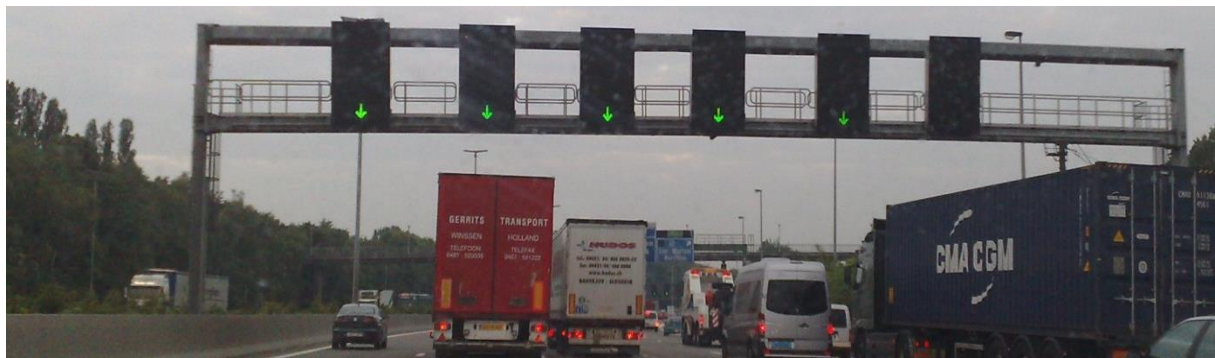
Deze hoofdonderzoeksvraag peilt naar de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie op Vlaamse autosnelwegen.

1.3.2. Ondersteunende onderzoeksvragen

Om de vooropgestelde hoofdonderzoeksvraag zo concreet mogelijk te beantwoorden, zijn er nog enkele ondersteunende onderzoeksvragen geformuleerd die dit mogelijk moeten maken. Deze onderzoeksvragen zijn opgedeeld naar vragen in verband met de snelheid, het voertuigtype en het tijdstip. Deze ondersteunende onderzoeksvragen peilen naar verschillende variabelen die later gebruikt worden in de regressieanalyse.

- In welke mate wordt de dynamisch aangeduide snelheid gevolgd?
 - o Wat is de gemiddelde snelheid van de voertuigen?
 - o Hoeveel % van de bestuurders overschrijdt de toegelaten snelheid?
 - Met minstens 1 km/h maar minder dan 10% boven dan de toegelaten snelheid
 - Met meer dan 10% dan de toegelaten snelheid
- Zijn er verschillen in type voertuig?
 - o Personenwagens
 - o Bestelwagens
 - o Vrachtwagens (ongelede vrachtwagen + gelede vrachtwagen)
- Zijn er verschillen naargelang het tijdstip?
 - o Dag/nacht
 - o Week/weekend
 - o Piek/geen piek
- Zijn er verschillen naargelang de volgtijd tussen twee voertuigen?

Deel A: Literatuurstudie



Hoofdstuk 2, 3 en 4 beschrijven een literatuurstudie waarin dieper wordt ingegaan op dynamisch verkeersmanagement, DVM, in Vlaanderen en het gebruik en effect van RSS-borden in Vlaanderen en in het buitenland.

Hoofdstuk 2 geeft eerst een algemeen beeld van wat DVM doet en daarna welke ambities en toepassingen het kent. Vervolgens bespreekt hoofdstuk 3 dynamische rijstrooksignalisatie. Tot slot beschrijft hoofdstuk 4 de effecten die dynamische rijstrooksignalisatie met zich meebrengt. Het gaat hierbij om effecten ten aanzien van de snelheid, luchtkwaliteit, geluidsoverlast, doorstroming en ongevallen.

2. Dynamisch verkeersmanagement

Het hoofdstuk betreffende dynamisch verkeersmanagement (DVM) begint allereerst met een uitgebreide inleiding waarin het begrip DVM wordt uitgelegd. Vervolgens wordt de werking van DVM uitgelegd en tot slot worden de vijf ambities waar DVM naar streeft aangehaald. De DVM-maatregelen die in dit rapport naar voor komen, hebben betrekking op DVM-maatregelen die geplaatst zijn op autosnelwegen.

2.1. Inleiding

Dynamisch verkeersmanagement wordt gecoördineerd vanuit het Vlaams Verkeerscentrum in Antwerpen en is een geheel van concrete organisatiemethodes en instrumenten die ervoor zorgen dat de bestaande capaciteit van de weginfrastructuur beter benut wordt (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008). Het Vlaams Verkeerscentrum verzamelt allerhande verkeersdata over de autosnelwegen en het onderliggende weggennet van Vlaanderen. Deze data worden vervolgens gebruikt om mobiliteitsstudies uit te voeren en is een belangrijke bron aan informatie voor beleidsmaatregelen. Het Vlaams Verkeerscentrum koppelt zes mogelijkheden aan het gebruik van DVM:

- Verkeersstromen beter geleiden
- Ongevallen vermijden
- Weggebruikers tijdig waarschuwen voor hindernissen
- Alternatieven aanreiken
- Aantal geplande hindernissen verminderen
- Incident management

Een definitie die wordt gebruikt om dynamisch verkeersmanagement te beschrijven, is: "Dynamisch verkeersmanagement omvat het geheel aan toepassingen die verkeersdeelnemers, maar ook vervoerders en reizigers die nog moeten vertrekken, te begeleiden en te informeren op basis van actuele, betrouwbare (geo)informatie. Het doel is te voldoen aan de vraag naar vervoer op een efficiënte en maatschappelijk aanvaardbare wijze." (Vlassenroot & De Mol, 2005). Dynamisch verkeersmanagement is het geheel van concrete organisatiemethodes en instrumenten om verkeersstromen op een efficiënte manier en veilige wijze te leiden door het benutten van realtime verkeersinformatie (Daniels, Vaneerdewegh, Brijs, Dillen, Deknudt, & Thierie, 2010).

DVM gebruikt verschillende instrumenten om weggebruikers te informeren en te sturen. Hierbij wordt een opsplitsing gemaakt tussen netwerkmanagement en wegvakmanagement (Agentschap Wegen en Verkeer, 2011).

Onder netwerkmanagement worden VMS-borden (Variable Message Signs) en RVMS-borden (Roadside Variable Message Signs) gerekend, zoals wordt weergegeven door

Figuur 2. VMS-borden zijn dynamische informatiepanelen die grote hoeveelheden informatie kunnen weergegeven. Dergelijke borden worden vooral gebruikt voor het verstrekken van informatie nabij knooppunten. Ook kunnen mobiele panelen geplaatst worden nabij wegenwerken. RVMS-borden zijn dynamische informatiepanelen boven de pechstrook/busstrook. Deze borden kunnen gebruikt worden om verkeerstekens, verkeerssymbolen en tekst aan de verkeersdeelnemers aan te bieden om ze tijdig te informeren omtrent de toestand op de autosnelweg en op het onderliggende wegennet. (Agentschap Wegen en Verkeer, 2011).



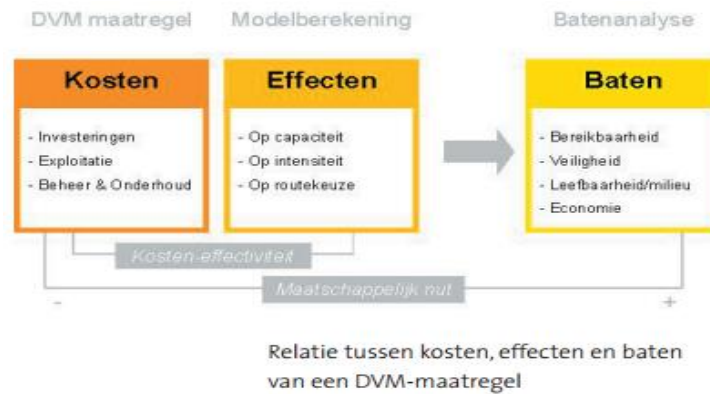
Figuur 2: Voorbeeld VMS-bord (links) en RVMS-bord (rechts)



Figuur 3: Voorbeeld RSS-bord

Voor het uitvoeren van wegvakmanagement wordt er gebruik gemaakt van dynamische RSS-borden (rijstrooksignalisatie), zoals weergegeven door Figuur 3. De functie van deze RSS-borden is het opleggen van geboden en verboden en het beheren van dynamisch inzetbare rijstroken. Toepassingen van dit systeem zijn snelheidsharmonisatie en spitsstroken (Agentschap Wegen en Verkeer, 2011). In hoofdstuk 3 worden RSS-borden uitgebreid besproken.

Het maatschappelijk nut van DVM-maatregelen kan bepaald worden door een kosten-batenanalyse, zoals weergegeven in Figuur 4. Aan de kostzijde staan de investeringen, de exploitatie en het onderhoud die nodig zijn om een DVM-maatregel in te voeren. De effecten die deze regel met zich mee zou moeten brengen, hebben betrekking op de capaciteit, intensiteit en routekeuze. Deze effecten zouden uiteindelijk moeten uitmonden in baten betreffende bereikbaarheid, veiligheid, leefbaarheid/milieu en economie (Lebouille & Veldhuijzen van Zanten).



Figuur 4: Kosten, effecten en baten bij een DVM-maatregel (Lebouille & Veldhuijzen van Zanten)

In 1997 werd al door enkele onderzoekers gesteld dat “DVM een dynamische bijdrage kan leveren aan de verbetering van de bereikbaarheid (zowel lokaal als interlokaal) en de verkeersveiligheid, zeker als de DVM-maatregelen worden ingezet in combinatie met flankerende maatregelen als prijsmaatregelen en de ontwikkeling van alternatieven (openbaar vervoer)” (Verroen, Broeders, & van der Zwart, 1997). Voorts stelde dit onderzoek dat DVM enkel succesvol kan zijn als het kadert binnen een evenwichtig integraal vervoersbeleid. In dit beleid moet er een combinatie zijn van DVM-maatregelen, prijsmaatregelen, verbetering openbaar vervoer, integrale informatievoorziening en selectieve uitbreiding van de wegcapaciteit.

2.2. Werkwijze DVM

Opdat DVM goed functioneert, moet er een detectiesysteem aanwezig zijn zodat de verkeersstroom accuraat en in realtime doorgestuurd kan worden naar het verkeerscentrum (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008). Enkele voorbeelden van dergelijke systemen zijn meetlussen, CCTV-camera’s (Closed Circuit Television), AID-camera’s (Automatische Incident Detectie) en ANPR-camera’s (Automatische Nummerplaatherkenningscamera’s).

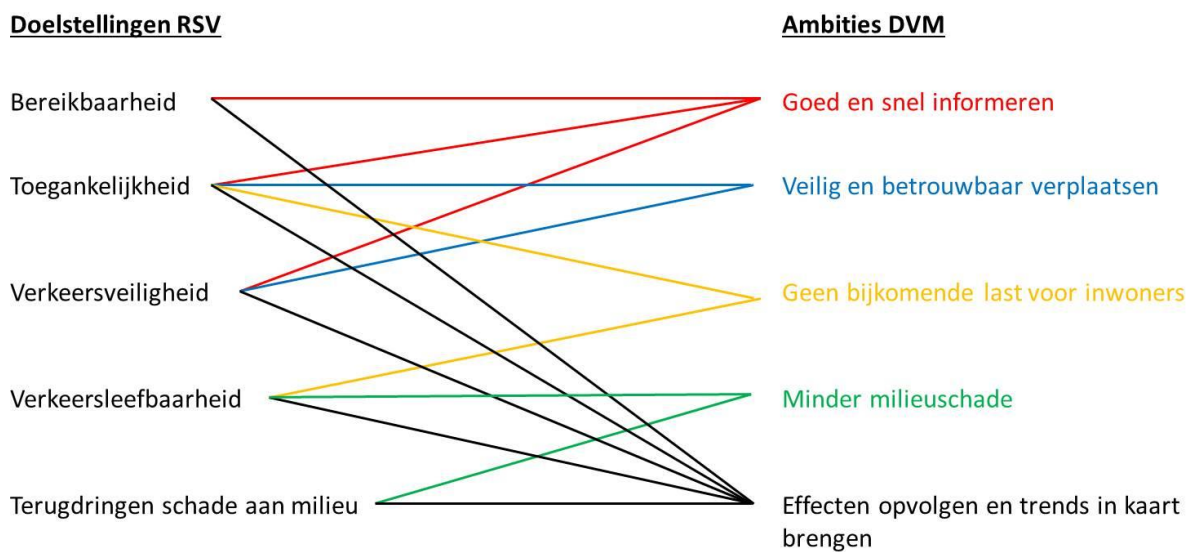
Vervolgens zijn er systemen nodig om het verkeer te informeren en te sturen (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008). Enerzijds kan dit gebeuren aan de hand van netwerkmanagement met behulp van VMS-borden (Variable Message Signs) of RVMS-borden (Roadside Variable Message Signs). Anderzijds kan dit gebeuren aan de hand van wegvakmanagement met behulp van RSS-borden (Rijstrooksignalisatie). Het systeem is zowel geschikt voor geboden en verboden en het beheren van dynamische inzetbare rijstroken (spitsstroken).

2.3. Ambities DVM

Dynamisch verkeersmanagement streeft enkele ambities na die nauw samenhangen met het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008). Het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV) streeft volgende doelstellingen na (RSV, 2011):

1. Verbeteren van de bereikbaarheid
2. Verbeteren van de toegankelijkheid
3. Verbeteren van de verkeersveiligheid
4. Verbeteren van de verkeersleefbaarheid
5. Terugdringen van schade aan natuur en milieu

Figuur 5 toont de verschillende doelstellingen van het RSV en de ambities die DVM heeft. Op deze figuur zijn tevens de verschillende raakpunten tussen beide aangeduid. Een verdere beschrijving van de ambities van DVM wordt na deze figuur uitgebreider besproken.



Figuur 5: Raakpunten tussen RSV en DVM

De vijf ambities van DVM worden hieronder kort opgesomd en daarna verder in detail besproken (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008):

1. De weggebruiker wordt goed en snel geïnformeerd
2. De weggebruiker kan zich veilig en betrouwbaar verplaatsen
3. De weggebruiker veroorzaakt geen bijkomende overlast voor inwoners
4. De weggebruiker veroorzaakt minder milieuschade
5. De overheid beschikt over accurate instrumenten om de effecten van maatregelen op te volgen en trends in kaart te brengen

2.3.1. Goed en snel informeren

Weggebruikers dienen over voldoende en realtime-informatie te beschikken vooraleer ze vertrekken en wanneer ze onderweg zijn. Deze informatie dient zowel voor het wegverkeer als voor het openbaar vervoer beschikbaar te zijn. De realtime-informatie onderweg is belangrijk voor de weggebruiker zodat hij tijdig wordt gewaarschuwd voor hindernissen en indien nodig zijn route kan aanpassen. Deze ambitie draagt hierdoor vooral bij aan de bereikbaarheid, toegankelijkheid en verkeersveiligheid.

2.3.2. Veilig en betrouwbaar verplaatsen

De overheid tracht weggebruikers veilig te geleiden naar hun bestemming door gebruik te maken van veiligheid- en informatiesystemen. Zodoende heeft de weggebruiker een kleinere kans om hindernissen tegen te komen op zijn route. Verder dragen dynamische snelheden, in functie van de heersende verkeerssituatie, bij tot een lagere kans op ongevallen. De kans op secundaire ongevallen verlaagt ook omdat weggebruikers tijdig op de hoogte zijn van hindernissen zoals files en ongevallen.

Het aanbieden van alternatieven, door dynamische routekeuze en dynamische snelheidsharmonisatie (via RSS-borden), leiden doorgaans tot een betere benutting van de huidige capaciteit. Dit is voornamelijk het geval bij structurele files. Het voorkomen van (secundaire) ongevallen en het vermijden en verminderen van incidentele congestie is een andere taak van DVM die vooral bij incidentele congestie wordt gebruikt.

Men verwacht dat het gebruik van DVM kan leiden tot 10% minder ongevallen en minder verliesuren. Deze reductie in ongevallen en verliesuren brengen een directe maatschappelijke baat met zich mee van 103 miljoen euro per jaar. DVM heeft voornamelijk effect op het beperken van ongevallen en het verbeteren van snelheidsharmonisatie, wat de doorstroming bevordert. Deze ambitie draagt voornamelijk bij aan de toegankelijkheid en de verkeersveiligheid (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008).

2.3.3. Geen bijkomende overlast voor inwoners

Door de diverse toepassingen van dynamisch verkeersmanagement wordt de verkeerssituatie op het hoofdwegennet vergemakkelijkt waardoor weggebruikers meer gebruik maken van hoofdwegen dan van wegen van een lagere orde. Hierdoor draagt deze ambitie vooral bij aan de toegankelijkheid en de verkeersleefbaarheid.

2.3.4. Minder milieuschade

De hoofddoelen van DVM zijn voornamelijk gericht op snelheidsharmonisatie, congestiebeperking en de afstemming tussen de vervoersvraag en de juiste vervoersmodi. Naast deze hoofddoelen is er nog een ander aspect dat maatschappelijke baten met zich meebrengt. Door het implementeren van DVM worden er immers minder schadelijke stoffen uitgestoten. Hierdoor draagt het bij aan een betere verkeersleefbaarheid en een terugdringing van schade aan natuur en milieu.

2.3.5. Effecten opvolgen en trends in kaart brengen

Naast de actuele kennis van de verkeerssituatie is het ook van belang om de juiste mensen te hebben die weten hoe deze gegevens geïnterpreteerd dienen te worden. En hieraan gekoppeld de juiste maatregelen en instrumenten te gebruiken om de situatie zo goed mogelijk op te vangen of (bij) te sturen. Naast het analyseren van de huidige verkeerssituaties, is het ook van belang om de vroegere situaties te bekijken en te analyseren zodat trends zichtbaar worden en toekomstvoorspellingen op een wetenschappelijke manier kunnen gebeuren. Deze ambitie draagt bij aan alle doelstellingen van het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen.

3. Dynamische rijstrooksignalisatie

Zoals net aangehaald in hoofdstuk 2 is dynamisch verkeersmanagement een ruim begrip waarbinnen dynamische rijstrooksignalisatie (RSS) een belangrijke rol heeft. Om dit meer in detail te bekijken wordt in hoofdstuk 3 onder meer gekeken naar de verschillende doelen die dynamische rijstrooksignalisatie kent in Vlaanderen. Naast de verschillende doelen die RSS-borden nastreven, is er aandacht voor de werking van RSS-borden en de verschillende bordstanden die RSS-borden kunnen aannemen. Vervolgens worden enkele enquêtes aangehaald die de interactie tussen RSS-borden en weggebruikers onderzocht hebben. Tot slot wordt de evolutie van de plaatsing van RSS-borden in Vlaanderen weergegeven.

Het Vlaams Verkeerscentrum gebruikt volgende definitie voor RSS-borden: "RSS-borden zijn dynamische, vrij programmeerbare LED-borden, die boven elke (mogelijke) rijstrook opgesteld worden d.m.v. een portaal. Dit systeem is geschikt voor het opleggen van (rijstrook specifieke) geboden en verboden (vb. snelheidsharmonisatie) alsook voor het management van dynamisch inzetbare (doelgroep)rijstroken als busbanen" (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008).

3.1. Doelen dynamische rijstrooksignalisatie Vlaanderen

Zoals al eerder in deze paper werd aangehaald zijn dit de doelstellingen waarnaar men streeft met RSS-borden (Daniels, Vaneerdewegh, Brijs, Dillen, Deknudt, & Thierie, 2010):

- Bevordering van de verkeersdoorstroming;
- Hogere verkeersveiligheid;
- Dempden schokgolven in files;
- Smogalarm;
- Plaatselijke lawaaihinder;
- Wegenwerken.

Met behulp van snelheidsharmonisatie wordt er getracht de doorstroming te verbeteren. Bij gelijke snelheden is de verkeersdoorstroming doorgaans beter dan bij verschillende snelheden. Hierdoor is het toepassen van een actuele snelheidsharmonisatie belangrijk binnen DVM.

De snelheid die wordt weergegeven door RSS-borden is actueel en is daarom aangepast aan de heersende verkeerssituatie. Zo kan men met behulp van RSS-borden de snelheid sneller aanpassen en eventueel voor een graduele snelheidsafbouw zorgen bij incidenten of filestarten. Op die manier wordt de impactsnelheid bij ongevallen in de staart van de

file verlaagd. Dankzij het snelheidsverlagend karakter van RSS-borden, dragen deze bij tot een hogere verkeersveiligheid.

RSS-borden kunnen ervoor zorgen dat schokgolven in files gedempt worden door een verlaagde snelheidslimiet op te leggen. Dit zorgt ervoor dat de verkeersstroom trager verloopt maar wel gelijkmatiger. Deze gelijkmatigere stroom zorgt voor een demping in de schokgolven bij files.

Indien een bepaalde regio last heeft van teveel smog, kunnen RSS-borden worden ingezet om de snelheid te doen verlagen en ervoor te zorgen dat het smogalarm verdwijnt. Afhankelijk van de hoeveelheid smog zal ook de snelheid die de RSS-borden opleggen veranderen.

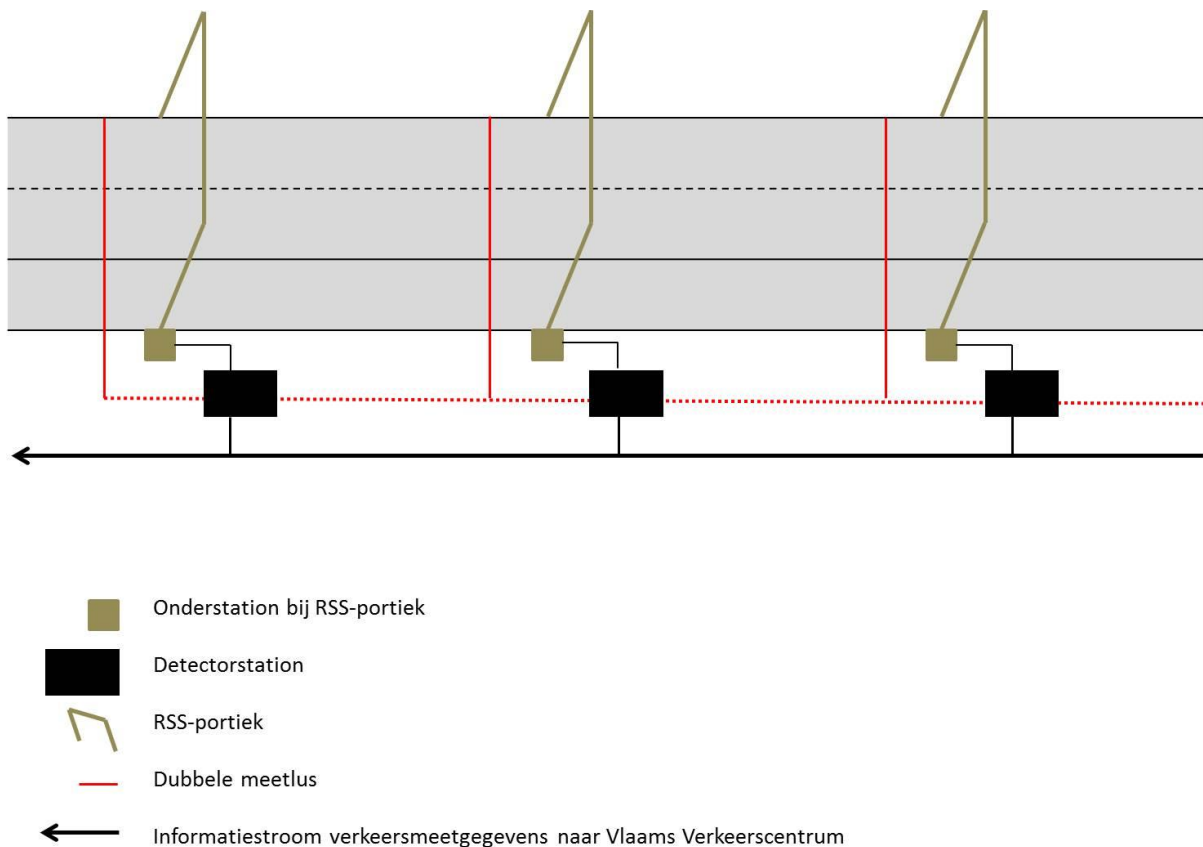
Verkeer dat sneller rijdt, produceert meer lawaai, dit lawaai kan in sommige gevallen bestempeld worden als hinder. Indien men spreekt van plaatselijke lawaaihinder, kan snelheidsverlaging een mogelijke oplossing zijn. Wanneer het niet gaat om structurele lawaaihinder, kan men best gebruik maken van RSS-borden om de snelheid aan te passen.

Tot slot zijn RSS-borden ook nuttig bij wegenwerken. Wanneer de wegbeheerder werken uitvoert, wordt hier ook een maximumsnelheid aangekoppeld. Indien er geen RSS-borden beschikbaar zijn, moet er gewerkt worden met het manueel plaatsen van vaste borden. Indien er echter wel RSS-borden aanwezig zijn, worden deze gebruikt. Voorts kunnen deze borden, indien nodig, de snelheid nog meer verlagen als er teveel verkeer is.

3.2. Werking RSS in Vlaanderen

De snelheden die worden afgebeeld op de RSS-borden worden automatisch berekend op basis van de gegevens die door de detectielussen worden gemeten. De detectielussen liggen verspreid onder het Vlaamse autosnelwegennet en bevinden zich ten minste vlakbij elke RSS-portiek. De afgebeelde snelheid wordt berekend door gebruik te maken van de verkeersmetingen van de detectoren, die zich stroomafwaarts bevinden. Indien er een vertraging of file wordt waargenomen aan de hand van de gemeten intensiteiten en snelheden, zullen de RSS-borden beperkingen van 110, 100, 90, 70 of 50 km/h stroomopwaarts tonen. Dichtbij een incident zal een lagere snelheid afgebeeld worden, hoe verder van het incident, hoe hoger de dynamische snelheid zal liggen. Hierbij wordt een geleidelijke snelheid afbouw in acht genomen zodat bruske remmanoeuvres zoveel mogelijk worden vermeden (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2012). Figuur 6 toont de schematische weergave van de werking van dynamische snelheden.

Om een zo goed mogelijke, realiteit gebonden, snelheid/tekst weer te geven, wordt deze informatie elke 20 seconden opnieuw berekend. Wanneer er druk verkeer is, treden er vaak kortstondige verstoringen op. Omdat het aanpassen van de LED-borden ook enkele seconden duurt, zijn er soms situaties waarbij de verstoring al is opgelost vooraleer de RSS-borden hiervoor gewaarschuwd hebben (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2012).



Figuur 6: Schematische weergave RSS-werking

Op bepaalde wegsegmenten van het Vlaamse autosnelwegennet worden RSS-borden op een andere manier aangestuurd, zoals op de ring rond Antwerpen (R1). De aansturing van RSS-borden wordt hier uitgevoerd met behulp van AID-camera's – Automatische Incident Detectie. Eén of meerdere stroomafwaartse AID-camera's worden gekoppeld aan een RSS-bord. De AID-camera's meten de snelheid en de bezettingsgraad en berekenen op basis hiervan de gewenste snelheid, die daarna afgebeeld dient te worden (Deknudt & Dechamps, 2009). Momenteel is er echter kritiek op deze manier van snelheidsaansturing omdat het AID-systeem 's nachts vaak vastloopt. Om die reden zal dit systeem vervangen worden door magnetische meetlussen, die nauwkeuriger werken (De Redactie, 2013).

3.3. Verschillende bordstanden RSS in Vlaanderen

RSS-borden worden hoofdzakelijk gebruikt om maximumsnelheden op te leggen aan weggebruikers. Naast deze dynamische snelheden kunnen RSS-borden ook andere bordstanden aannemen die de verkeersveiligheid ten goede moeten komen, zoals weergegeven door Figuur 7. Zo kan er een ontruimingspijl worden weergegeven die aantoont naar welke rijstrook de weggebruiker dient uit te wijken. Een andere bordstand is een rood kruis dat impliceert dat de rijstrook onder het rood kruis gesloten is voor het wegverkeer. Tot slot kan een RSS-bord een groene pijl weergeven die aangeeft dat de rijstrook vrij is voor weggebruikers.



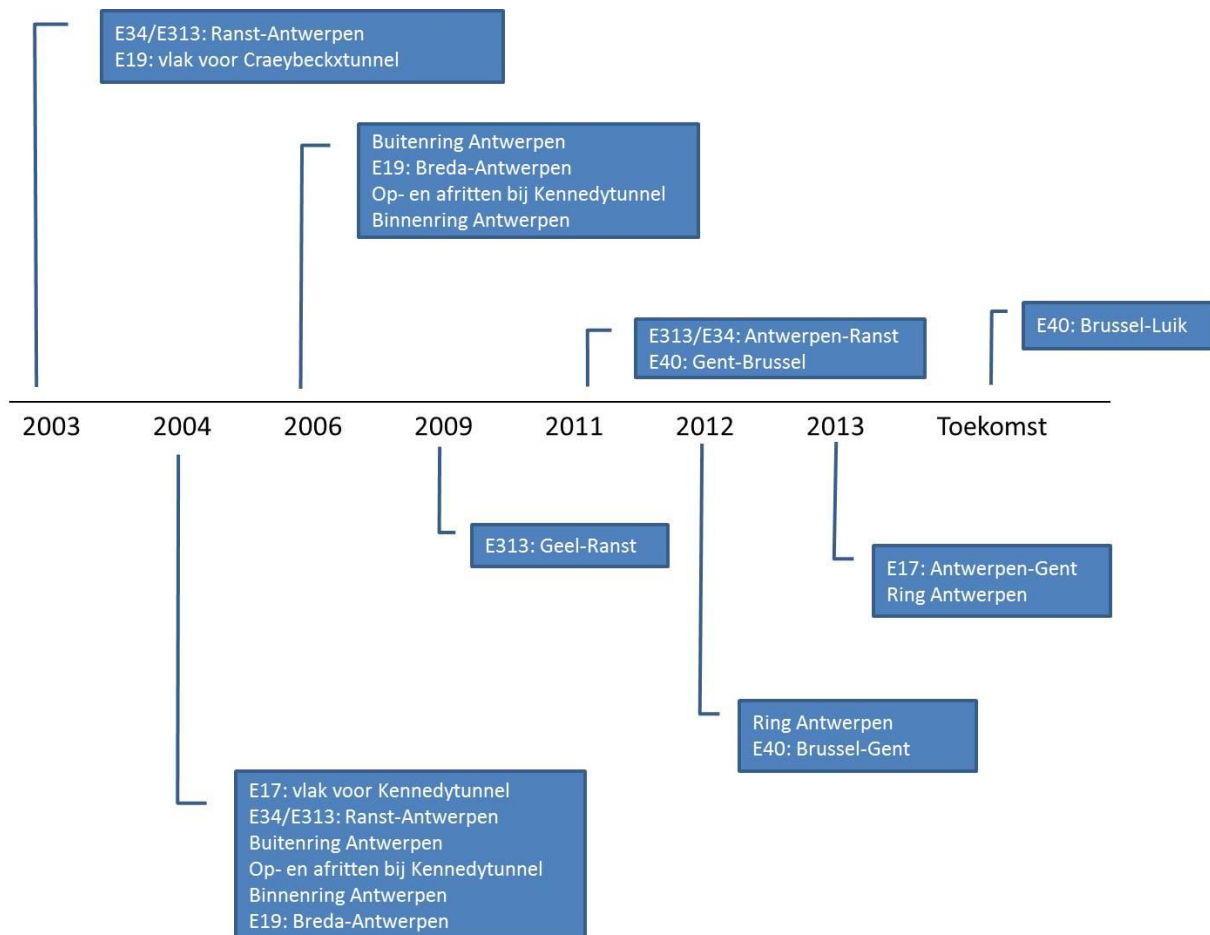
Figuur 7: Verschillende bordstanden RSS

De maximumsnelheden die getoond worden op een RSS-bord variëren, afhankelijk van de verkeerssituatie, tussen:

- 110 km/h
- 100 km/h
- 90 km/h
- 70 km/h
- 50 km/h

3.4. Evolutie RSS-borden in Vlaanderen

RSS-borden zijn een tamelijk nieuw fenomeen in Vlaanderen; iets meer dan tien jaar geleden werden de eerste pas in werking gesteld. De eerste RSS-borden werden in 2003 rondom Antwerpen in werking gesteld, enkele jaren later was ook Gent aan de beurt en momenteel zijn er plannen om RSS-borden te plaatsen op de E40 tussen Brussel en Luik. Figuur 8 toont schematisch wanneer welke RSS-borden werden geplaatst.



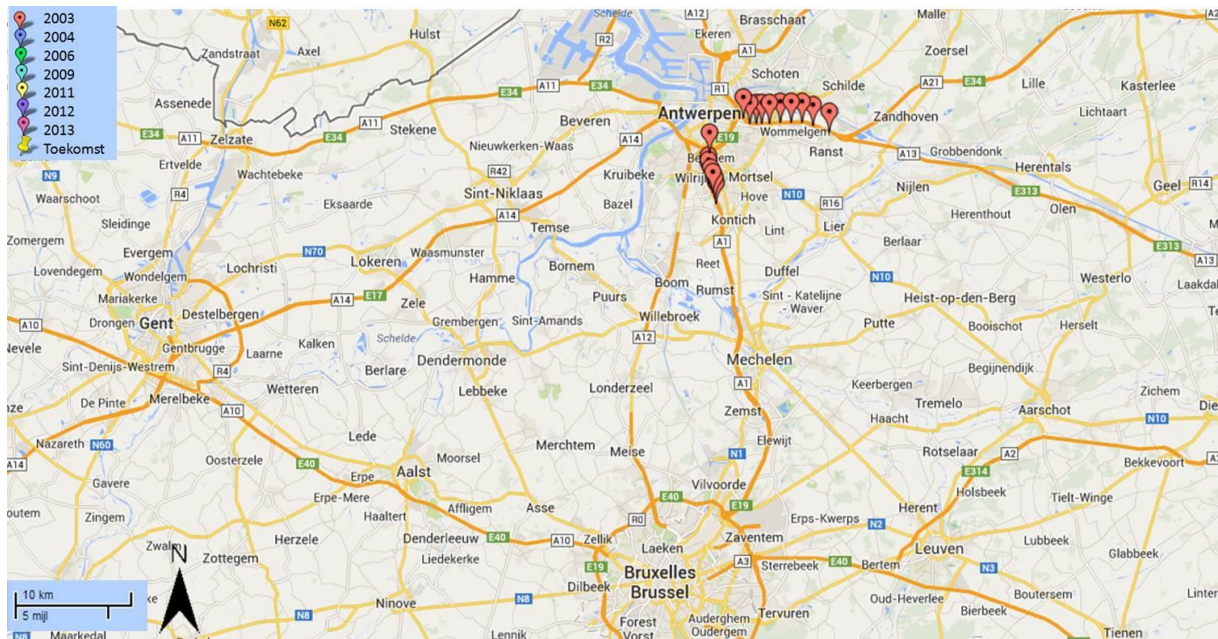
Figuur 8: Evolutie RSS-borden in Vlaanderen

De volgende paragrafen zullen chronologisch de plaatsing van RSS-borden in Vlaanderen behandelen. Er zal telkens op een kaart zichtbaar zijn waar de RSS-borden geplaatst werden in dat jaar. Om de kaart meer in detail te bekijken, kunt u terecht op onderstaande link:

<https://mapsengine.google.com/map/edit?hl=nl&authuser=0&mid=z9CLy4vmt61E.kJf83wx4FDco>

3.4.1. Plaatsing RSS-borden in 2003

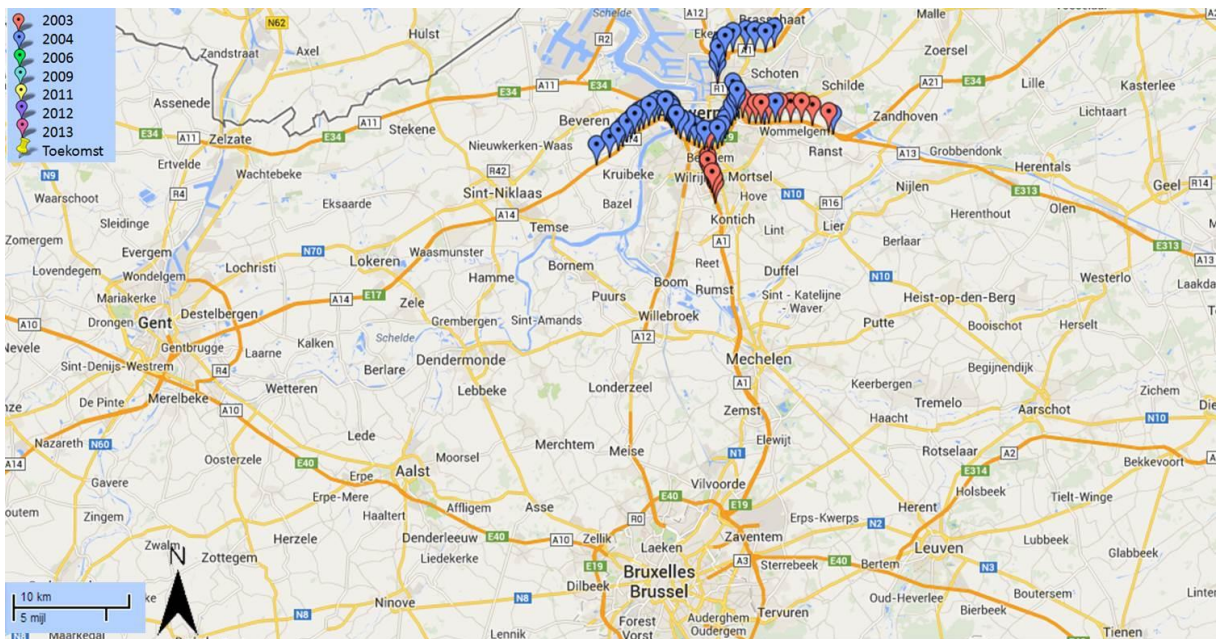
In 2003 werd gestart er met het operationeel maken van de eerste RSS-borden in Vlaanderen. Deze eerste RSS-borden bevonden zich op de E313/E34 tussen Ranst en Antwerpen en op de E19 vlak voor de Craeybeckxtunnel, komende van Brussel. Later zal het aantal RSS-borden op de E313/E34 nog verder uitgebreid worden. Figuur 9 toont geografisch waar de eerste RSS-borden in werking traden.



Figuur 9: Plaatsing RSS-borden in 2003

3.4.2. Plaatsing RSS-borden in 2004

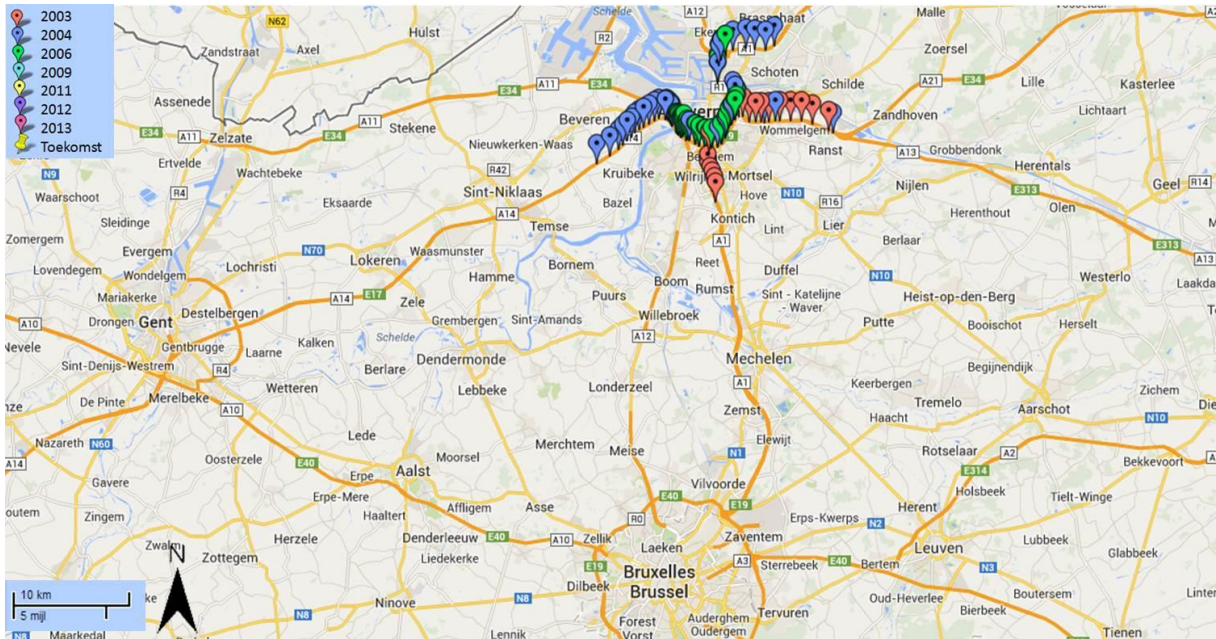
Begin maart 2004 traden RSS-borden op de E17 richting Antwerpen, vlak voor de Kennedytunnel, in werking. Drie maanden later werd de E313/E34 uitgebreid met extra RSS-borden. Tevens werden op dat moment de RSS-borden op de binnen- en buitenring van Antwerpen operationeel gemaakt en traden ook RSS-borden op de op- en afritten nabij de Kennedytunnel in werking. Tot slot liet men op 1 augustus 2004 de RSS-borden op de E19 (Breda – Antwerpen), vlak voor de ring rond Antwerpen, in werking treden. De verschillende locaties waar vanaf 2004 RSS-borden operationeel zijn, worden weergegeven door Figuur 10.



Figuur 10: Plaatsing RSS-borden in 2004

3.4.3. Plaatsing RSS-borden in 2006

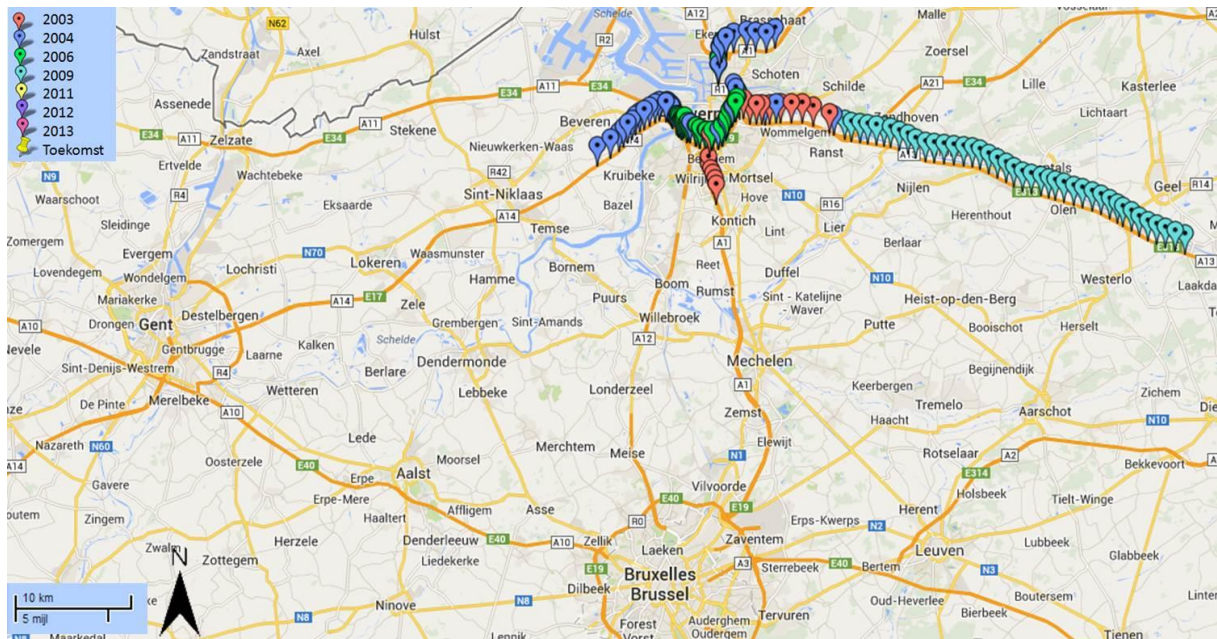
Men vervulde de inwerkingstelling van de RSS-borden op de buitenring rond Antwerpen in april 2006. Op dat moment werden eveneens extra RSS-borden op de E19 (Breda – Antwerpen) in werking gesteld. Tot slot maakte men toen nog enkele RSS-borden op de op- en afritten bij de Kennedytunnel en op de binnenring rond Antwerpen operationeel. De verschillende locaties waar men in 2006 RSS-borden in werking stelde, worden weergegeven door Figuur 11.



Figuur 11: Plaatsing RSS-borden in 2006

3.4.4. Plaatsing RSS-borden in 2009

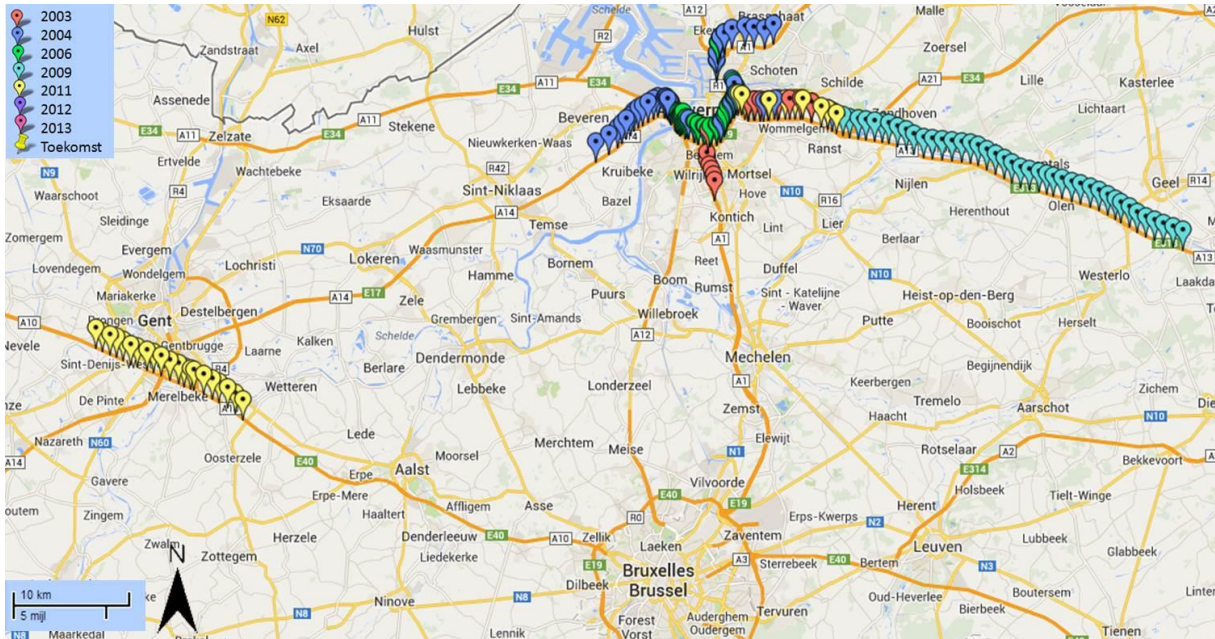
In 2009 begon men extra RSS-borden operationeel te maken op de E313. Nadat in 2003 RSS-borden geplaatst waren op de E313/E34 tussen Ranst en Antwerpen-Oost, werden in 2009 RSS-borden geplaatst tussen Geel-Oost en Ranst. Deze inwerkingstelling gebeurde in twee fasen; een eerste deel trad in werking in januari, het laatste deel trad ongeveer een half jaar later in werking. Figuur 12 toont aan dat de E313 tussen Geel-Oost en Antwerpen-Oost vanaf 2009 volledig uitgerust is met RSS-borden.



Figuur 12: Plaatsing RSS-borden in 2009

3.4.5. Plaatsing RSS-borden in 2011

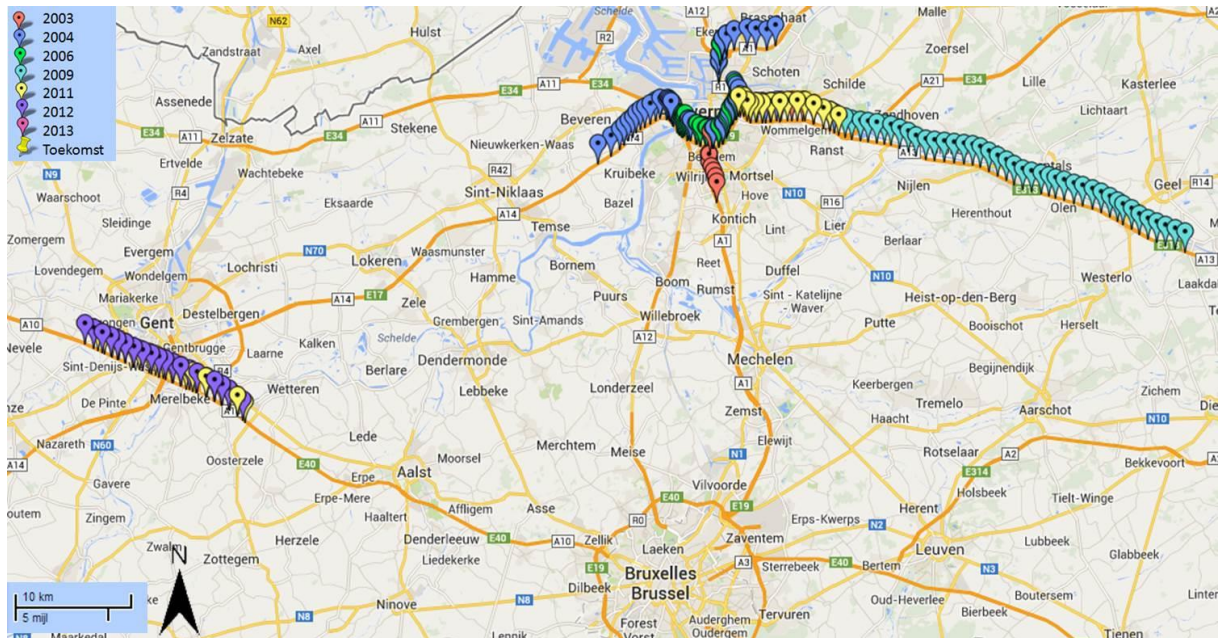
In september 2011 begon men met het operationeel maken van RSS-borden op de E313/E34 tussen Antwerpen-Oost en Ranst. Negen jaar eerder traden de RSS-borden op de E313/E34 in de andere richting al in werking. Ook de spitsstrook die op de E313/E34 tussen Antwerpen-Oost en Ranst gelegen is, werd uitgerust met RSS-borden. Tenslotte werden in oktober 2011 de eerste RSS-borden rondom Gent in werking gesteld. Deze RSS-borden bevinden zich op de E40 richting Brussel, zoals blijkt op Figuur 13.



Figuur 13: Plaatsing RSS-borden in 2011

3.4.6. Plaatsing RSS-borden in 2012

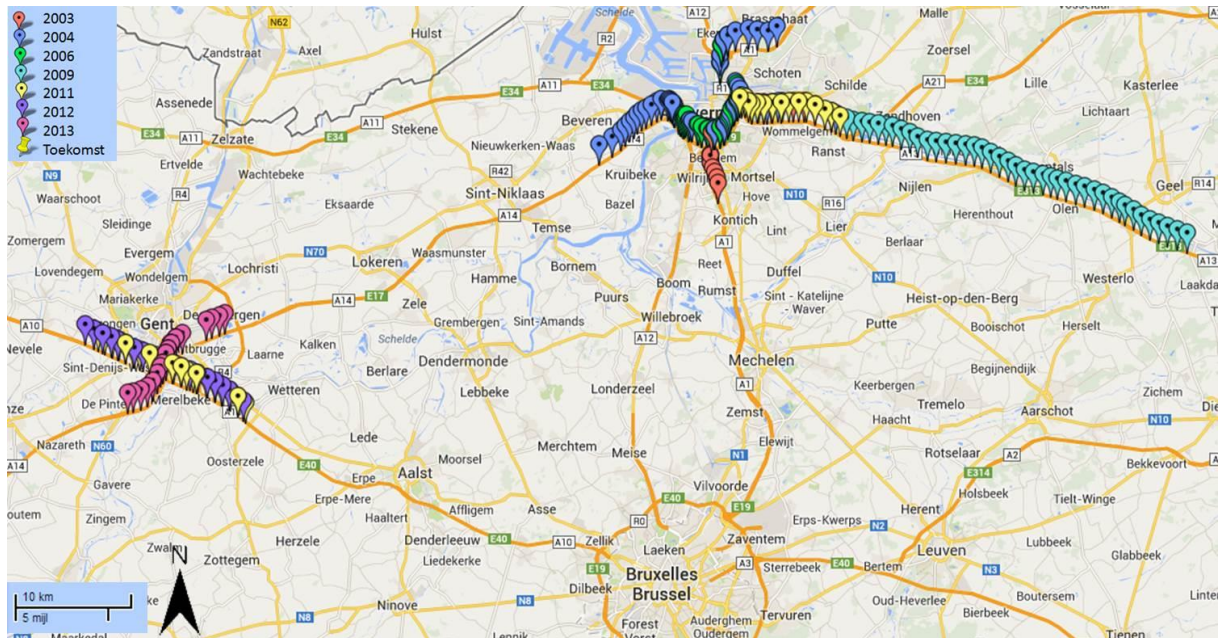
In juni 2012 werden extra RSS-borden operationeel gemaakt op de Antwerpse Ring, ter hoogte van de aansluiting van de E19 op de R1. Eind november 2012 traden RSS-borden op de E40 tussen Brussel en Gent, rondom Gent, in werking. De verschillende locaties van RSS-borden tot en met 2012 worden weergegeven door Figuur 14.



Figuur 14: Plaatsing RSS-borden in 2012

3.4.7. Plaatsing RSS-borden in 2013

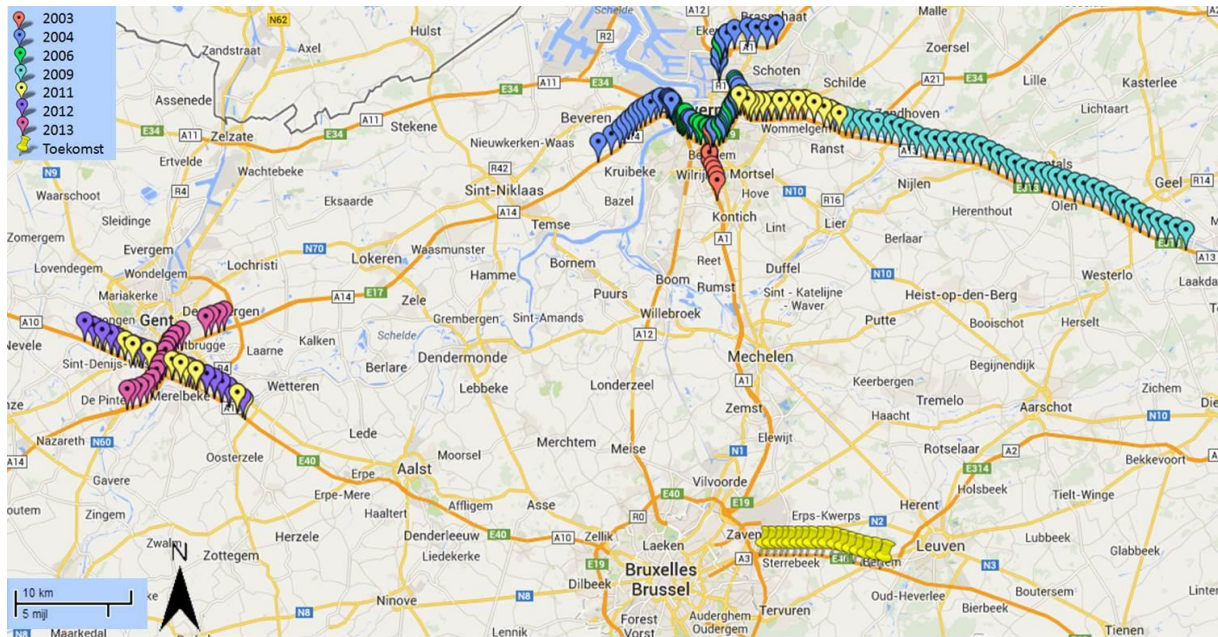
In 2013 liet men de laatste operationele RSS-borden, tot nog toe, in werking treden. Men zorgde enerzijds voor RSS-borden op de E17 tussen Antwerpen en Gent, ter hoogte van Gent. Anderzijds plaatste men opnieuw extra RSS-borden op de ring rond Antwerpen. Figuur 15 toont de huidige locaties die uitgerust zijn met RSS-borden.



Figuur 15: Plaatsing RSS-borden in 2013

3.4.8. Plaatsing RSS-borden in de toekomst

Tot slot liggen er momenteel plannen op tafel om rond Brussel RSS-borden te plaatsen op de E40 tussen Brussel en Luik. Figuur 16 toont deze toekomstplannen en vormt hierdoor eveneens een synthese van de locaties in Vlaanderen die uitgerust zijn met RSS-borden. Uit deze synthesekaart kan men afleiden dat de meeste RSS-borden op de Antwerpse ring en de invalssnelwegen richting Antwerpen gelegen zijn.



Figuur 16: Synthese locaties RSS-borden

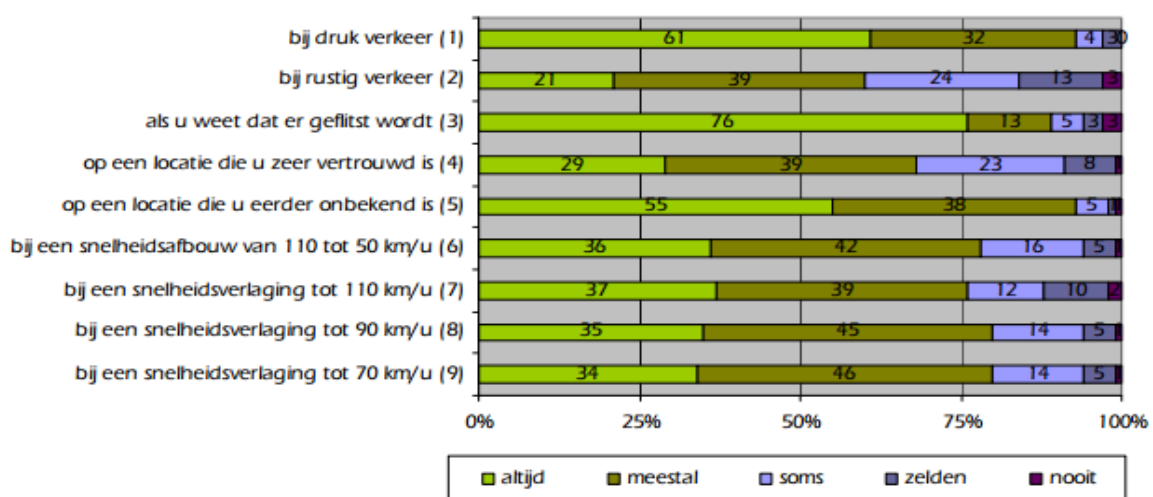
4. RSS-borden en hun effecten

Er zijn verschillende studies die de effecten van dynamische snelheden onderzocht hebben. Om een beeld te krijgen van het maatschappelijk nut van RSS-borden worden hieronder de belangrijkste effecten besproken. Al de effecten die besproken worden, hebben betrekking op de snelheid, luchtkwaliteit & geluidsoverlast, doorstroming en tot slot ongevallen. De eerste paragraaf handelt over de interactie tussen RSS-borden en weggebruikers in Vlaanderen. Vervolgens bespreken de volgende paragrafen de verschillende effecten die horen bij RSS-borden.

4.1. Interactie RSS-borden en weggebruiker in Vlaanderen

Het Vlaamse Verkeerscentrum heeft in 2008 een onderzoek/enquête betreffende rijstrooksignalisatie gevoerd (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008). De steekproef bestond uit 381 respondenten, waarvan bijna 90% alle vragen ingevuld had. De belangrijkste conclusies die betrekking hebben tot de effectiviteit van RSS-borden worden hieronder kort besproken.

Figuur 9 toont de omstandigheden wanneer weggebruikers zich houden aan de maximumsnelheid die weergegeven wordt door de RSS-borden. Bij druk verkeer houdt 61% van de respondenten zich altijd aan de snelheid die de RSS-borden weergeven. Bij rustig verkeer daalt dit percentage naar 21%. Als mensen weten dat er geflitst wordt, rijdt 76% van de respondenten altijd de toegelaten snelheid en is er maar 3% die de maximumsnelheid overschrijdt. Gemiddeld houdt 75% van de respondenten zich meestal of altijd aan de maximumsnelheid, opgelegd door de RSS-borden.

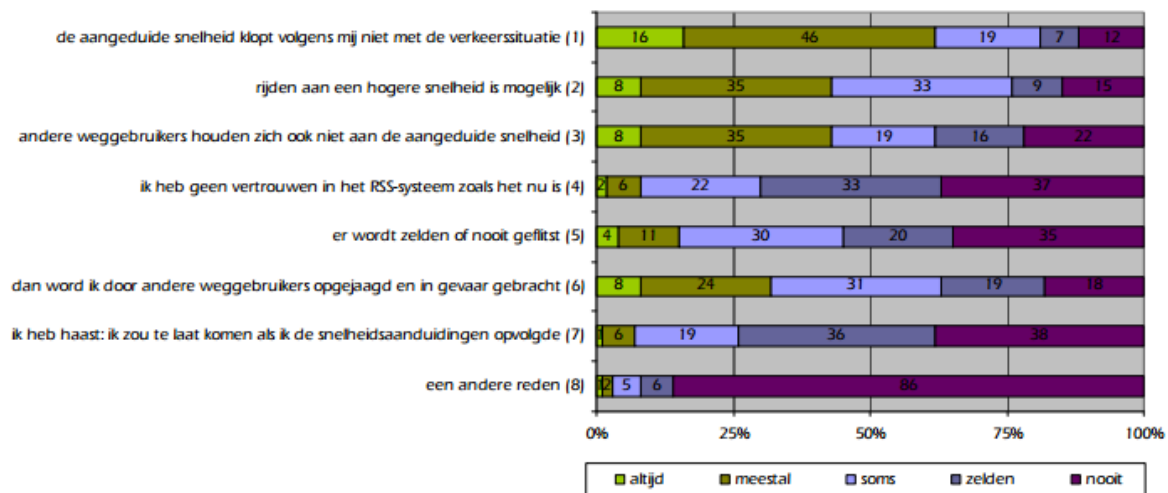


Figuur 17: Omstandigheden wanneer weggebruikers zich houden aan de maximumsnelheid, opgelegd door RSS-borden (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008)

Uit eerder vermelde cijfers blijkt dat er nog steeds een aanzienlijke groep mensen zich zelden of nooit houden aan de maximumsnelheden die getoond worden d.m.v. RSS-borden. Dit eerder lage percentage heeft echter ook invloed op de bestuurders die zich wel aan de maximumsnelheid houden. In sommige gevallen worden deze immers gedemotiveerd omdat ze zich aan de regels houden en voorbijgestoken worden door andere verkeersdeelnemers.

Het onderzoek legde ook enkele redenen bloot waarom verkeersdeelnemers zich niet altijd houden aan de aangeduide snelheid. Meestal denken de verkeersdeelnemers dat de aangeduide snelheid niet gepast is voor de verkeerssituatie waarin ze zich bevinden. Op een gedeelte 2^{de} plaats staat dat het mogelijk is om te rijden aan een hogere snelheid of dat andere weggebruikers zich ook niet aan de aangeduide snelheid houden.

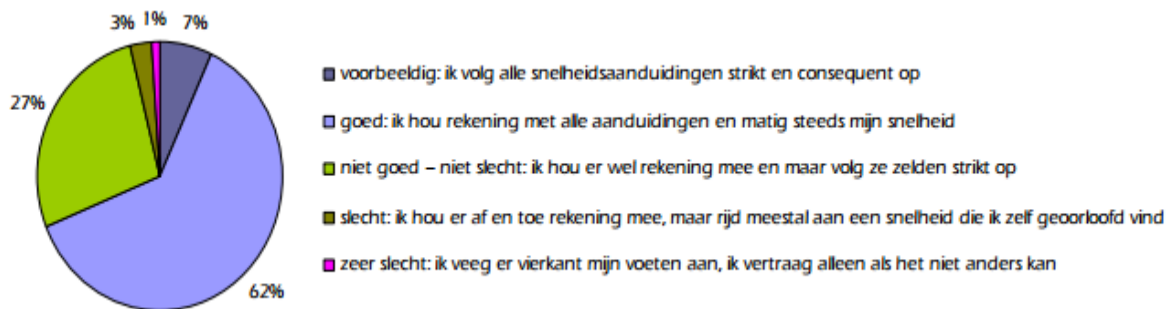
Hier komt de rol van andere weggebruikers naar voor waarom mensen zich niet houden aan deze maximumsnelheden. Enerzijds komt dit tot uiting doordat weggebruikers sneller gaan rijden omdat andere weggebruikers dit ook doen. Anderzijds komt dit tot uiting omdat mensen zich opgejaagd voelen door andere weggebruikers en hierdoor in gevaar worden gebracht. Onderstaande figuur toont deze beweringen.



Figuur 18: Redenen waarom weggebruikers zich niet houden aan de opgelegde snelheid door RSS-borden (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008)

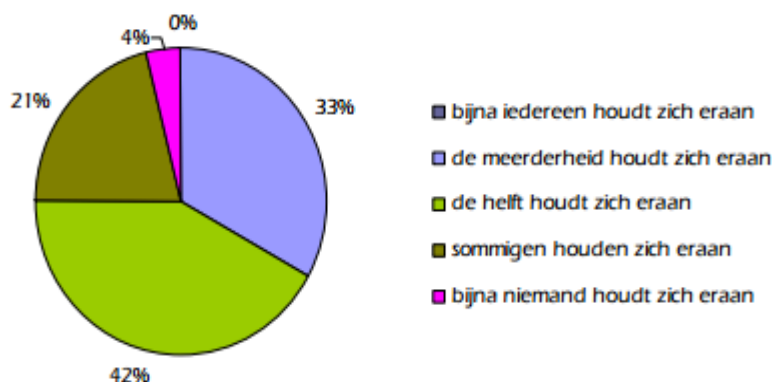
Uit deze figuur blijkt ook dat de meeste mensen vertrouwen hebben in het RSS-systeem en dat slechts 2% altijd twijfelt aan de betrouwbaarheid. Opmerkelijk is ook dat mensen vaak deze opgelegde snelheid niet volgen omdat er zelden of nooit geflitst wordt. Handhaving blijkt dan ook een cruciale rol te spelen in het verhaal van dynamisch verkeersmanagement. De subjectieve pakkans lijkt te klein voor de meeste verkeersdeelnemers waardoor ze sneller het risico op te snel rijden durven te nemen.

Onderstaande figuur toont de perceptie van de weggebruikers over hun eigen gedrag ten aanzien van RSS-borden. Negenenzestig procent van de ondervraagden geeft aan zich minstens goed te houden aan de aanduidingen en steeds zijn snelheid te minderen. Zeven procent hiervan zegt zelfs een voorbeeldig gedrag te uiten en alle snelheidsaanduidingen strikt op te volgen. Er is slechts een klein percentage, 4%, dat zegt dat ze zich zelden of nooit houden aan de beperkingen die de RSS-borden hen opleggen.



Figuur 19: Perceptie van de weggebruikers over hun eigen gedrag ten aanzien van RSS-borden (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008)

In contrast met bovenstaande cijfers zijn de percepties van de weggebruikers aangaande het gedrag van de andere verkeersdeelnemers. Onderstaande figuur toont de beoordeling van het gedrag dat wordt uitgeoefend door andere weggebruikers. Van de ondervraagden vindt 42% dat de helft van de andere weggebruikers zich aan de verkeersregels houdt, die de RSS-borden tonen.



Figuur 20: Perceptie van de weggebruikers over het gedrag van andere weggebruikers ten aanzien van RSS-borden (Verkeerscentrum Vlaanderen, 2008)

Een enquête van de Vlaamse Automobilistenbond (VAB) onderzocht of de variabele snelheden voldoende worden nageleefd indien ze verwarrend of fout overkomen. Bijna 20% van de weggebruikers vindt dat dynamische snelheden zelden of nooit afgestemd zijn op de heersende verkeerssituatie. Wanneer men kijkt naar weggebruikers die per

jaar meer dan 20.000 km rijden, stijgt dit percentage naar meer dan 25%. Gemiddeld vindt slechts 5,4% van de weggebruikers dat RSS-borden altijd de correcte snelheid weergeven; dit cijfer daalt tot 4,8% als enkel de weggebruikers die per jaar meer dan 20.000 kilometer afleggen in beschouwing worden genomen. Omdat veel weggebruikers vaak het gevoel hebben dat de maximumsnelheid niet correct wordt aangeduid, hebben zij sneller de neiging om deze snelheid te overschrijden (VAB, 2013).

Uit dit onderzoek blijkt dat dit vooral een probleem is bij jonge bestuurders. Vijfentwintig procent van de jongeren onder de 25 houdt zich zelden aan de dynamische maximumsnelheid. Oudere bestuurders houden zich daarentegen veel beter aan de maximumsnelheid, zoals ook blijkt uit Tabel 1. Hierdoor kunnen grotere snelheidsverschillen ontstaan, wat opnieuw kan leiden tot gevaarlijke situaties. Hierdoor is het belangrijk om dynamische snelheden weer te geven die in functie staan van de verkeerssituatie (VAB, 2013).

Houdt u zich aan de snelheidslimiet die de dynamische borden aangeven?	Leeftijd						
	totaal	18-24	25-34	35-44	45-54	55-64	65+
Zelden	7%	24%	11%	8%	7%	3%	1%
Meestal	53%	56%	59%	59%	53%	54%	44%
Altijd	40%	20%	30%	35%	40%	43%	55%

Tabel 1: In welke mate houden verschillende leeftijdsklassen zich aan de dynamische maximumsnelheid? (VAB, 2013)

4.2. Effecten ten aanzien van de snelheid

De opvolging van de maximumsnelheid in Nederland is sterk verbeterd dankzij de invoering van dynamische borden. Enquêtes wijzen tevens op het feit dat weggebruikers de door de RSS-borden opgelegde geboden en verboden begrijpen en waarderen. Indien de reden voor een snelheidsverlaging niet helemaal duidelijk is voor de weggebruikers, hebben zij niet onmiddellijk de intentie om zich aan deze maximumsnelheid te houden. Men pleit er dan ook voor dat handhaving en communicatie in deze gevallen verbeterd worden (Driesprong, 2009).

Een onderzoek van Brandenburg, van Nes & Twisk (2010) toont aan dat dynamische snelheden een positief effect hebben op de homogeniteit van de gereden snelheid. Tevens toont deze studie aan dat bestuurders de snelheden, die worden opgelegd door dynamische borden, geloofwaardiger vinden dan statische borden. De homogeniteit van snelheden is een belangrijke factor op het gebied van verkeersveiligheid. Hoe groter de homogeniteit tussen snelheden, hoe hoger de verkeersveiligheid (Aarts & Van Schagen, 2006; Fildes & Lee, 1993; Wegman & Aarts, 2006).

4.3. Effecten ten aanzien van de luchtkwaliteit en geluidsoverlast

Op de N279 tussen 's-Hertogenbosch, Veghel en Helmond, in Nederland, is de luchtkwaliteit er op vooruitgegaan na de invoering van RSS-borden. De RSS-borden geven de weggebruikers een snelheidsadvies waardoor ze deel kunnen uitmaken van een groene golf. Hierdoor is het rijcomfort aanzienlijk verbeterd en wordt er per jaar ongeveer 1300 ton CO₂ minder uitgestoten (NM Magazine, 2009).

Een studie die uitgevoerd werd op de M25, in het Verenigd Koninkrijk, toont aan dat geluidsoverlast, afkomstig van het verkeer, verminderd werd met 0.7 decibels door de invoering van variabele snelheden (Highway Agency, 2004). Dezelfde studie toonde eveneens aan dat het brandstofverbruik, en zodoende ook de emissies, gereduceerd werden met 2 tot 8% dankzij variabele snelheden.

Bel en Rosell (2013) hebben onderzoek gevoerd naar het effect dat variabele snelheden kunnen hebben op de luchtkwaliteit rond Barcelona. Ze hebben hiervoor vooral gekeken naar de uitstoot van stikstofoxiden (NO_x) en fijn stof (PM₁₀). De resultaten van hun onderzoek tonen aan dat dynamische snelheden zorgen voor een reductie in de uitstoot van NO_x met 7.7 tot 17.1% en een reductie in de uitstoot van PM₁₀ met 14.5 tot 17.3%.

4.4. Effecten ten aanzien van de doorstroming

Een studie van Smulders en Van de Hoogen (1994) toonde aan dat het verminderen van snelheidsverschillen leidt tot minder (ernstige) schokgolven. Een schokgolf treedt op wanneer en plotselinge verandering van de ene verkeersstoestand (vb. free flow) in de andere verkeersstoestand (vb. congestie) wordt vastgesteld. Dergelijke fenomenen kunnen de verkeersafwikkeling van het betreffende wegsegment doen dalen waardoor de doorstroming minder vlot verloopt (Bellemans, Traffic Flows Class 8: Kinematic wave theory, 2013). Hegyi, et al. (2009) toonden eveneens aan dat dynamische snelheden een gunstig effect hebben op het verminderen (of oplossen) van schokgolven. Het oplossen van schokgolven leidt tot een verbeterde doorstroming waardoor het verkeer ook stabiel, en dus veiliger, wordt. Een onderzoek van Hines (2002) concludeerde ook dat dynamische snelheden leiden tot stabiel verkeer en tot minder ongevallen.

De invoering van variabele snelheden leidt in de meeste gevallen tot rustiger verkeer en zorgt voor een betere benutting van de bestaande wegcapaciteit. Een studie van 2008 heeft aangetoond dat dynamische snelheden het potentieel hebben om de kritieke bezetting op een wegsegment te verhogen zodat de doorstroming wordt verbeterd (Papageorgiou, Kosmatopoulos, & Papamichail, 2008).

Een Duits onderzoek heeft aangetoond dat weggebruikers zich tegen een lage snelheid, 30 à 40 km/h, kunnen blijven verplaatsen bij het gebruik van RSS-borden, wanneer men bijna de wegcapaciteit heeft bereikt. Het toont hiermee aan dat RSS-borden ervoor kunnen zorgen dat het verkeer blijft rijden en niet in een toestand terechtkomt van volledige congestie. Op die manier wordt de doorstroming aanzienlijk verhoogd (Bertini, Boice, & Bogenberger, 2006).

Van den Hoogen en Smulders (1994) concludeerden uit hun onderzoek dat politiecontrole op de navolging van dynamische snelheden ervoor zorgt dat er een reductie optreedt tussen het verschil in gereden snelheid en maximumsnelheid. Tevens zorgt dit ervoor dat het verschil in volume, snelheid en bezetting tussen rijstroken en binnen een rijstrook kleiner wordt.

Räma (1999) onderzocht het effect van variabele snelheden die gekoppeld zijn aan de heersende weersomstandigheden. Uit haar onderzoek blijkt dat dynamische snelheden kunnen zorgen voor een lagere gemiddelde snelheid en ook voor een lagere standaarddeviatie van de snelheid. De maximumsnelheid die wordt afgebeeld door de RSS-borden staat in rechtstreeks contact met de weersomstandigheden. Indien de zichtbaarheid beperkt is, bijvoorbeeld door mist, zal de maximumsnelheid verlaagd worden om zo de verkeersveiligheid te verhogen.

Na de invoering van RSS-borden op de N279 tussen 's-Hertogenbosch, Veghel en Helmond, in Nederland, is naast de luchtkwaliteit ook de doorstroming verbeterd dankzij de groene golf. De RSS-borden kunnen de snelheid zodanig afbeelden dat weggebruikers in een groene golf terechtkomen en op die manier een kortere reistijd kunnen bekomen (NM Magazine, 2009).

Een macroscopisch model van Breton et al. (2002) heeft aangetoond dat dynamische snelheden tijdelijk zorgen voor een langere reistijd maar dat ook de doorstroming hierdoor verbeterd wordt, omdat abrupte snelheidsverschillen vermeden kunnen worden. Deze verbeterde doorstroming leidt ertoe dat de globale reistijd verkort wordt omdat congestie vermeden kan worden. Shi en Ziliaskopoulos (2002) geven in hun onderzoek aan dat dynamische snelheden de veiligheid verhogen, zorgen voor minder stress bij de bestuurder, een betere doorstroming garanderen en leiden tot een kortere reistijd.

VSLS TRAVEL TIME IMPACT SUMMARY			
	Average Network Travel Time (min/vehicle)		
	Peak	Near-Peak	Off-Peak
Non-VLS	13.2	6.1	4.0
VSLS	14.6	7.6	4.1
Change	1.4	1.5	0.1
% Increase	11%	25%	1.3%

Tabel 2: Reistijdenimpact van variabele snelheden (Allaby, Hellinga, & Bullock, 2007)

2 toont aan dat een variabele snelheidslimiet doorgaans leidt tot een langere reistijd. Enkel tijdens dalmomenten heeft een variabele snelheidslimiet een gunstig effect ten aanzien van de reistijd.

Zoals eerder werd aangehaald kunnen variabele snelheidslimieten ook gebruikt worden bij wegenwerken. Een studie van Mitra en Pant (2005) heeft aangetoond dat het gebruik van dynamische snelheden kan leiden tot een verbeterde doorstroming nabij wegenwerken. Dynamische snelheden kunnen bij wegenwerken de snelheid permanent verlagen maar kunnen tevens inspelen op de heersende verkeersomstandigheden en indien nodig de snelheid verder verlagen. Op die manier kan congestie vermeden worden en verbetert de doorstroming.

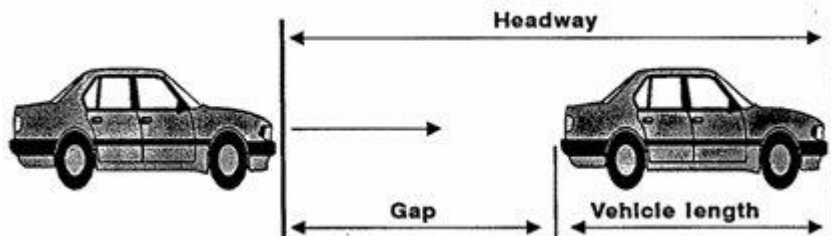
4.5. Effecten ten aanzien van ongevallen

Een onderzoek door het Vlaams Verkeerscentrum toonde aan dat RSS-borden een positief effect hebben op het aantal ongevallen. Het aantal ongevallen op de E313 tussen Geel-Oost en Ranst bedroeg in 2009, op 10 maanden tijd, 75. Voor de plaatsing van de RSS-borden in 2007 werden er 128 ongevallen geregistreerd op de E313 tussen Geel-Oost en Ranst. Dit betekende een reductie van meer dan 40% in het aantal ongevallen. Uit dit onderzoek kan men uiteraard niet concluderen dat dit effect enkel te wijten is aan de plaatsing van de RSS-borden, maar de plaatsing van de RSS-borden zal ongetwijfeld wel enig belang gehad hebben in deze reductie, zoals het Vlaams Verkeerscentrum zelf aangeeft (IST, 2010).

In de jaren 1970 en 1980 werd er al aandacht geschonken aan RSS-borden in Nederland, daar ook wel matrixsignaalgevers genoemd. De matrixsignaalgevers die toen gebruikt werden, hebben het aantal kop-staartbotsingen aanzienlijk gereduceerd. De latere invoering van dynamische route-informatiepanelen zorgde eveneens voor een gunstig effect voor de verkeersveiligheid (Kohsiek, 2006).

Een Engelse studie op de M25 in het Verenigd Koninkrijk heeft aangetoond dat variabele snelheden ervoor zorgen dat bestuurders uniformere "headways" aanhouden (Highway Agency, 2004). Een "headway" wordt gedefinieerd als de ruimte tussen twee opeenvolgende voertuigen; bijvoorbeeld afstand van voorbumper tot voorbumper bij twee opeenvolgende voertuigen (Bellemans, 2013). Een "headway" is met andere

worden de lengte van het voertuig plus de afstand tussen twee voertuigen, zoals weergegeven door Figuur 21. Dit heeft er tevens toe geleid dat het aantal ongevallen verminderd werden met zo'n 10%.



Figuur 21: Voorbeeld headway (U.S. Department of Transportation, 2013)

Uit de verkeers- en ongevalgegevens uit Noord-Amerika blijkt dat ongevallen op autosnelwegen vaker voorkomen dan ongevallen op andere wegen. Uit deze gegevens blijkt tevens dat de ernst van de ongevallen ook hoger ligt op autosnelwegen dan op andere wegen (US Department of Transportation, 2004; Transport Canada, 2003). Deze bevindingen zijn te verklaren door het feit dat bestuurders hun snelheid frequenter moeten aanpassen als het verkeer turbulenter wordt. Deze, constante, kleine snelheidsaanpassingen leiden tot een grotere kans op een (ernstig) ongeval. Omwille van die reden hebben Lee, Hellinga en Saccomanno een onderzoek gevoerd naar wat deze kans zou kunnen reduceren (2006). Uit hun onderzoek in Toronto, Canada, blijkt dat variabele snelheidslimieten de kans op een ongeval kunnen verlagen tot 5 - 17%.

Uit een microsimulatie van Lee, Hellinga en Saccomanno (2004) is gebleken dat dynamische snelheden de kans op een ongeval kunnen doen dalen, waarbij tegelijkertijd de reistijd slechts met een minimum wordt verhoogd. De kans op een ongeval daalt het meest op locaties waar turbulent verkeer wordt vastgesteld. Bij dergelijke situaties kunnen bestuurders gewaarschuwd worden door de variabele snelheden en zodoende hun snelheid op een geschikte wijze aanpassen.

Ook andere studies, bijvoorbeeld uit Nederland en het Verenigd Koninkrijk, tonen aan dat variabele snelheidslimieten leiden tot minder ongevallen (Middelham, 2002; Rees, Harbord, Dixon, & Abou-Rahme, 2004). Deze studies spreken van een reductie die varieert tussen de 15 en 35%. Råma en Kulmala (2000) stellen dat dynamische borden, meer bepaald "Variable Message Signs", voornamelijk leiden tot een reductie in secundaire ongevallen omwille van hun waarschuwend karakter.

Onderzoek door de universiteit van Centraal Florida heeft aangetoond dat het gebruik van variabele snelheidslimieten een effectieve manier is om ongevallen te vermijden indien er geen congestie is. Er werd echter ook aangetoond dat variabele

snelheidslimieten geen invloed hebben op het aantal ongevallen in situaties waar congestie optreedt (Abdel-Aty, Cunnigham, Gayah, & Hsia, 2008). Een andere Amerikaanse studie toonde aan dat het simultaan verhogen van de snelheid stroomafwaarts en het verlagen van de snelheid stroomopwaarts de grootste positieve effecten kent. Dit onderzoek toont eveneens aan dat variabele snelheden geen effect vertonen op vlak van ongevallenreductie indien er sprake is van congestie (Abdel-Aty, Dilmore, & Dhindsa, 2006).

VSLS SAFETY IMPACT SUMMARY			
Station ID	Relative Safety Benefit (RSB) of VSLS		
	Peak	Near-Peak	Off-Peak
50	44%	27%	-8%
60	45%	43%	N.S.
70	40%	25%	N.S.
80	43%	N.S.	N.S.
90	37%	N.S.	N.S.
100	26%	N.S.	-49%
110	36%	30%	-24%
120	29%	25%	14%
130	57%	38%	13%
140	44%	46%	N.S.
Network RSB	+39%	+27%	-5%

N.S. = Results not found to be significant.

Tabel 3: Veiligheidsimpact van variabele snelheden (Allaby, Hellinga, & Bullock, 2007)

Een onderzoek van Allaby, Hellinga en Bullock (2007) toont echter dat de grootste effecten ten aanzien van ongevallen bekomen worden wanneer er sprake is van congestie. Tijdens de piekperiode bedraagt het relatieve veiligheidsvoordeel van variabele snelheidslimieten bijna 40%. Wanneer er sprake is van minder congestie, vermindert ook de veiligheidsimpact van variabele snelheden, zoals blijkt uit Tabel 3.

4.6. Conclusie

Globaal gezien wordt er verondersteld dat dynamische rijstrooksignalisatie een overwegend positief effect met zich meebrengt. Het gebruik van RSS-borden leidt doorgaans tot homogenere snelheden en dus kleinere snelheidsverschillen (van Nes, Brandenburg, & Twisk, 2010). Tevens zorgt het vaak ook voor een betere luchtkwaliteit en minder geluidsoverlast voor de omwonenden (NM Magazine, 2009; Highway Agency, 2004; Bel & Rossel, 2013). Het zorgt ook voor een betere doorstroming maar leidt in sommige gevallen ook tot een langere reistijd (Van de Hoogen & Smulders, 1994; Papageorgiou, Kosmatopoulos, & Papamichail, 2008; NM Magazine, 2009; Bertini, Boice, & Bogenberger, 2006; Hegyi, Hoogendoorn, Schreuder, & Stoelhorst, 2009; Hines, 2002; Råma, 1999; Mitra & Pant, 2005). Over die reistijd zijn alle bronnen het echter niet eens. Verschillende bronnen zien een positief effect ten aanzien van de reistijd omdat congestie vermeden wordt (Breton, Hegyi, De Schutter, & Hellendoorn, 2002; Shi & Ziliaskopoulos, 2002). Andere bronnen wijzen op het feit dat de gemiddelde reistijd toch langer is omwille van de dynamische snelheden (Breton, Hegyi, De Schutter, & Hellendoorn, 2002; Allaby, Hellinga, & Bullock, 2007).

Over de effecten ten aanzien van ongevallen zijn wel alle bronnen het eens dat variabele snelheden zorgen voor een reductie in aantal en ernst (IST, 2010; Kohsiek, 2006; Abdel-Aty, Dilmore, & Dhindsa, 2006; Abdel-Aty, Cunnigham, Gayah, & Hsia, 2008; Highway Agency, 2004; US Department of Transportation, 2004; Transport Canada, 2003; Lee, Hellinga, & Saccomanno, 2004; Lee, Hellinga, & Saccomanno, 2006) (Middelham, 2002; Rees, Harbord, Dixon, & Abou-Rahme, 2004; Rämä & Kulmala, 2000; Allaby, Hellinga, & Bullock, 2007).

Deel B: Onderzoek



Het tweede deel van deze paper betreft het eigenlijke onderzoek naar de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie in Vlaanderen. Hoofdstuk 5 geeft de onderzoekopbouw weer en leidt het onderzoek in. Het volgende hoofdstuk (hoofdstuk 6) beschrijft de gegevensverzameling. Daarna wordt het eerste deel van het onderzoek, de beschrijvende statistiek, uitgewerkt in hoofdstuk 7. Tot slot bespreekt hoofdstuk 8 een regressieanalyse waarbij gekeken wordt welke verkeersvariabelen een significant effect hebben op het percentage overtreeders.



5. Onderzoeksopzet

Het uitgevoerde onderzoek kan worden onderverdeeld in twee grote delen: beschrijvende statistiek en regressieanalyse. In beide gevallen is het de bedoeling om te kijken in welke mate weggebruikers zich houden aan een dynamische maximumsnelheid, zoals geformuleerd bij de onderzoeksvragen in paragraaf 1.3. Naast enkel te kijken hoeveel procent van de weggebruikers een overtreding begaat, wordt er eveneens gekeken of er verschillen zijn naar tijdstip (week/weekend, dag/nacht en spits/dalmoment), voertuigtype (auto, bestelwagen en vrachtwagen) en de volgtijd tussen twee voertuigen. Vooraleer te beginnen met de beschrijvende statistiek en de regressieanalyse wordt eerst de dataverzameling besproken in hoofdstuk 6. Hierin wordt duidelijk welke variabelen gebruikt worden en hoe de data aangeleverd werd voor het onderzoek.

Vervolgens komt in hoofdstuk 7 de beschrijvende statistiek aan bod. Hierbij wordt eerst een onderzoeksafbakening gemaakt waarin het onderzoeksgebied en de onderzoeksperiode verder worden toegelicht. Hierna worden de resultaten van de beschrijvende statistiek besproken, waarbij eerst algemeen gekeken wordt naar de gereden snelheid, volgtijd en modal split van alle betrokken voertuigen. Vanaf paragraaf 7.2.4. worden de resultaten weergegeven die betrekking hebben op het aantal overtredingen en welke verschillen hierbij zijn naar tijdstip, vervoersmodus, aantal rijstroken en maximumsnelheid. Tot slot bespreekt paragraaf 7.3. de conclusie van de beschrijvende statistiek en worden de belangrijkste resultaten nog even opgesomd.

Tot slot vormt hoofdstuk 8 de regressieanalyse van het onderzoek. De regressieanalyse probeert meer in detail te kijken welke variabelen een significant effect hebben op het begaan van een overtreding. Tijdens de beschrijvende statistiek, hoofdstuk 7, werd er enkel gekeken naar de verschillen in vb. tijdstip maar werd er niet gekeken in welke mate deze variabele een significante invloed had op het begaan van een overtreding. Bij de regressieanalyse is het juist de bedoeling om te kijken in welke mate de variabelen een effect hebben op het begaan van een overtreding. Omdat hier meer in detail gekeken wordt naar de variabelen, is het onderzoeksgebied hiervan kleiner dan bij de beschrijvende statistiek. Een duidelijke onderzoeksafbakening van de regressieanalyse wordt besproken in paragraaf 8.1. Vervolgens gaat paragraaf 8.2. verder met de beschrijving van de onderzoeksmethode en wordt er een onderscheid gemaakt tussen lineaire regressie en logistische regressie. Paragraaf 8.3. bespreekt de verschillende resultaten; er wordt gekeken naar de gemiddelde snelheid en volgtijd via een lineaire regressie en naar het aantal overtredingen en zware overtredingen met behulp van een logistische regressie. Tot slot formuleert paragraaf 8.4. de belangrijkste conclusies van de regressieanalyse.

6. Dataverzameling

Zoals eerder aangehaald in dit rapport, werden de data verzameld op voertuigniveau gedurende één volledige week, zowel voor de beschrijvende statistiek als voor de regressieanalyse. Tijdens de gegevensverzameling werden alle bordstanden meegenomen, ook 50 km/h en 70 km/h, voor de analyse van de effectiviteit van de dynamische rijstrooksignalisatie worden enkel 90 km/h, 110 km/h en 120 km/h meegenomen. De bedoeling van deze gegevensverzamelingsfase was allereerst de nodige data te verzamelen en daarna om deze gebruiksklaar te maken zodat met de analyse gestart kon worden.

6.1. Verkeersvariabelen

De aangeleverde data betreffende de verkeersvariabelen, gemeten door de inductielussen onder het wegdek, zien eruit zoals weergegeven door Figuur 22. De data omtrent de verkeersvariabelen bevatten informatie over de locatie, het tijdstip en de verschillende verkeersvariabelen zoals volgtijd, snelheid en voertuiglengte.

locpost	meetpunt_id	meettijd	volgnr2	volgtijd	snelheid_kmph	elek_lengte_dm	corr_lengte_dm
105823	139	2013-10-09 01:32:40.900	242	3001	58	104	104
105823	139	2013-10-09 01:32:46.400	243	550	58	101	101
105823	139	2013-10-09 01:32:53.800	245	734	69	102	102
105823	139	2013-10-09 01:33:02.200	246	839	75	96	96
105823	139	2013-10-09 06:12:43.100	145	3001	55	118	118
105823	139	2013-10-09 06:14:09.400	224	3001	56	190	190
105823	139	2013-10-09 06:14:26.600	232	1710	18	101	101
105823	139	2013-10-09 06:18:29.700	63	3001	59	71	71
105823	139	2013-10-09 06:38:12.300	247	3001	100	41	41

Figuur 22: Aangeleverde data verkeersvariabelen

De data die aangeleverd werden door het Vlaams Verkeerscentrum werd vervolgens gecontroleerd op hiaten. Waarna enkele bewerkingen uitgevoerd konden worden zodat de vervoersmodus en het aantal rijstroken ingedeeld werden in categorische variabelen. Afhankelijk van de locatie telt het onderzoeksgebied twee of drie rijstroken. Om hierbij het verschil in effectiviteit weer te geven, wordt het aantal rijstroken gebruikt als onafhankelijke variabele. De nieuwe tabel over de verkeersvariabelen wordt weergegeven door Figuur 23. De vervoersmodus is gebaseerd op de lengte van de voertuigen, waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen:

- Auto: < 4.9 m
- Bestelwagen: 4.9 m – 6.9 m
- Ongelede vrachtwagen: 6.9 m – 12 m
- Gelede vrachtwagen: ≥ 12 m

meettijd	locpost	meetpunt_id	snelheid_kmph	elek_lengte_dm	volgtijd_sec	vervoersmodus	rijstroken
2013-10-14 06:25:44	105823	139	60	94	30,01	ongelede vrachtwagen	3
2013-10-14 06:33:12	105823	139	54	119	30,01	ongelede vrachtwagen	3
2013-10-14 06:33:21	105823	139	81	10	9,17	auto	3
2013-10-14 06:35:47	105823	139	64	73	30,01	ongelede vrachtwagen	3
2013-10-14 06:36:05	105823	139	74	42	18,1	auto	3
2013-10-14 06:36:40	105823	139	57	75	30,01	ongelede vrachtwagen	3
2013-10-14 06:37:11	105823	139	46	119	30,01	ongelede vrachtwagen	3
2013-10-14 06:42:05	105823	139	87	10	30,01	auto	3
2013-10-14 06:42:29	105823	139	78	47	24,22	auto	3
2013-10-14 06:42:30	105823	139	78	47	1,05	auto	3
2013-10-14 06:45:32	105823	139	64	10	30,01	auto	3
2013-10-14 06:46:03	105823	139	46	10	30,01	auto	3
2013-10-14 06:49:33	105823	139	56	105	30,01	ongelede vrachtwagen	3

Figuur 23: Inputdata verkeersvariabelen

6.2. Bordstanden

Figuur 24 toont hoe de data betreffende de bordstanden werden aangeleverd. Naast de tijds- en plaatsaanduiding, wordt ook de bordstand afgebeeld. Omdat een "RSS-bak" bestaat uit vier LED-matrices, zijn er per RSS-portiek (en dus per rijstrook) vier mogelijke aanduidingen:

- "beeldstand picto": pictogramveld met maximumsnelheden
- "beeldstand onderbord"
- "groene pijl"
- "knipperlichten"

Voor de analyses van dit onderzoek is enkel de kolom "beeldstand picto" van belang omdat die net de maximumsnelheden aangeeft.

Timestamp,portaalnr,rijstrook	beeldstand picto	beeldstand onderbord	groene pijl?	knipperlichten: rijstrook	beeldstand picto	beeldstand onderbord	groen
20131009055910,A30,R10	max110	gedoofd	FALSE	FALSE:R11	max110	gedoofd	FALSI
20131009055910,A31,R10	gedoofd	gedoofd	TRUE	FALSE:R11	gedoofd	gedoofd	TRUE
20131009055910,A29,R10	max90	gedoofd	FALSE	FALSE:R11	max90	gedoofd	FALSI
20131009055910,A28,R10	max70	gedoofd	FALSE	FALSE:R11	max70	gedoofd	FALSI
20131009055910,A27,R10	max70	gedoofd	FALSE	FALSE:R11	max70	gedoofd	FALSI
20131009055910,A26,R10	C46_70	gedoofd	FALSE	FALSE:R11	C46_70	gedoofd	FALSI
20131009060010,A03,B09	kruis	gedoofd	FALSE	FALSE:R10	max90	gedoofd	FALSI
20131009060010,A02,B09	kruis	gedoofd	FALSE	FALSE:R10	max70	gedoofd	FALSI
20131009060010,A01,R10	max50	gedoofd	FALSE	FALSE:R11	max50	gedoofd	FALSI
20131009060030,A02,B09	kruis	gedoofd	FALSE	FALSE:R10	max90	gedoofd	FALSI
20131009060030,A03,B09	kruis	gedoofd	FALSE	FALSE:R10	gedoofd	gedoofd	TRUE
20131009060030,A01,R10	max70	gedoofd	FALSE	FALSE:R11	max70	gedoofd	FALSI

Figuur 24: Aangeleverde data bordstanden

Omdat de tabel met aangeleverde data, weergegeven door Figuur 24, niet gebruiksvriendelijk is en teveel informatie toont die niet van belang is voor dit onderzoek, werd de tabel aangepast zoals weergegeven door Figuur 25. In deze tabel wordt het tijdstip (datum en tijd), de locatie (RSS-portiek en locpost) en de maximumsnelheid weergegeven.

Meettijdstip	RSS-portiek	Locpost	Snelheid
2013-10-14 06:10:50	A06	106191	110
2013-10-14 06:12:10	A06	106191	90
2013-10-14 06:13:30	A06	106191	70
2013-10-14 06:13:50	A06	106191	70
2013-10-14 06:14:20	A06	106191	90
2013-10-14 06:14:30	A06	106191	90
2013-10-14 06:18:40	A06	106191	70
2013-10-14 06:19:40	A06	106191	90
2013-10-14 06:21:30	A06	106191	70
2013-10-14 06:21:50	A06	106191	90
2013-10-14 06:22:40	A06	106191	70
2013-10-14 06:23:30	A06	106191	50
2013-10-14 06:24:40	A06	106191	70
2013-10-14 06:25:10	A06	106191	90
2013-10-14 06:26:00	A06	106191	50

Figuur 25: Inputdata bordstanden

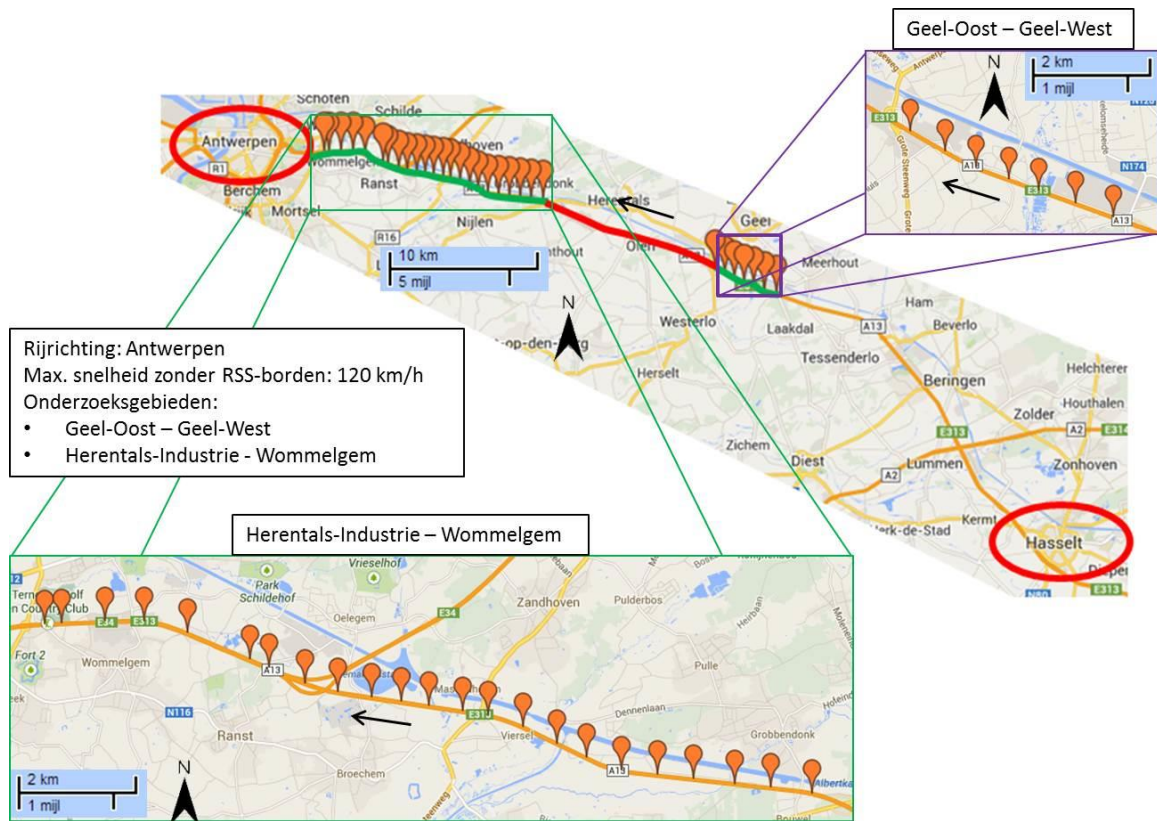
7. Beschrijvende statistiek

De beschrijvende statistiek kijkt in welke mate weggebruikers zich houden aan de maximumsnelheid die wordt weergegeven door RSS-borden. Hierbij wordt er enkele gekeken naar een afgebeelde maximumsnelheid van 90 km/h en 110 km/h omdat 50 km/h en 70 km/h te sterk afhankelijk zijn van de heersende verkeerssituatie. Binnen de beschrijvende statistiek wordt er een onderscheid gemaakt naar lichte overtredingen en zware overtredingen. Lichte overtredingen zijn overtredingen waarbij een weggebruiker minstens 1 km/h te snel reed maar niet meer dan 10% sneller dan toegelaten. Zware overtredingen zijn overtredingen waarbij weggebruikers 10% sneller rijden dan toegelaten. Eerst wordt er een duidelijke onderzoeksafbakening weergegeven, daarna worden de resultaten besproken en tot slot wordt een korte conclusie geformuleerd.

7.1. Onderzoeksafbakening

7.1.1. Onderzoeksgebied

Tijdens dit onderzoek zal de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie op de E313 tussen Geel-Oost en Antwerpen-Oost onderzocht worden. Dit onderzoeksgebied is volledig uitgerust met RSS-portieken en kan hierdoor representatief zijn voor andere Vlaamse autosnelwegen. Het gebied tussen (1) Geel West en Herentals Industrie en (2) Wommelgem en Antwerpen-Oost kon echter niet meegenomen worden. In het gebied tussen Geel-West en Herentals Industrie worden snelheidsdips gemeten die niet of nauwelijks te verklaren zijn. Bijgevolg zijn de detectielussen onbetrouwbaar en kunnen deze niet opgenomen worden in de studie. In het gebied tussen Wommelgem en Antwerpen-Oost is de maximumsnelheid namelijk altijd gelimiteerd tot 100 km/h, waardoor een gestage snelheidsafbouw naar 90 km/h een te klein verschil geeft in maximumsnelheid. Omdat de maximumsnelheid op Vlaamse autosnelwegen in de meeste gevallen 120 km/h bedraagt, gebruikt men tijdens het onderzoek best een onderzoeksgebied waar ook een maximumsnelheid van 120 km/h geldt, om zo de representativiteit van het onderzoek te verhogen. Omwille van deze redenen is het onderzoeksgebied afgebakend tussen Geel-Oost en Geel-West & tussen Herentals Industrie en Wommelgem, zoals afgebeeld door Figuur 26. De maximumsnelheid binnen het onderzoeksgebied is 120 km/h, tenzij anders aangegeven door de RSS-borden. Tot in Ranst telt de E313 twee rijstroken (14 km), vanaf daar komt er een rijstrook bij door de samenvoeging van de E313 en de E34 (7 km).



Figuur 26: Onderzoeksg gebied beschrijvende statistiek

De RSS-portieken die zich binnen dit onderzoeksg gebied bevinden, worden op de volgende pagina weergegeven door Tabel 4. De kolom "LOCPOST" is de benaming van de inductielus die verkeersvariabelen meet vlakbij het RSS-portiek. "Rijstrook_ID" verwijst naar de benaming die wordt gegeven aan de verschillende rijstroken die zich bij een bepaalde "LOCPOST" bevinden. Elke RSS-portiek heeft een eigen benaming of identiteit die wordt weergegeven door "RSS-portiek_ID". "Km-punt" geeft het kilometerpunt aan waar de "LOCPOST" zich bevindt op de autosnelweg. Tot slot geeft "Site omschrijving" een korte beschrijving van de locatie van de "LOCPOST".

LOCPOST	Rijstrook_ID	RSS-portiek_ID	Km-punt	Site omschrijving
106191	152 - 153 - 154 - 155	RSS-A06	3,493	complex Wommelgem (18)
106021	148 - 149 - 150 - 151	RSS-A07	4,604	parking Ranst - Wommelgem
105921	144 - 145 - 146 - 147	RSS-A08	6,254	parking Ranst - Wommelgem
105823	139 - 140 - 141 - 142	RSS-A09	7,185	Parking Ranst
118525	1221 - 1222 - 1223	RSS-A12	10,147	Knooppunt Ranst + aangrenzende vakken
118527	1218 - 1219 - 1220	RSS-A13	10,822	Knooppunt Ranst + aangrenzende vakken
118423	1215 - 1216 - 1217	RSS-A14	11,571	Massenhoven – Ranst
118425	1212 - 1213 - 1214	RSS-A15	12,269	Massenhoven - Ranst
118427	1209 - 1210 - 1211	RSS-A16	12,975	Massenhoven - Ranst
118301	1206 - 1207 - 1208	RSS-A17	13,674	complex Massenhoven (19) + aangrenzende vakken
118391	1198 - 1199	RSS-A18	14,232	complex Massenhoven (19) + aangrenzende vakken
118203	1196 - 1197	RSS-A19	15,052	Herentals-West - Massenhoven
118225	1194 - 1195	RSS-A20	15,846	Herentals-West - Massenhoven
118227	1192 - 1193	RSS-A21	16,691	Herentals-West - Massenhoven
118123	1190 - 1191	RSS-A22	17,526	Herentals-West - Massenhoven
118125	1188 - 1189	RSS-A23	18,369	Herentals-West - Massenhoven
118127	1186 - 1187	RSS-A24	19,221	Herentals-West - Massenhoven
118023	1184 - 1185	RSS-A25	20,074	Herentals-West - Massenhoven
118025	1182 - 1183	RSS-A26	20,906	Herentals-West - Massenhoven
118001	1180 - 1181	RSS-A27	21,728	Herentals-West - Massenhoven
117223	1122 - 1123	RSS-A47	37,648	Geel-Oost - Geel-West
117225	1120 - 1121	RSS-A48	38,504	Geel-Oost - Geel-West
117227	1118 - 1119	RSS-A49	39,350	Geel-Oost - Geel-West
117123	1116 - 1117	RSS-A50	40,170	Geel-Oost - Geel-West
117125	1114 - 1115	RSS-A51	41,071	Geel-Oost - Geel-West

Tabel 4: RSS-portieken onderzoeksgebied beschrijvende statistiek (Vlaams Verkeerscentrum, 2012)

7.1.2. Onderzoeksperiode

Als onderzoeksperiode werd er getracht een volledige week te vinden die een representatief beeld geeft van een gewone werkweek. Daarom werd een periode geselecteerd waarin (1) geen feestdagen noch schoolvakanties voorkomen, (2) geen wegwerkzaamheden plaatsvonden en (3) geen ongevallen gebeurden.

De onderzoeksperiode bedraagt één volledige week waardoor alle dagen van de week werden geanalyseerd. Op die manier kunnen verschillen tussen de verschillende dagen of tussen wekdagen en weekenddagen onderzocht worden. Tevens was het van belang dat er data beschikbaar waren van elk moment van de dag. Hiervoor moest een periode gekozen worden waarvoor de data 24 uur op 24 uur beschikbaar waren voor een ganse week. Tot slot moest het zo recent mogelijk zijn omdat de nauwkeurigheid van de verzamelde data de laatste jaren steeds beter wordt.

Al de voorgaande beperkingen in acht genomen, werd de periode van 14 oktober 2013 tot en met 20 oktober 2013 als een goede periode bevonden:

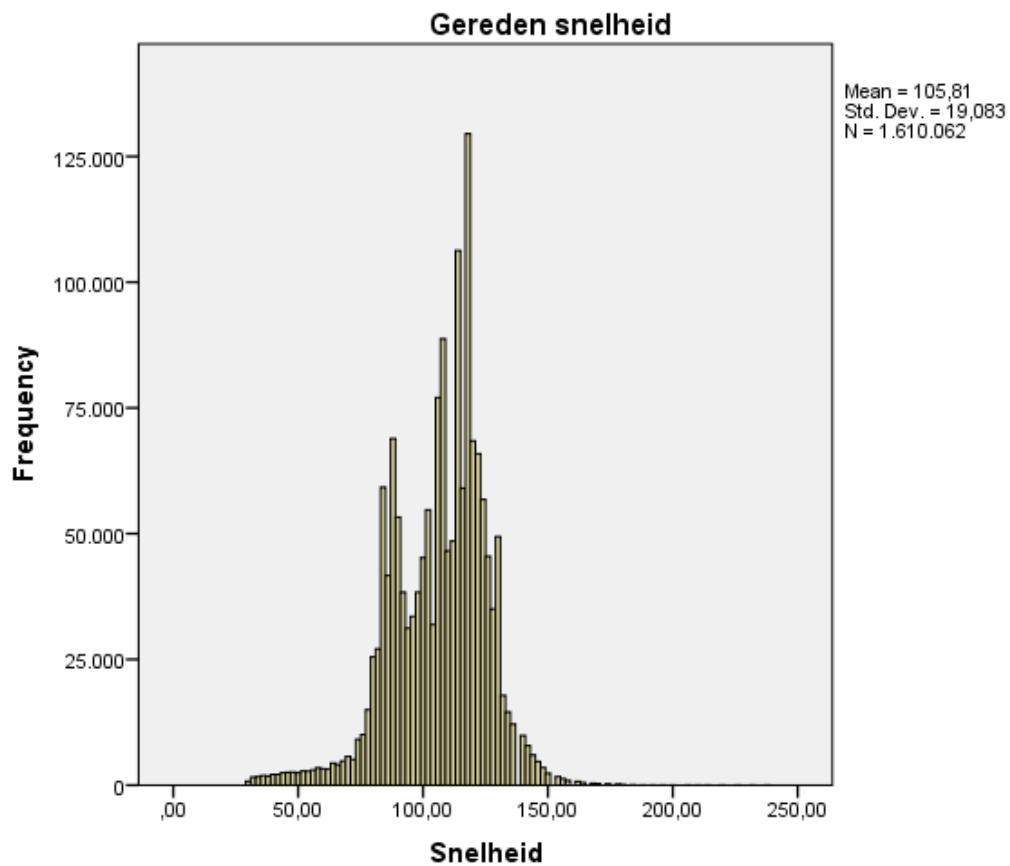
- Maandag: 14/10/2013
- Dinsdag: 15/10/2013
- Woensdag: 16/10/2013
- Donderdag: 17/10/2013
- Vrijdag: 18/10/2013
- Zaterdag: 19/10/2013
- Zondag: 20/10/2013

7.2. Resultaten

Dit gedeelte omtrent de beschrijvende statistiek zal eerst de frequenties weergeven van de snelheden en de volgafstand, gevolgd door de modal split van de onderzoeksgegevens. Vervolgens zal er gekeken worden naar de effectiviteit van de dynamische rijstrooksignalisatie, waarbij er zal geanalyseerd worden in welke mate bestuurders de afgebeelde snelheden al dan niet volgen. Dit zal eerst algemeen gebeuren, waarbij er een onderscheid gemaakt wordt tussen geen -, een lichte – en een zware overtreding. Vervolgens wordt hierbij gekeken naar de effectiviteit per dag, per vervoersmodus, per aantal rijstroken en per maximumsnelheid. Tot slot wordt de effectiviteit vergeleken tussen spitsmomenten en dalmomenten, tussen dag en nacht en tussen weekdays en weekenddagen.

7.2.1. Verdeling snelheden

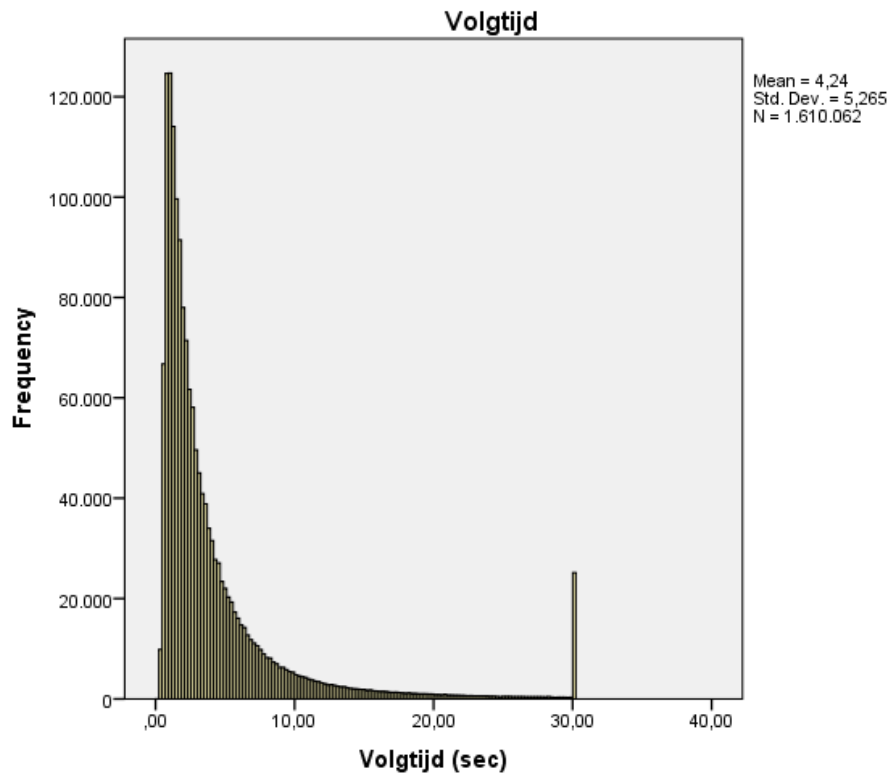
De verdeling van de gereden snelheden binnen het onderzoeksgebied wordt weergegeven door Figuur 27. Een gereden snelheid van ongeveer 120 km/h komt het vaakst voort. Toch valt ook op dat weggebruikers vaak sneller rijden dan 120 km/h. De gemiddelde snelheid bedraagt 105,81 km/h (st. dev. 19,083 km/h). Snelheden onder 30 km/h worden niet weergegeven door de figuur.



Figuur 27: Verdeling snelheden (beschrijvende statistiek)

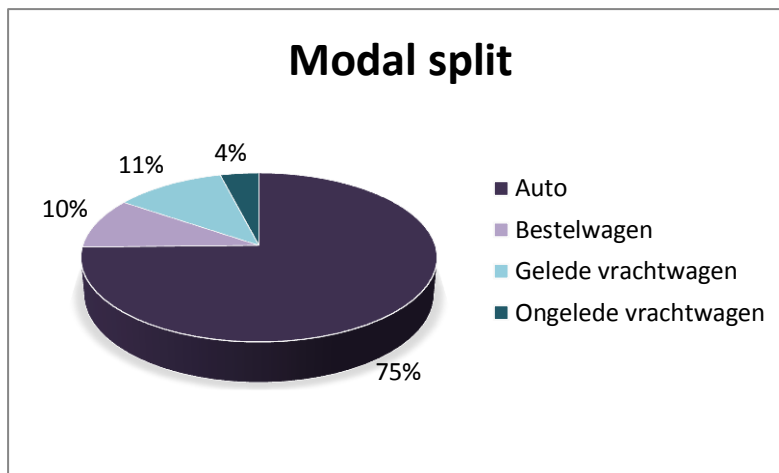
7.2.2. Verdeling volgtijd

Figuur 28 toont de verdeling van de volgtijd binnen het onderzoeksgebied. Hierbij valt op dat het aantal weggebruikers die een bepaalde volgtijd hanteren daalt naarmate de volgtijd stijgt. De meeste weggebruikers hanteren doorgaans een relatief korte volgtijd. De uitschieter bij 30.0 seconden valt te verklaren doordat voertuigen die op meer dan 30 seconden volgen niet verder onderverdeeld worden en steeds 30.01 als volgtijd krijgen. De gemiddelde volgtijd bedraagt 4.24 seconden (st. dev. 5.265).



Figuur 28: Verdeling volgtijd (beschrijvende statistiek)

7.2.3. Modal split



Figuur 29: Modal split

De verdeling van vervoerswijzen wordt weergegeven door Figuur 29. De verschillende vervoersmodi die hier afgebeeld zijn, zijn afgeleid van de voertuiglengte (zie paragraaf 6.1.)

Uit de modal split blijkt dat het voornamelijk auto's zijn die deel uitmaken van de

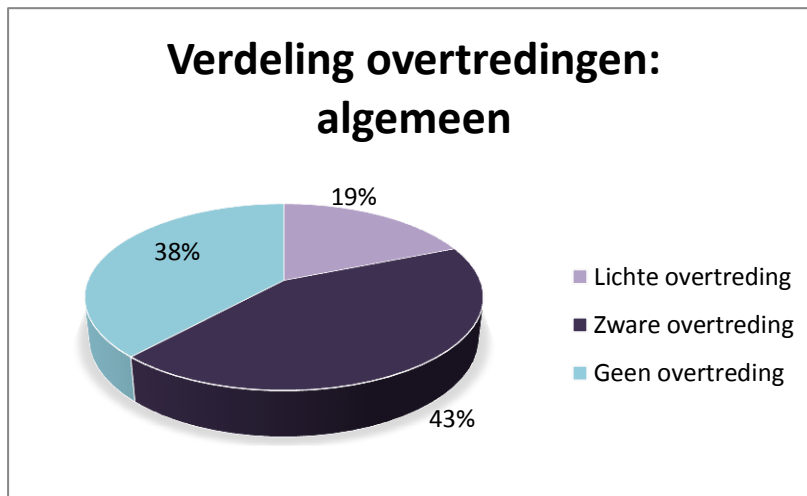
verzamelde onderzoeksgegevens. Vijfenzeventig procent van de onderzoeksgegevens betreft auto's. Het percentage bestelwagens in de onderzoeksgegevens bedraagt zo'n 10%. Het percentage gelede- en ongelede vrachtwagens bedragen respectievelijk 11% en 4% van de verzamelde onderzoeksgegevens.

De modal split is onder een maximumsnelheid van 90 km/h quasi exact dezelfde als de modal split onder een maximumsnelheid van 110 km/h. Hierdoor geldt de algemene modal split van het onderzoek, afgebeeld door Figuur 29, ook voor 90 km/h en 110 km/h. Het concrete aantal voertuigen wordt weergegeven in Tabel 5.

	Auto	Bestelwagen	Gelede vrachtwagen	Ongelede vrachtwagen	Totaal
Max. 110 km/h	607 607	83 047	86 509	30 871	808 034
Max. 90 km/h	594 804	74 699	98 644	33 881	802 028
Totaal	1 202 411	157 746	185 153	64 752	1 610 062

Tabel 5: Modal split

7.2.4. Verdeling overtredingen: algemeen



Figuur 30: Verdeling overtredingen: algemeen

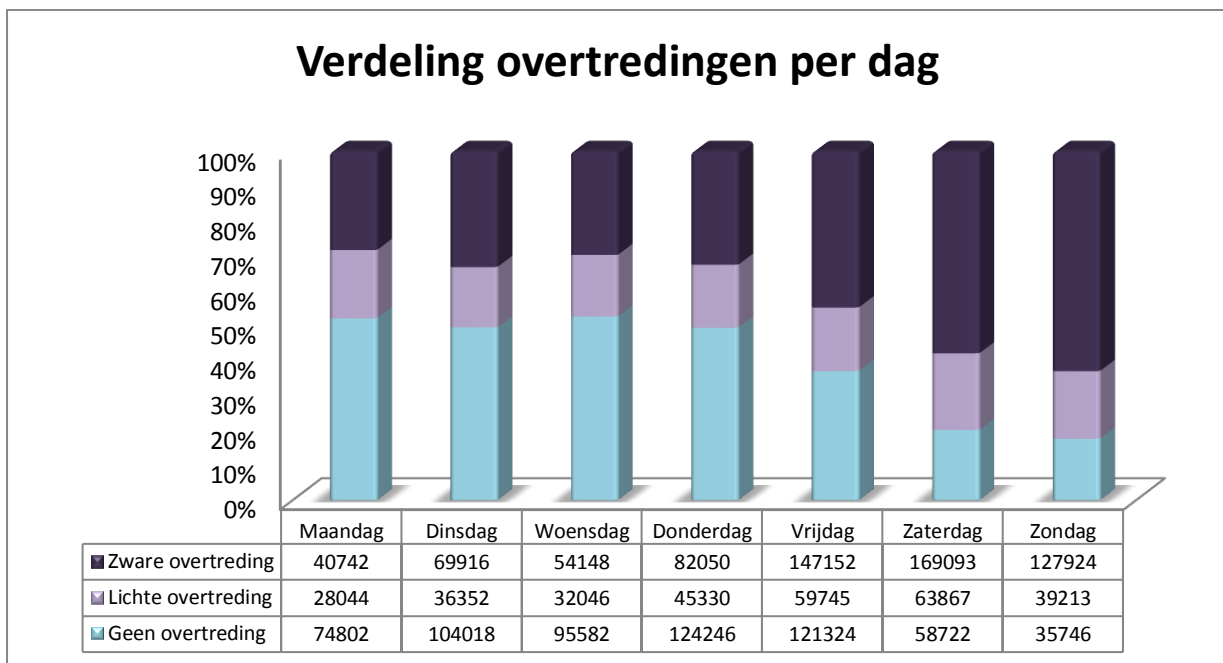
De hoofdonderzoeksvraag van dit onderzoek peilt naar de mate waarin weggebruikers dynamische maximumsnelheden opvolgen. Figuur 30 toont de verdeling van de effectiviteit met een onderscheid naar geen-, een lichte- en een zware overtreding.

Men begaat een lichte overtreding wanneer men minstens 1 km/h te snel rijdt, maar niet sneller rijdt dan 10% boven de toegelaten snelheid. Een zware overtreding begaat men wanneer men sneller rijdt dan 10% boven de toegelaten snelheid. Indien de maximumsnelheid 90 km/h bedraagt, begaat men een lichte overtreding wanneer de gereden snelheid tussen 91 km/h en 99 km/h ligt en een zware overtreding wanneer men sneller rijdt dan 99 km/h. Analoog voor 110 km/h begaat men een lichte overtreding wanneer de gereden snelheid tussen 111 km/h en 121 km/h ligt en een zware overtreding wanneer de gereden snelheid hoger is dan 121 km/h.

Uit dit onderzoek blijkt dat 38% van alle weggebruikers geen overtreding begingen en zich dus houden aan de maximumsnelheid die wordt opgelegd door RSS-borden. Eveneens blijkt uit dit onderzoek dat 19% van alle weggebruikers een lichte overtreding begaan en maar liefst 43% weggebruikers begaan een zware overtreding. Hieruit blijkt dat het aantal weggebruikers met een lichte overtreding, minder dan de helft is als het aantal weggebruikers die een zware overtreding begaan.

7.2.5. Verdeling overtredingen per dag

Aangezien de onderzoeksperiode (14/10/2013 – 20/10/2013) een volledige week bevat, kan de effectiviteit vergeleken worden per dag. Deze verdeling van effectiviteit per dag wordt weergegeven door Figuur 31. Allereerst valt het verschil in snelheid tussen week- en weekenddagen op. Als men kijkt naar de effectiviteit op weekdays (maandag tot en met vrijdag), ziet men dat het percentage weggebruikers die geen overtreding begaan ongeveer de helft bedraagt. Het aantal lichte overtreders bedroeg gemiddeld 18.4% terwijl het aantal zware overtreders 35.3% bedroeg. Wanneer men kijkt naar de effectiviteit op weekenddagen (en op vrijdag), valt op dat het percentage zware overtreders groter wordt en dat voornamelijk het percentage van weggebruikers die geen overtreding begaan kleiner wordt. Het percentage lichte overtreders blijft ongeveer hetzelfde of stijgt lichtjes. Op een zaterdag is het percentage zware overtreders (58%) meer dan dubbel zoveel als het percentage lichte overtreders (22%). Op een zondag bedraagt het percentage zware overtreders maar liefst 63%. In vergelijking met het percentage lichte overtreders (19%) is dit meer dan het drievoudige.

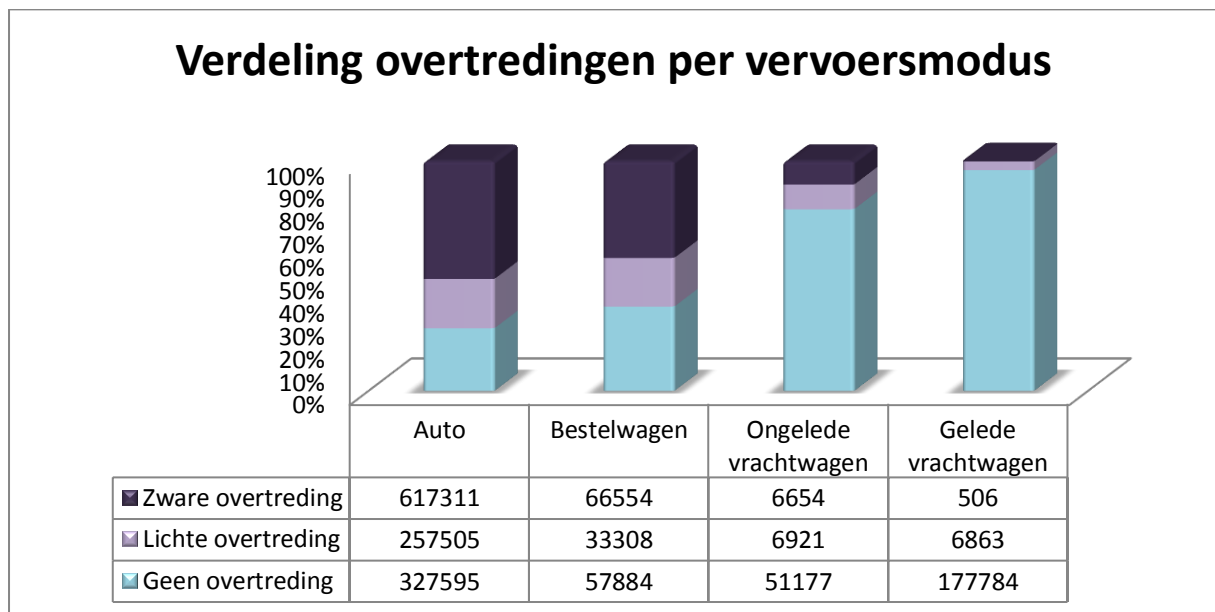


Figuur 31: Verdeling overtredingen per dag

7.2.6. Verdeling overtredingen per vervoersmodus

Zoals eerder aangegeven in paragraaf 6.1. werd een onderscheid gemaakt naar vervoerswijzen: auto, bestelwagen, ongelede- en gelede vrachtwagen. Tijdens deze beschrijvende statistiek werd er gekeken naar de effectiviteit per vervoersmodus, zoals weergegeven door Figuur 32. Over het algemeen lijkt de effectiviteit te dalen naarmate het vervoersmiddel korter wordt. Hierdoor kent de auto de laagste effectiviteit en de gelede vrachtwagen de hoogste effectiviteit. Kanttekening hierbij is echter wel dat vrachtwagens zich over het algemeen al aan een lagere snelheidslimiet moeten houden.

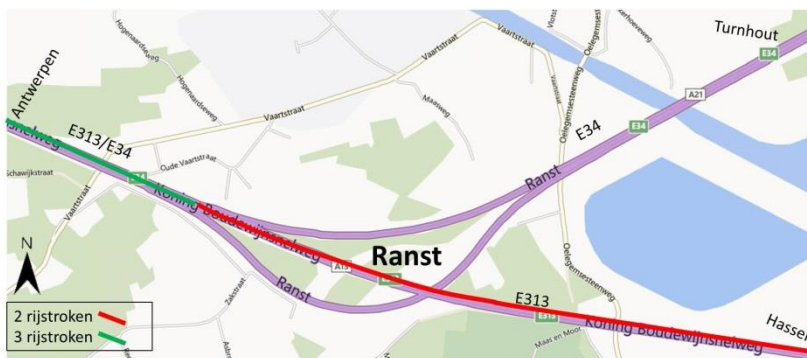
Ongeveer de helft van alle automobilisten begaat een zware overtreding ten aanzien van de maximumsnelheid. In vergelijking met het percentage automobilisten die een lichte overtreding begaan (21%), is dit meer dan het dubbel. Het percentage zware overtredders bij bestelwagens bedraagt ongeveer 42% en het percentage lichte overtredders bedraagt hier zo'n 21%, of de helft van het percentage zware overtredders. Het valt met andere woorden op dat het percentage bestelwagens die geen overtreding begaan groter is dan het percentage automobilisten die geen overtreding begaan. Het percentage zware overtredingen en lichte overtredingen voor ongelede vrachtwagens is nagenoeg hetzelfde en bedraagt in beide gevallen ongeveer 10%. Bij de gelede vrachtwagens ligt het percentage zware overtredders zeer laag met minder dan één procent. Het percentage lichte overtredders bedraagt hier iets minder dan vier procent. Het valt met andere woorden op dat het percentage vrachtwagens die geen overtreding begaan het hoogst is, zowel bij de ongelede vrachtwagens (80%) als bij de gelede vrachtwagens (96%).



Figuur 32: Verdeling overtredingen per vervoersmodus

7.2.7. Verdeling overtredingen naar aantal rijstroken

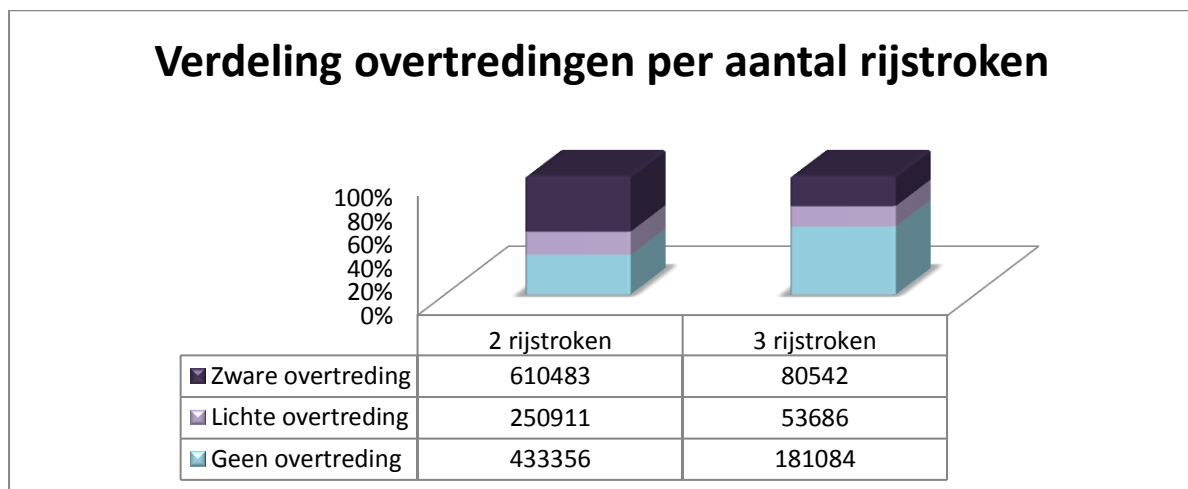
De effectiviteit naar aantal rijstroken wordt weergegeven door Figuur 34 en toont dat de effectiviteit een pak hoger ligt wanneer er sprake is van drie rijstroken. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat er vanaf Ranst drie rijstroken zijn op de E313 omdat hier de E313 en de E34 samenkomen, zoals weergegeven door Figuur 33. Voor Ranst telt de E313 twee rijstroken en telt de E34 ook twee rijstroken. Dit betekent dat deze vier rijstroken in totaal vanaf Ranst nog maar uit drie rijstroken bestaat. De intensiteit per rijstrook vanaf Ranst is daardoor vermoedelijk hoger dan de intensiteit voor Ranst. Het zou kunnen dat door deze hogere intensiteit de gereden snelheid sowieso al lager ligt, waardoor de effectiviteit bij drie rijstroken schijnbaar hoger is.



Figuur 33: Verduidelijking aantal rijstroken in Ranst

Wanneer er twee rijstroken zijn, bedraagt het percentage weggebruikers die een zware overtreding begaan iets minder dan de helft van alle weggebruikers. Het percentage lichte

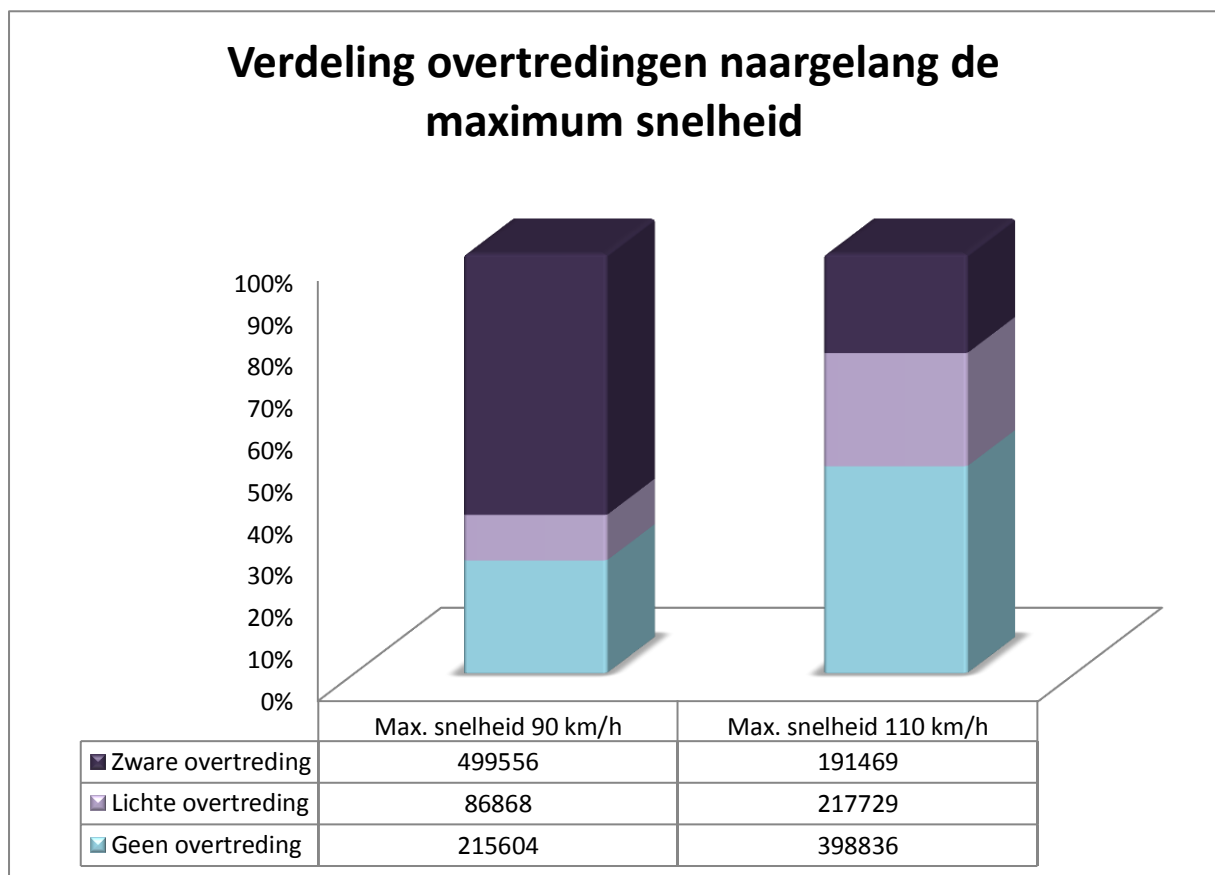
overtredingen bedraagt hierbij zo'n 19%. Het percentage zware overtreders bij drie rijstroken bedraagt zo'n 26%, terwijl het percentage lichte overtreders hier zo'n 18%. Het percentage lichte overtreders is ongeveer hetzelfde, ongeacht het aantal rijstroken. Wanneer men echter kijkt naar het percentage zware overtreders, ligt dit percentage bij twee rijstroken bijna dubbel zo hoog als het percentage bij drie rijstroken.



Figuur 34: Verdeling overtredingen per aantal rijstroken

7.2.8. Verdeling overtredingen naargelang maximumsnelheid

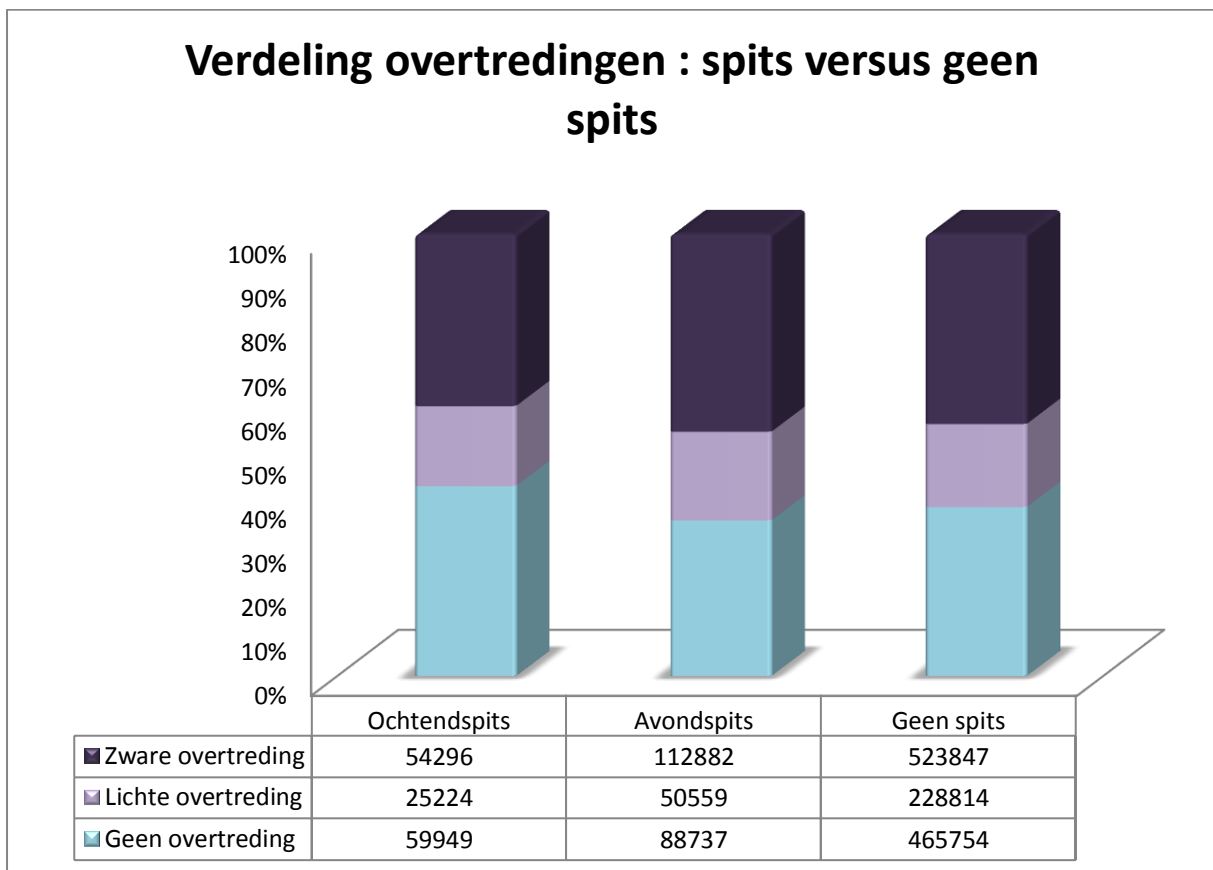
Zoals aangegeven in de onderzoeksopbouw, hoofdstuk 5, werden enkel de maximumsnelheden 90 km/h en 110 km/h meegenomen tijdens de analyses. De effectiviteit van de beide maximumsnelheden wordt weergegeven door Figuur 35. Op deze figuur is merkbaar dat weggebruikers eerder geneigd zijn om de maximumsnelheid 110 km/h te volgen dan 90 km/h. Indien 90 km/h wordt weergegeven door een RSS-bord, begaat maar liefst bijna 75% van de weggebruikers een overtreding. Wanneer men echter kijkt naar een maximumsnelheid van 110 km/h, begaat "slechts" ongeveer de helft een overtreding. Het aantal zware overtredingen is bij een maximumsnelheid van 90 km/h meer dan dubbel zo hoog dan het aantal weggebruikers die geen overtreding begaan. Bij een maximumsnelheid van 110 km/h is net het omgekeerde merkbaar. Het aantal weggebruikers dat geen overtreding begaat bij een maximumsnelheid van 110 km/h is ongeveer twee keer meer dan het aantal weggebruikers met een zware overtreding.



Figuur 35: Verdeling overtredingen naargelang de maximumsnelheid

7.2.9. Verdeling overtredingen: spits versus geen spits

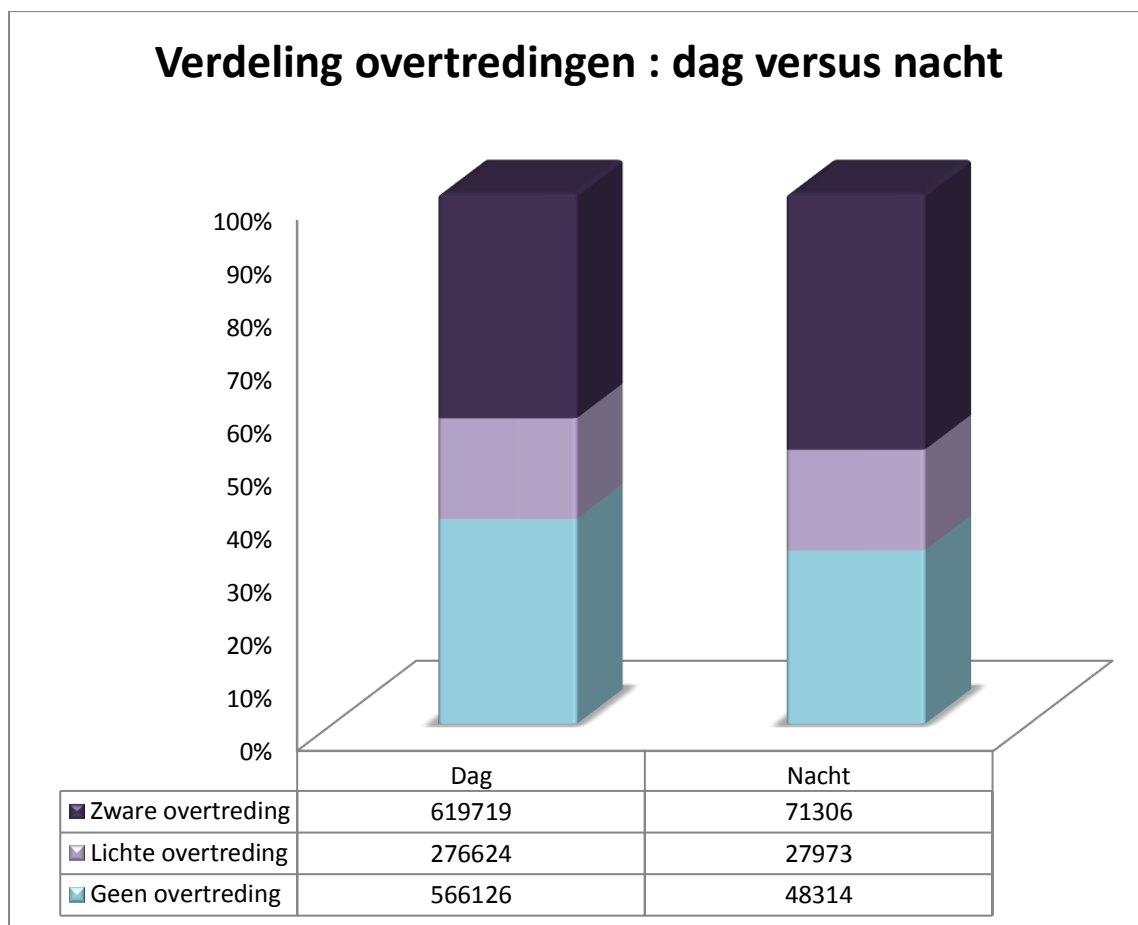
Kijkend naar het aantal overtredingen tijdens spitsmomenten en dalmomenten valt op dat het aantal weggebruikers dat een lichte overtreding begaat telkens de kleinste groep is, zoals weergegeven door Figuur 36. Op deze figuur wordt de ochtendspits als de periode tussen 7.00 uur 's morgens en 9.00 uur 's morgens gedefinieerd. Met de avondspits wordt de periode tussen 16.30 uur en 18.30 uur bedoeld. De overige tijdstippen vallen onder de noemer "geen spits" en zijn dus dalmomenten. Het aantal weggebruikers dat geen overtreding of een zware overtreding begaat is ongeveer gelijk wanneer men kijkt naar de ochtendspits. Tijdens de avondspits ligt het aantal zware overtredingen hoger dan het aantal weggebruikers die geen overtreding begaan. Ditzelfde fenomeen is ook merkbaar wanneer er geen sprake is van een spits.



Figuur 36: Verdeling overtredingen: spits versus geen spits

7.2.10. Verdeling overtredingen: dag versus nacht

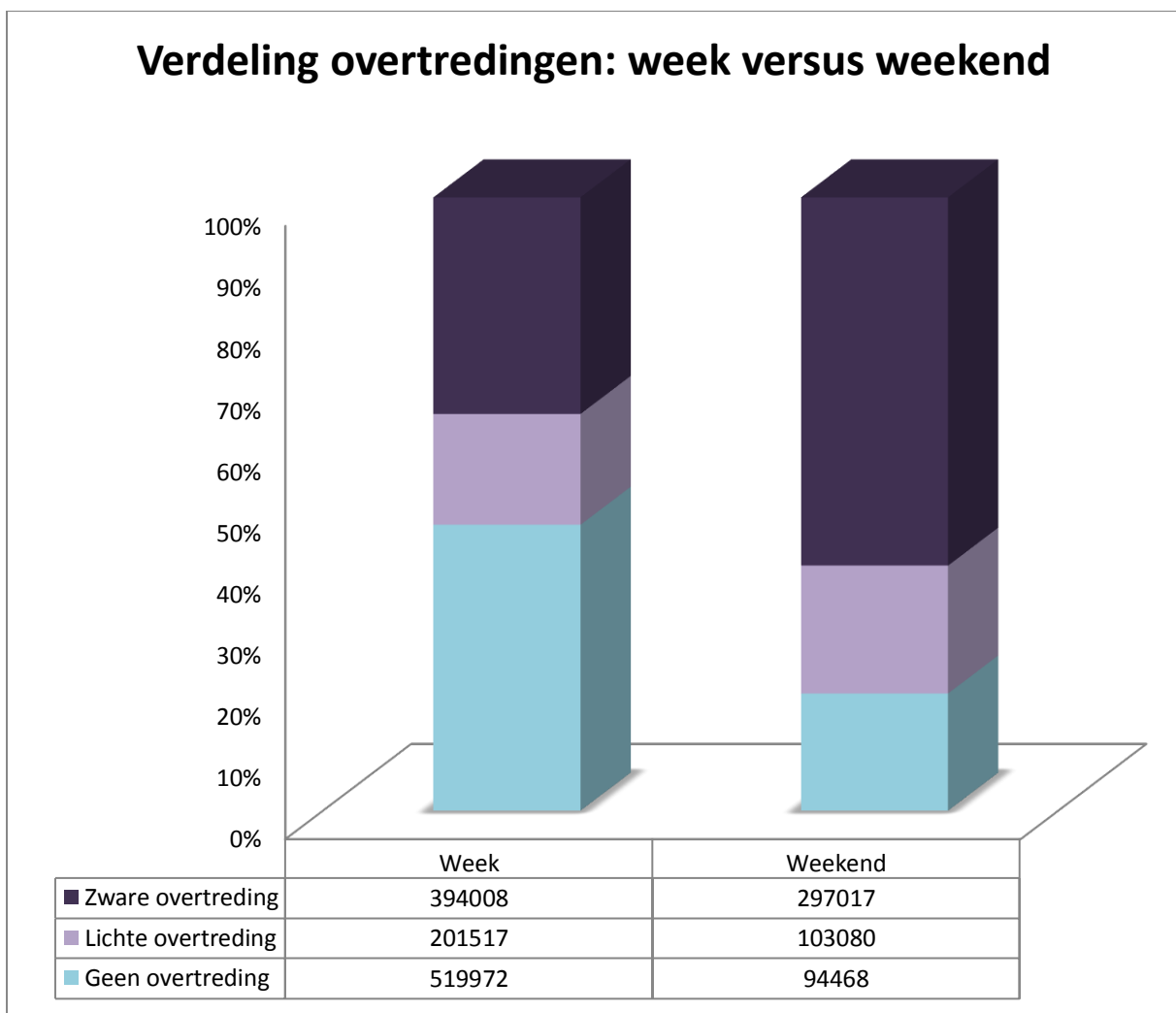
Het verschil in effectiviteit overdag, van 6.00 uur tot en met 22.00 uur, en 's nachts, van 22.00 uur tot en met 6.00 uur, wordt weergegeven door Figuur 37. Uit deze figuur blijkt dat het aantal weggebruikers dat overdag geen overtreding begaat iets kleiner is als het aantal weggebruikers dat een zware overtreding begaat. Tevens blijkt ook dat het aantal lichte overtredingen overdag minder dan de helft bedraagt van het aantal zware overtredingen overdag. 's Nachts is minder dan één derde van het totale aantal overtredingen een lichte overtreding. Zowel overdag als 's nachts vormt het aantal lichte overtredingen de kleinste groep.



Figuur 37: Verdeling overtredingen: dag versus nacht

7.2.11. Verdeling overtredingen: week versus weekend

Zoals al bleek uit de effectiviteit per dag, paragraaf 7.2.5, ligt de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie tijdens weekdays beduidend hoger dan tijdens weekenddagen. Figuur 38 toont gelijkaardige resultaten waarbij alle weekdays samengevoegd zijn en alle weekenddagen samengevoegd zijn. Op weekdays is het aantal weggebruikers die geen overtreding begaan iets minder dan de helft van het totaal aantal weggebruikers tijdens weekdays. Hetzelfde kan echter niet gezegd worden over weekenddagen want tijdens deze twee dagen begaat slechts minder dan 20% van de weggebruikers geen overtreding en zo'n 60% begaat een zware overtreding.



Figuur 38: Verdeling overtredingen: week versus weekend

7.3. Conclusie

Uit dit onderzoek blijkt dat slechts 38% van alle weggebruikers zich houdt aan de maximumsnelheid. Maar liefst 43% van de weggebruikers begaat een zware overtreding (meer dan 10% sneller dan toegelaten) en 19% begaat een lichte overtreding. Dit onderzoek laat uitschijnen dat minder dan de helft van de weggebruikers zich houdt aan de dynamische maximumsnelheden.

Naast algemeen te kijken hoeveel procent van de weggebruikers zich al dan niet houdt aan de maximumsnelheid, werd er gekeken of er verschillen zijn naar gelang tijdstip, aantal rijstroken, vervoersmodus en maximumsnelheid. Uit de analyses blijkt dat het percentage overtredingen, en zware overtredingen, toeneemt naarmate het weekend wordt. Auto's en bestelwagens begaan tevens vaker een (zware) overtreding in vergelijking met vrachtwagens. Indien de maximumsnelheid 90 km/h bedraagt, worden er vaker overtredingen vastgesteld dan wanneer de maximumsnelheid 110 km/h bedraagt. Het percentage overtredingen tijdens spits- en dalmomenten toont geen duidelijke verschillen. Tot slot ligt het percentage weggebruikers die een overtreding begaan hoger tijdens de nacht dan overdag.

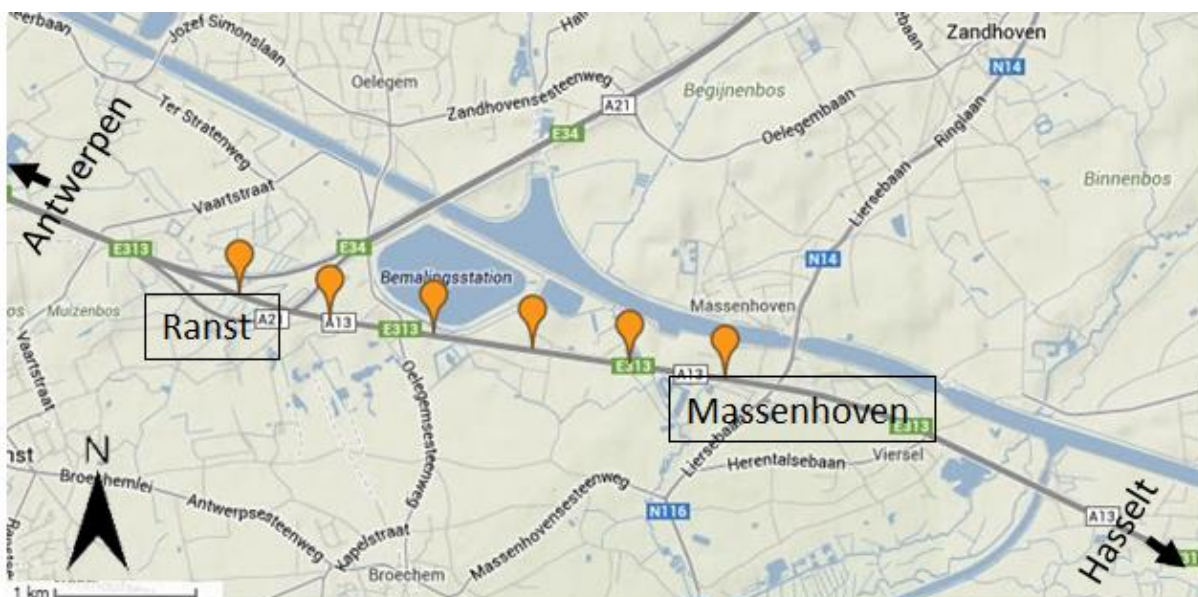
8. Regressieanalyse

Het doel van deze regressieanalyse is te kijken naar welke variabelen een significant effect hebben op de gereden snelheid, de volgtijd tussen twee voertuigen en op het begaan van een (zware) overtreding. De regressieanalyse maakt geen onderscheid en lichte en zware overtredingen zoals de beschrijvende statistiek, besproken in hoofdstuk 7. Maar kijkt naar overtredingen in het algemeen (meer dan 1 km/h te snel) en naar zware overtredingen (sneller dan 10% van de toegelaten snelheid). Voor deze analyses wordt een kleiner onderzoeksgebied gebruikt als het onderzoek dat beschreven werd in hoofdstuk 7. De volledige onderzoeksafbakening wordt in paragraaf 8.1. verder uitgelegd. Hierna wordt de onderzoeksmethode verder in detail besproken, gevolgd door de resultaten van de regressieanalyse. Tot slot volgt een korte conclusie van de regressieanalyse.

8.1. Onderzoeksafbakening

8.1.1. Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied voor de regressieanalyse bestaat uit zes RSS-portieken die gelegen zijn tussen Massenhoven en Ranst, zoals weergegeven door Figuur 39. Het eerste RSS-portiek is gelegen vlak na de oprit in Massenhoven en de laatste RSS-portiek ligt vlak voor de oprit in Ranst; daartussen ligt geen oprit meer. Hierdoor is het mogelijk om ook "gedoofde" bordstanden mee te nemen in het onderzoek. Wanneer een RSS-portiek gedoofd is, geldt namelijk de maximumsnelheid van het vorige RSS-portiek of geldt een maximumsnelheid van 120 km/h als het RSS-portiek na een oprit ligt.



Figuur 39: Onderzoeksgebied regressieanalyse

De correcte kilometerpunten en site omschrijving van de gebruikte RSS-portieken worden weergegeven door Tabel 6.

LOCPOST	Rijstrook_ID	RSS-portiek_ID	Km-punt	Site omschrijving
118525	1221 - 1222 - 1223	RSS-A12	10,147	Knooppunt Ranst + aangrenzende vakken
118527	1218 - 1219 - 1220	RSS-A13	10,822	Knooppunt Ranst + aangrenzende vakken
118423	1215 - 1216 - 1217	RSS-A14	11,571	Massenhoven – Ranst
118425	1212 - 1213 - 1214	RSS-A15	12,269	Massenhoven - Ranst
118427	1209 - 1210 - 1211	RSS-A16	12,975	Massenhoven - Ranst
118301	1206 - 1207 - 1208	RSS-A17	13,674	complex Massenhoven (19) + aangrenzende vakken

Tabel 6: RSS-portieken onderzoeksgebied regressieanalyse (Vlaams Verkeerscentrum, 2012)

De maximumsnelheden die meegenomen worden in deze regressieanalyse zijn 90 km/h, 110 km/h en 120 km/h. De regressieanalyse neemt een maximumsnelheid van 120 km/h wel mee in de analyses, in tegenstelling tot de beschrijvende statistiek (hoofdstuk 7). Omdat 120 km/h de maximumsnelheid is wanneer er geen RSS-portieken staan of wanneer deze niet in werking zijn, is het belangrijk om deze snelheid mee te nemen in de regressieanalyse. Op die manier kan er immers gekeken worden of er significante verschillen zijn op het begaan van een (zware) overtreding, op de gereden snelheid of op de volgtijd als er een andere maximumsnelheid geldt dan 120 km/h. Tevens kan er op deze manier gekeken worden hoe groot deze verschillen dan wel zijn.

Het onderzoeksgebied voor de regressieanalyse betreft slechts een klein deel van het onderzoek over de beschrijvende statistiek (hoofdstuk 7). De regressieanalyse gaat in detail na welke variabelen een significant effect hebben en hoe groot dit effect dan wel is. Omdat hier meer in detail wordt gekeken naar de verschillende variabelen, werd een kleiner onderzoeksgebied gekozen. Dit bevordert namelijk de verwerking van de gegevens en het gaat nog steeds om een groot aantal gegevens.

8.1.2. Onderzoekperiode

De onderzoekperiode van de regressieanalyse betreft dezelfde als die van de beschrijvende statistiek. Het gaat hierbij om dezelfde week:

- Maandag 14 oktober 2013
- Dinsdag 15 oktober 2013
- Woensdag 16 oktober 2013
- Donderdag 17 oktober 2013
- Vrijdag 18 oktober 2013
- Zaterdag 19 oktober 2013
- Zondag 20 oktober 2013

Zoals aangehaald in paragraaf 7.1.2 is het belangrijk dat 24h/24h beschikbaar was. Om de verschillen naargelang de dag weer te geven, werd een onderzoeksperiode gezocht waarbij alle dagen van de week voorkwamen. Opnieuw gelden voor dit onderzoeksgebied dezelfde voorwaarden als besproken in paragraaf 7.1.2: geen feestdagen, geen schoolvakanties, geen wegwerkzaamheden en geen ongevallen.

8.2. Onderzoeksmethode

In deze studie wordt gebruik gemaakt van een regressieanalyse om een beter beeld te krijgen op de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie. Gedurende een regressieanalyse gaat men op zoek naar een verband tussen een afhankelijke variabele en (meerdere) onafhankelijke variabele(n). De regressieanalyse wordt opgedeeld in een lineaire regressie en een logistische regressie, afhankelijk van de aard van de afhankelijke variabele. Indien er sprake is van een dichotome, of binaire, afhankelijke variabele maakt men gebruik van logistische regressie; in het andere geval wordt er gebruik gemaakt van lineaire regressie (Logistic Regression Analysis, 2013).

Een meervoudige lineaire regressie, of kortweg meervoudige regressieanalyse probeert een verband te beschrijven tussen een afhankelijke variabele en twee of meer onafhankelijke variabelen (Anderson, Sweeney, & Williams, 2007; VUB). Dergelijke modellen zien er als volgt uit:

$$E(y) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_px_p$$

Formule 1: Meervoudig regressievergelijking (Anderson, Sweeney, & Williams, 2007)

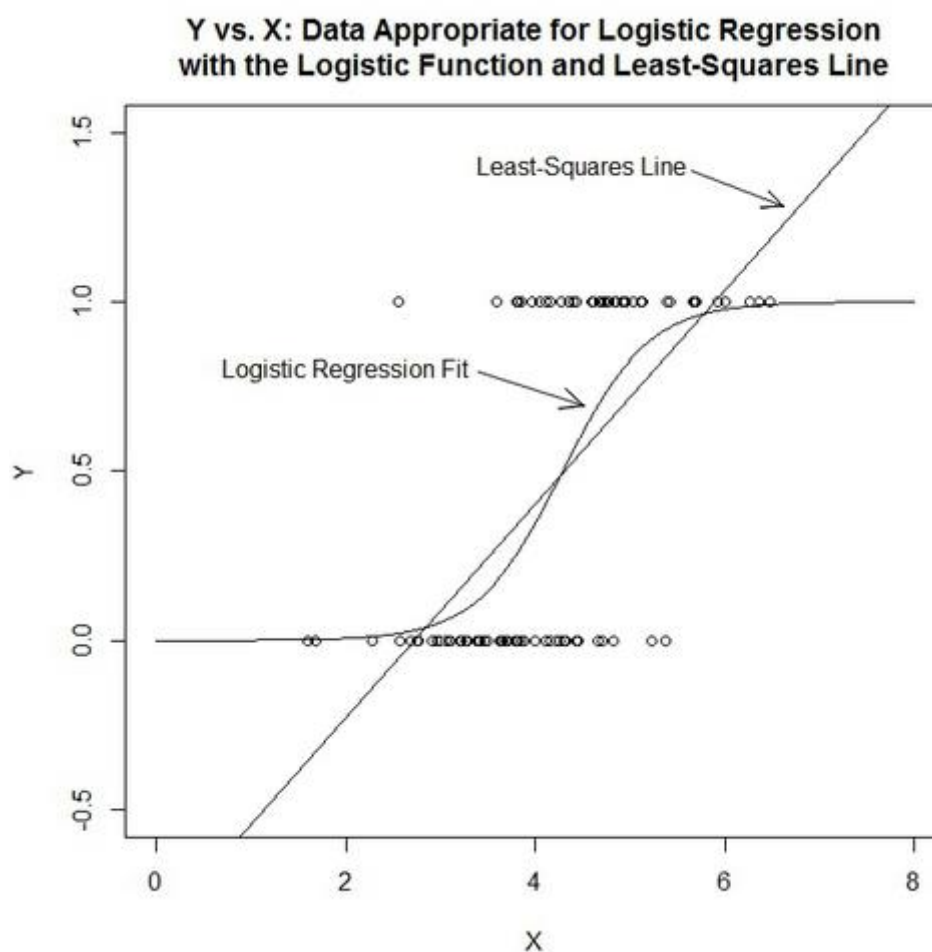
Bij lineaire regressie gaat men ervan uit dat de afhankelijke variabelen een continu karakter hebben. Wanneer de afhankelijke variabele echter dichotoom van aard is, dient men gebruik te maken van logistische regressie (Sieben, 2002). Een binair karakter kenmerkt zich door een uitkomst die 0 of 1 is; in dit onderzoek wordt 0 aanzien als geen (zwarte) overtreding en 1 als (zwarte) overtreding. Zowel discrete- als continue verklarende variabelen kunnen meegenomen worden bij een logistische regressie. De bedoeling van een logistische regressie is het selecteren van verklarende, onafhankelijke, variabelen die een invloed hebben op de binaire, afhankelijke, variabele (Sieben, 2002; VUB; Logistic Regression Analysis, 2013). Een logistisch regressiemodel ziet er als volgt uit:

$$\ln\left(\frac{P_0}{P_1}\right) = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_mx_m$$

Formule 2: Logistische regressievergelijking (Sieben, 2002)

In deze formule is $\frac{P_0}{P_1}$ de kansverhouding, kortweg odds, tussen de kans op uitkomst 0 en de kans op uitkomst 1. P_1 komt in bovenstaande formule overeen met $1-P_0$ zodat de som van P_1 met P_0 steeds gelijk is 1.

Op Figuur 40 wordt duidelijk waarom men best kiest voor een logistische regressie wanneer er sprake is van een dichotome afhankelijke variabele (y). Logistische regressie komt veel beter overeen met de gemeten waarden omdat het bereik van een logistische regressie ook afgebakend is tussen 0 en 1, net zoals de mogelijke uitkomsten van de afhankelijke variabele (y) (Logistic Regression Analysis, 2013).



Figuur 40: Grafisch verschil lineaire regressie en logistische regressie (Logistic Regression Analysis, 2013)

De data die gebruikt worden om de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie te berekenen is gedetailleerd op voertuigniveau. Enerzijds gaat het om de data die gemeten worden door de meetlussen onder het wegdek (gereden snelheid, voertuiglengte, intensiteit, volgtijd). Anderzijds gaat het om de maximumsnelheid die wordt afgebeeld op de RSS-borden. Tot slot zijn er nog de data omtrent de locatie (vb. aantal rijstroken) en het tijdstip.

De afhankelijke variabele in deze regressieanalyse zal een afgeleide van de snelheid zijn. Hierdoor zijn er vier mogelijkheden die kunnen dienen als afhankelijke variabele:

- Gemiddelde snelheid
- Gemiddelde volgafstand
- Aantal overtreders
- Aantal zware overtreders

Zoals hierboven aangegeven, kan het aantal overtreders opgedeeld worden in lichte overtreders (> 1 km/h te snel maar niet sneller dan 10% boven de toegelaten snelheid) en zware overtreders (meer dan 10% boven de toegelaten snelheid). Voor gemiddelde snelheid en gemiddelde volgtijd zal een meervoudige lineaire regressie gebruikt worden. Logistische regressie zal gebruikt worden voor het aantal overtreders en aantal zware overtreders te modelleren. Deze twee laatste variabelen hebben een binair karakter; (zware) overtreder: ja (1) of nee (0).

De onafhankelijke variabelen waarmee gestart wordt in dit onderzoek zijn de verkeersmeetgegevens die momenteel beschikbaar zijn voor deze studie:

- Geprojecteerde snelheid (= maximumsnelheid)
- Tijdstip:
 - o Dag/nacht
 - o Spits/geen spits
 - o Week/weekend
- Voertuigtype
- Volgtijd

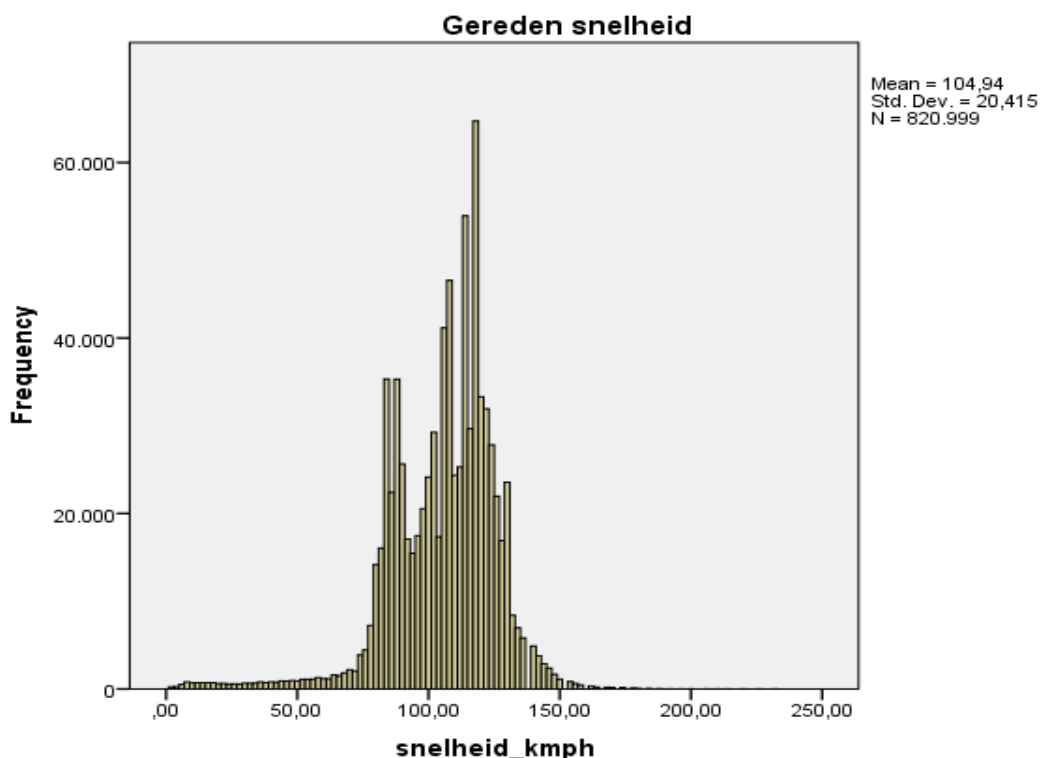
Van deze onafhankelijke variabelen is enkel de variabele volgtijd gedefinieerd als een continue variabele. De overige onafhankelijke variabelen zijn gedefinieerd als categorische variabele.

8.3. Resultaten

8.3.1. Inleiding: beschrijvende statistiek

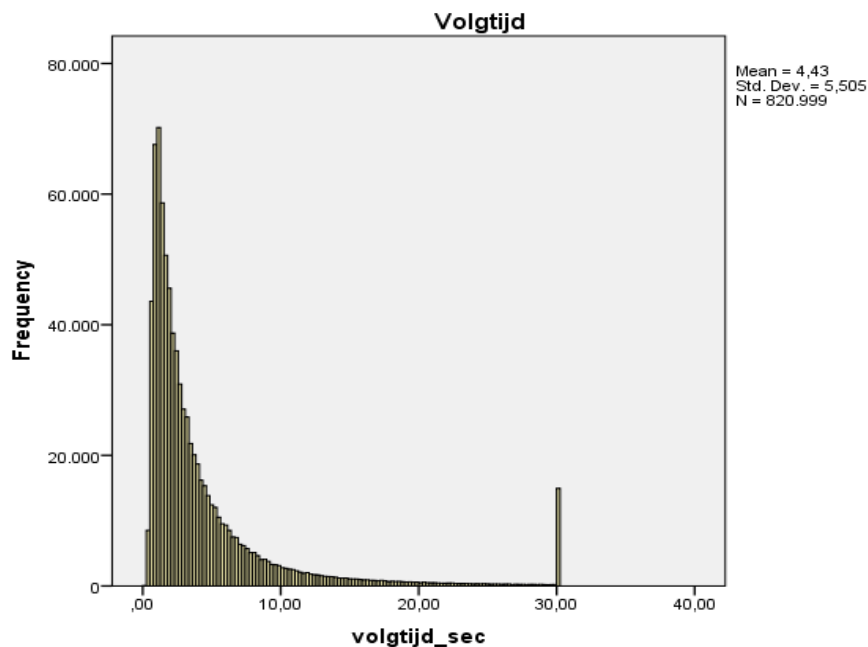
Vooraleer een beschrijving te geven van de resultaten van de regressieanalyses, zal een kort stukje beschrijvende statistiek van het onderzoeksgebied beschreven worden. Op die manier wordt duidelijk welke data meegenomen zijn in deze analyses. Allereerst wordt de verdeling van de gereden snelheid en volgtijd weergegeven, daarna volgt de modal split. Verder wordt er gekeken naar de algemene verdeling van overtredingen en zware overtredingen. Tot slot wordt een overzicht gegeven van alle andere onafhankelijke variabelen die gebruikt worden tijdens de regressieanalyses.

De gereden snelheid tijdens de onderzoeksperiode wordt weergegeven door Figuur 41. Zoals blijkt uit deze figuur, hebben de meeste weggebruikers een snelheid tussen 110 en 120 km/h. Snelheden onder 80 km/h en boven 130 km/h zijn eerder gering te noemen. Hoewel de maximumsnelheid op Vlaamse wegen nooit hoger ligt dan 120 km/h, zijn er toch een groot aantal weggebruikers die een snelheid rijden die ligt tussen 120 km/h en 130 km/h. Voorts toont deze figuur dat de gemiddelde snelheid 104.94 km/h (st. dev. 20.415) bedraagt.

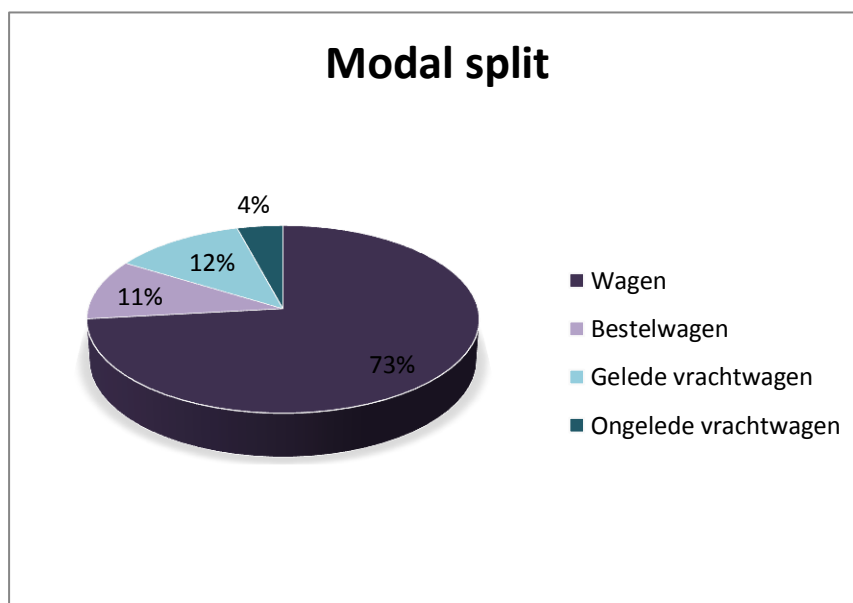


Figuur 41: Verdeling snelheden regressieanalyse

De verdeling van de volgtijd wordt weergegeven door Figuur 42 en toont aan dat het aantal weggebruikers met een bepaalde volgtijd afneemt naarmate de volgtijd toeneemt. De gemiddelde volgtijd wordt eveneens weergegeven door deze figuur en toont aan dat dit 4.43 seconden (st. dev. 5.505) bedraagt.



Figuur 42: Verdeling volgtijd regressieanalyse



Figuur 43: Modal split regressieanalyse

De modal split van de regressieanalyse wordt weergegeven door Figuur 43 en toont dat de wagen het vaakst voorkomt in het onderzoeksgebied. Zo'n 73% van alle verplaatsingen binnen het onderzoeksgebied gebeurde met de wagen, gevolgd door de gelede vrachtwagen die 12% van de

verplaatsingen uitvoerde en de bestelwagen die 11% van de verplaatsingen uitvoerde. Het aantal verplaatsingen dat gebeurde met een ongelede vrachtwagen, bedraagt 4% van het totaal aantal verplaatsingen.

Voor 31.6% van alle voertuigen dat geregistreerd werd, bedroeg de maximumsnelheid 90 km/h; het gaat hierbij om 259 264 voertuigen. Iets meer dan 26% van alle voertuigen mocht maximum 110 km/h rijden en voor 42.2% van alle voertuigen bedroeg de maximumsnelheid 120 km/h.

In de verdere analyse worden de verplaatsingen met een wagen en een bestelwagen samengenomen; zo zijn deze goed voor 84% van alle verplaatsingen. De gelede en ongelede vrachtwagens worden ook samengenomen en nemen op hun beurt 16% van alle verplaatsingen op zich.

		Aantal	Percentage
Overtreding	Geen overtreding	458172	55.8%
	Overtreding	362827	44.2%
Zware overtreding	Geen zware overtreding	603135	73.5%
	Zware overtreding	217864	26.5%

Uit de beschrijvende statistiek blijkt dat 55.8% van de weggebruikers geen overtreding begaat tussen Massenhoven en Ranst, gedurende de onderzoeksperiode, zie Tabel 7. Eveneens blijkt dat het percentage zware overtredingen iets meer dan een kwart van alle verplaatsingen bedraagt.

Tabel 7: Verdeling overtredingen regressieanalyse

Tabel 8 toont het overzicht van alle andere onafhankelijke variabelen gekoppeld aan het aantal en percentage overtredingen. Uit deze tabel blijkt dat 60.4% van de weggebruikers in het weekend een overtreding begaat en dat dit percentage daalt tot 37.6% tijdens de week. Verder blijkt dat iets minder dan de helft van de weggebruikers 's nachts en overdag een overtreding begaat. Eveneens blijkt dat tijdens dalmomenten

	Overtreding			
	Ja		Nee	
	Aantal	Percentage	Aantal	Percentage
Weekend	142795	60.4%	93723	39.6%
Week	220032	37.6%	364449	62.4%
Nacht	47316	45.9%	55843	54.1%
Dag	315511	44.0%	402329	56.0%
Dalmoment	291323	45.6%	348158	54.4%
Spits	71504	39.4%	110014	61.6%
Wagen + bestelwagen	357114	52.0%	330084	48.0%
Vrachtwagen	5713	4.3%	128088	95.7%
Maximumsnelheid 90 km/h	172829	66.7%	86435	33.3%
Maximumsnelheid 110 km/h	117193	54.3%	98403	45.7%
Maximumsnelheid 120 km/h	72805	21.0%	273334	79.0%

minder dan de helft van de weggebruikers een overtreding begaan. Bestuurders van een wagen of bestelwagen begaan in 52% van de gevallen een overtreding, terwijl dit slechts 4.3% bedraagt voor bestuurders van een vrachtwagen. Tot slot

Tabel 8: Overzicht overtredingen - onafhankelijke variabelen

wordt er in 66.7% van de gevallen waarbij de maximumsnelheid 90 km/h is, in 54.3% van de gevallen waarbij de maximumsnelheid 110 km/h is en in 21.0% van de gevallen waarbij 120 km/h de maximumsnelheid is een overtreding begaan.

	Zware overtreding			
	Ja		Nee	
	Aantal	Percentage	Aantal	Percentage
Weekend	80523	34.0%	155995	66.0%
Week	137341	23.5%	447140	76.5%
Nacht	27307	26.5%	75852	73.5%
Dag	190557	26.5%	527283	73.5%
Dalmoment	178053	27.8%	461428	72.2%
Spits	39811	21.9%	141707	78.1%
Wagen + bestelwagen	215547	31.4%	471651	68.6%
Vrachtwagen	2317	1.7%	131484	98.3%
Maximumsnelheid 90 km/h	144739	55.8%	114525	44.2%
Maximumsnelheid 110 km/h	58413	27.1%	157183	72.9%
Maximumsnelheid 120 km/h	14712	4.3%	331427	95.7%

Tabel 9: Overzicht zware overtredingen - onafhankelijke variabelen

Eenzelfde overzicht kan gemaakt worden voor de zware overtredingen, zoals weergegeven in Tabel 9. Uit deze tabel blijkt dat tijdens het weekend 34% van de weggebruikers een zware overtreding begaat en dat 23.5% van de weggebruikers een zware overtreding begaat tijdens de week.

Het percentage weggebruikers dat 's nachts een zware overtreding begaat, ligt net zo hoog als het percentage weggebruikers dat overdag een zware overtreding begaat (26.5%). Tijdens dalmomenten begaan 27.8% van de weggebruikers een zware overtreding en tijdens spitsmomenten bedraagt dit percentage 21.9%. Bestuurders van een wagen of bestelwagen begaan in 31.4% van de gevallen een zware overtreding, terwijl vrachtwagenchauffeurs slechts in 1.7% van de gevallen een zware overtreding begaan. Bij een maximumsnelheid van 90 km/h begaat meer dan de helft van de weggebruikers een zware overtreding (55.8%). Wanneer de maximumsnelheid 110 km/h bedraagt, daalt dit percentage tot 27.1% en bij een maximumsnelheid van 120 km/h, daalt dit percentage tot 4.3%.

8.3.2. Lineaire regressie: gemiddelde snelheid

Tabel 10 toont de resultaten van de lineaire regressie met de gemiddelde snelheid als afhankelijke variabele. Uit deze tabel blijkt dat de gemiddelde snelheid bij een dynamische maximumsnelheid van 90 km/h daalt in vergelijking met een vaste maximumsnelheid van 120 km/h. Indien men 110 km/h (dynamisch) vergelijkt met 120 km/h (vast), is er een lichte stijging van de gemiddelde snelheid merkbaar. Indien de snelheid gelimiteerd is tot 90 km/h, zal de gemiddelde snelheid dalen met 5.861 km/h, in vergelijking met een maximumsnelheid van 120 km/h. Wanneer de gemiddelde snelheid 110 km/h bedraagt, ligt de gemiddelde snelheid ongeveer 0.36 km/h hoger dan bij een maximumsnelheid van 120 km/h; er is dus bijna geen verschil in de gereden snelheid tussen een snelheidslimiet van 120 km/h en 110 km/h.

De resultaten die net beschreven zijn, zijn gecontroleerd voor tijd (spits vs. dal, dag vs. nacht en week vs. weekend), voor voertuigtype en voor volgtijd. Zo blijkt uit deze tabel dat de gemiddelde snelheid hoger ligt tijdens het weekend, tijdens de nacht, tijdens dalmomenten, wanneer het gaat om een wagen of een bestelwagen en wanneer de volgtijd groter wordt.

Lineaire regressie met <u>gemiddelde snelheid</u> als afhankelijke variabele			
Deviance-waarde: 239 265 984.7			
Vrijheidsgraden: 820 991			
AIC-waarde: 6 988 924.935			
Onafhankelijke variabelen	B	95% betrouwbaarheidsinterval B	
Constante	79.466	79.337	79.595
Weekend	7.885	7.800	7.971
Nacht	2.553	2.432	2.674
Dalmoment	3.609	3.518	3.700
Wagen + bestelwagen	23.593	23.490	23.695
Maximumsnelheid 90 km/h	-5.861	-5.949	-5.773
Maximumsnelheid 110 km/h	0.359	0.266	0.451
Volgtijd	0.468	0.461	0.476

Tabel 10: Lineaire regressie met gemiddelde snelheid als afhankelijke variabele

8.3.3. Lineaire regressie: gemiddelde volgtijd

De volgtijd tussen twee opeenvolgende voertuigen is een belangrijke parameter voor de verkeersveiligheid. Een minimale volgtijd/volgfstand is immers noodzakelijk om botsingen en ongevallen te vermijden. Omdat de volgtijd een belangrijke rol speelt bij ongevallen, wordt er in deze regressieanalyse gekeken of de verschillende maximumsnelheden een significante invloed hierop hebben.

Tabel 11 geeft de resultaten van de lineaire regressie met de gemiddelde volgtijd als afhankelijke variabele weer. Hierbij lijkt een maximumsnelheid van 90 km/h een ongunstig effect te hebben op de volgtijd. De volgtijd neemt namelijk met 0.164 seconde af wanneer de maximumsnelheid 90 km/h in plaats van 120 km/h bedraagt. Een maximumsnelheid van 110 km/h toont dan weer een klein positief effect op de volgtijd in vergelijking met een vaste maximumsnelheid van 120 km/h. Wanneer de maximumsnelheid 110 km/h bedraagt, stijgt de volgtijd met 0.064 seconde.

Bovenvermelde resultaten zijn gecontroleerd voor tijd (spits vs. dal, dag vs. nacht en week vs. weekend) en voor voertuigtype. Hierbij blijkt dat de volgtijd stijgt naarmate het weekend, nacht of een dalmoment is en dat de volgtijd daalt wanneer het gaat om een wagen of een bestelwagen.

Lineaire regressie met <u>gemiddelde volgtijd</u> als afhankelijke variabele			
Deviance-waarde: 22 002 931.77			
Vrijheidsgraden: 820 992			
AIC-waarde: 5 029 690.812			
Onafhankelijke variabelen	B	95% betrouwbaarheidsinterval B	
Constante	3.975	3.937	4.013
Weekend	0.538	0.512	0.564
Nacht	5.381	5.346	5.416
Dalmoment	0.397	0.369	0.425
Wagen + bestelwagen	-0.775	-0.806	-0.744
Maximumsnelheid 90 km/h	-0.164	-0.191	-0.138
Maximumsnelheid 110 km/h	0.064	0.036	0.092

Tabel 11: Lineaire regressie met gemiddelde volgtijd als afhankelijke variabele

8.3.4. Logistische regressie: overtredingen

Om te bepalen of de maximumsnelheid een significant effect heeft op het aantal overtredingen, werd er een logistische regressie uitgevoerd met als afhankelijke variabele het aantal overtredingen. Tevens laat dit soort analyse toe om te bepalen hoe sterk de invloed van een maximumsnelheid is bij het begaan van een overtreding. De resultaten van deze logistische regressie worden weergegeven in Tabel 12.

Logistische regressie met <u>aantal overtredingen</u> als afhankelijke variabele			
Deviance-waarde: 65 443.703			
Vrijheidsgraden: 56 423			
AIC-waarde: 125 400.397			
Onafhankelijke variabelen	Exp(B)	95% betrouwbaarheidsinterval exp(B)	
Constante	0.002	0.002	0.002
Weekend	2.749	2.716	2.783
Nacht	1.137	1.116	1.158
Dalmoment	1.458	1.438	1.478
Wagen + bestelwagen	51.379	49.908	52.892
Maximumsnelheid 90 km/h	18.553	18.280	18.830
Maximumsnelheid 110 km/h	4.871	4.807	4.936
Volgtijd	1.075	1.074	1.077

Tabel 12: Logistische regressie met aantal overtredingen als afhankelijke variabele

Bovenstaande tabel geeft aan dat het aantal overtredingen stijgt wanneer het weekend is, wanneer het nacht is, wanneer het geen spits is en wanneer men een wagen of een bestelwagen bestuurt. Vervolgens geeft deze tabel aan dat het aantal overtredingen significant hoger ligt bij een maximumsnelheid van 90 km/h of 110 km/h in vergelijking met de vaste 120 km/h. Tot slot toont deze tabel dat het aantal overtredingen stijgt met een toenemende volgtijd. Omdat dit onderzoek vooral nagaat in hoeverre de maximumsnelheden van invloed zijn op het al dan niet maken van een overtreding, worden deze resultaten verder in detail besproken.

Zoals blijkt uit Tabel 12 is het aantal overtredders ongeveer 18 keer zo groot bij een maximumsnelheid van 90 km/h in vergelijking met een maximumsnelheid van 120 km/h. Tevens blijkt dat het aantal overtredders bijna 5 keer groter is bij een maximumsnelheid van 110 km/h in vergelijking met een maximumsnelheid van 120 km/h. Uit deze analyse kan men concluderen dat het aantal overtredders het grootst is bij een maximumsnelheid van 90 km/h, gevolgd door een maximumsnelheid van 110 km/h.

8.3.5. Logistische regressie: zware overtredingen

Net zoals de logistische regressie naar het aantal overtredingen, toont de logistische regressie naar het aantal zware overtredingen de effecten van de verschillende onafhankelijke variabelen (tijd, voertuigtype, maximumsnelheid en volgtijd).

Logistische regressie met <u>aantal zware overtredingen</u> als afhankelijke variabele			
Deviance-waarde: 56 392.311			
Vrijheidsgraden: 56 423			
AIC-waarde: 107 244.967			
Onafhankelijke variabelen	Exp(B)	95% betrouwbaarheidsinterval exp(B)	
Constante	0.000	0.000	0.000
Weekend	2.401	2.366	2.436
Nacht	1.104	1.080	1.128
Dalmoment	1.579	1.554	1.605
Wagen + bestelwagen	59.824	57.309	62.449
Maximumsnelheid 90 km/h	63.308	62.001	64.643
Maximumsnelheid 110 km/h	8.499	8.330	8.672
Volgtijd	1.075	1.074	1.077

Tabel 13: Logistische regressie met aantal zware overtredingen als afhankelijke variabele

Tabel 13 toont de resultaten van de logistische regressie voor het aantal zware overtredingen. Algemeen toont deze tabel dat het aantal zware overtredingen groter is in het weekend, tijdens de nacht en tijdens de dalmomenten. Tevens toont de tabel dat het aantal zware overtredingen veel groter is bij bestuurders van wagens en bestelwagens dan bij bestuurders van vrachtwagens. Verder toont de tabel dat het aantal zware overtredingen groter wordt bij een maximumsnelheid van 90 km/h en bij een maximumsnelheid van 110 km/h. Tot slot stijgt het aantal zware overtredingen bij een toenemende volgtijd.

Uit de resultaten van de logistische regressie blijkt dat er ongeveer 63 keer meer zware overtredingen gebeuren bij een maximumsnelheid van 90 km/h dan bij een maximumsnelheid van 120 km/h. Eveneens toont deze tabel dat er bijna 8.5 keer meer zware overtredingen gebeuren bij een maximumsnelheid van 110 km/h dan bij een maximumsnelheid van 120 km/h.

8.4. Conclusie

Uit de lineaire regressie van de gemiddelde snelheid blijkt dat deze hoger ligt tijdens het weekend, tijdens de nacht en tijdens dalmomenten. Voorts ligt de gemiddelde snelheid hoger bij wagens en bestelwagens en wordt de gemiddelde snelheid groter bij een toenemende volgtijd. Indien de maximumsnelheid 90 km/h bedraagt, zal de gereden snelheid bijna 6 km/h lager liggen dan wanneer de maximumsnelheid 120 km/h bedraagt. Indien de maximumsnelheid echter 110 km/h is, ligt de gereden snelheid bijna 0.4 km/h hoger dan bij een maximumsnelheid van 120 km/h.

De lineaire regressie van de volgtijd toont aan dat de volgtijd groter is tijdens het weekend, tijdens de nacht en tijdens dalmomenten. Eveneens blijkt uit deze regressieanalyse dat de volgtijd bij wagens en bestelwagens kleiner is dan bij vrachtwagens. De volgtijd daalt met 0.164 seconde wanneer de maximumsnelheid 90 km/h bedraagt in plaats van 120 km/h en stijgt met 0.064 seconde bij een maximumsnelheid van 110 km/h in plaats van 120 km/h.

Uit de logistische regressie naar het aantal overtreders blijkt dat het aantal overtreders bij een maximumsnelheid van 90 km/h meer dan 18 keer groter is dan het aantal overtreders bij een maximumsnelheid van 120 km/h. Eveneens blijkt uit deze analyse dat het aantal overtreders bij een maximumsnelheid van 110 km/h bijna 5 keer groter is dan bij een maximumsnelheid van 120 km/h.

De resultaten van de logistische regressie naar het aantal zware overtredingen tonen aan dat dit aantal meer dan 63 keer groter is bij een maximumsnelheid van 90 km/h dan bij een maximumsnelheid van 120 km/h. Een minder groot effect is merkbaar bij een maximumsnelheid van 110 km/h; hier is het aantal zware overtredingen bijna 8.5 keer meer dan het aantal zware overtredingen bij een maximumsnelheid van 120 km/h.

Deel C: Conclusie



Het laatste gedeelte van deze paper omvat de algemene conclusie. Eerst bespreekt hoofdstuk 9 de discussie en de beperkingen van het onderzoek. Tot slot worden enkele aanbevelingen geformuleerd die ten gunste kunnen zijn voor de effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie.



9. Discussie en beperkingen

Uit het literatuuronderzoek bleek dat dynamische snelheden voor verschillende gunstige effecten zorgen. Het uitgevoerde onderzoek heeft echter vooral gekeken in welke mate weggebruikers zich aan de dynamische maximumsnelheid houden. Enkele effecten werden hierbij verder geanalyseerd: effect op snelheid en effect op volgtijd. Toch is het ook belangrijk om te kijken naar de mate dat men de toegelaten snelheid overschrijdt. Hoe lager de effectiviteit, hoe kleiner de (positieve) effecten die gepaard gaan met dynamische snelheden.

Het belang van dynamische snelheden werd vooral duidelijk uit de effecten die besproken werden in hoofdstuk 4. Uit de hoofdstukken ervoor bleek al dat Vlaanderen het belangrijk vindt om verder naar dynamisch verkeersmanagement en dynamische borden te kijken om op die manier de weggebruiker beter te begeleiden met realtime verkeersinformatie. Het voorbije decennium werd er dan ook veel geïnvesteerd in de uitbouw van dynamisch verkeersmanagement. Een verdere uitbreiding van RSS-borden kan er in de toekomst voor zorgen dat weggebruikers nog beter begeleid worden zodat bijvoorbeeld de veiligheid en het comfort van de weggebruikers verbetert.

Het literatuuronderzoek concludeerde dat dynamische snelheden doorgaans tot homogeneren snelheden leiden en dus tot kleinere snelheidsverschillen. Het onderzoek toonde aan dat de gemiddelde snelheid lager ligt bij een maximumsnelheid van 90 km/h in vergelijking met 120 km/h en dat de gemiddelde snelheid iets hoger ligt bij een maximumsnelheid van 110 km/h in vergelijking met 120 km/h. Deze resultaten zeggen echter niets over de homogeniteit van de gereden snelheden. Uit de literatuur bleek dat mensen zich sneller aan variabele snelheden houden als de reden van de snelheidsverlaging (of snelheidsverhoging) duidelijk is. Aangezien dit in Vlaanderen niet altijd gebeurt, is het misschien niet helemaal onlogisch dat weggebruikers de dynamische maximumsnelheid niet altijd volgen.

De gemiddelde volgtijd tussen twee opeenvolgende voertuigen wordt mee bepaald door de heersende maximumsnelheid. Zo blijkt uit het onderzoek dat de gemiddelde volgtijd kleiner wordt bij een maximumsnelheid van 90 km/h en een klein beetje groter bij een maximumsnelheid van 110 km/h, in vergelijking met een vaste 120 km/h. Een kleinere volgtijd bij een maximumsnelheid van 90 km/h hoeft daarom niet slechter te zijn omdat de stoptijd ook kleiner is bij een lagere snelheid. Het feit dat de volgtijd groter is bij een maximumsnelheid van 110 km/h in vergelijking met 120 km/h is nog beter. Een studie uit Engeland toonde aan dat de variabele snelheden doorgaans leiden tot uniformere headways, of dus tamelijk constante volgtijden (Highway Agency, 2004). De definitie van een headway werd al uitgelegd in paragraaf 4.5. maar toont ook duidelijke gelijkenissen

met de volgtijd die geanalyseerd werd in het onderzoek. Het onderzoek was echter niet in staat om te kijken naar de uniformiteit van headways (of volgtijden) maar kon wel concluderen dat de volgtijd kleiner werd bij 90 km/h en bijna onveranderd bleef bij 110 km/h. Als men kijkt naar de verkeersveiligheid, is dit een gunstige zaak omdat ook de stoptijd toeneemt wanneer de snelheid toeneemt (Vogel, 2003). Wanneer men echter kijkt naar de capaciteit, zou de gemiddelde volgtijd moeten afnemen bij een toenemende snelheid (SWOV, 2012; Daou, 1966).

De mate waarin de andere effecten (luchtkwaliteit, geluidsoverlast, doorstroming en ongevallen) aanwezig zijn, heeft vooral te maken met de mate waarin weggebruikers zich houden aan de dynamische maximumsnelheden. Om dit in kaart te brengen werd er zowel in de beschrijvende statistiek als in de uitgevoerde regressieanalyses gekeken naar het aantal overtredingen. Op deze manier kan men de effectiviteit van het systeem in kaart brengen en nadenken hoe deze effectiviteit verhoogd kan worden. Uit zowel de beschrijvende statistiek als uit de regressieanalyse blijkt dat veel weggebruikers zich niet houden aan de dynamische maximumsnelheden.

Uit de beschrijvende statistiek is gebleken dat maar liefst 62% van alle weggebruikers een overtreding begaat. Overigens ligt het percentage zware overtreders (sneller dan 10% van de maximumsnelheid) op 43% van alle weggebruikers. Dit betekent dat er meer weggebruikers een zware overtreding begingen dan weggebruikers die zich aan de maximumsnelheid hielden. De beschrijvende statistiek onderzocht eveneens de effectiviteit onder verschillende omstandigheden. Zo werd er gekeken naar verschillen naargelang tijdstip, vervoersmodus, aantal rijstroken en maximumsnelheid. 's Nachts en/of tijdens het weekend ligt het percentage overtreders beduidend hoger dan overdag en/of op weekdays. Mogelijke verklaring hiervoor is dat op deze momenten het verkeer veel rustiger is en dat interactie met andere weggebruikers minder frequent voorkomt. Weggebruikers hebben hierdoor meer ruimte om sneller te gaan rijden. Verder blijkt dat vrachtwagens minder overtredingen begaan dan wagens en bestelwagens. Tot slot wordt een maximumsnelheid van 90 km/h vaker overschreden dan een maximumsnelheid van 110 km/h.

De regressieanalyse werd uitgevoerd om te kijken in welke mate de variabele maximumsnelheid gevolgd wordt. Omdat hier meer in detail wordt gekeken naar de variabelen werd er een kleiner onderzoeksgebied gekozen. De regressieanalyse heeft vooral geprobeerd om te kijken of er grote verschillen zijn in effectiviteit als de maximumsnelheid verandert. Zo blijkt dat het aantal overtreders bij een maximumsnelheid van 90 km/h meer dan 18 keer hoger is dan het aantal overtreders bij een maximumsnelheid van 120 km/h. Als men 110 km/h gaat vergelijken met 120 km/h, is er eenzelfde effect waarneembaar maar dan kleiner. Het aantal overtreders bij een

maximumsnelheid van 110 km/h is bijna 5 keer groter dan het aantal overtreders bij een maximumsnelheid van 120 km/h.

Soortgelijke resultaten werden ook geformuleerd voor het aantal zware overtredingen (meer dan 10% sneller dan toegelaten). Uit het onderzoek is gebleken dat het aantal zware overtredingen meer dan 63 keer hoger ligt bij een maximumsnelheid van 90 km/h, vergeleken met een maximumsnelheid van 120 km/h. Het aantal zware overtredingen bij 110 km/h is bijna 8.5 keer meer dan bij 120 km/h.

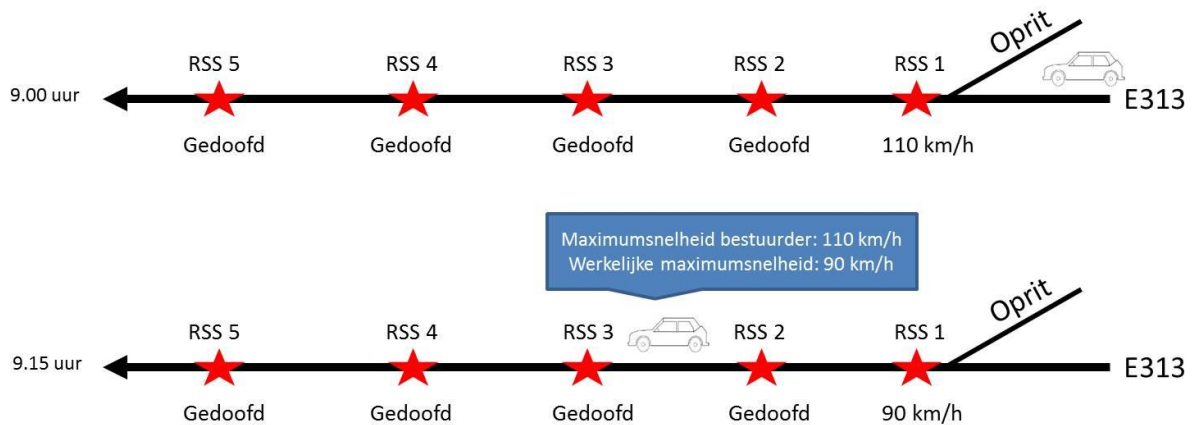
De effecten die besproken werden in het literatuuronderzoek worden voor een groot deel bepaald door de mate waarin weggebruikers de variabele maximumsnelheid volgen. In het onderzoek wordt dit getoetst aan de hand van het aantal overtredingen en het aantal zware overtredingen. Hoge percentages overtredingen zorgen er immers voor dat de gunstige effecten van dynamische rijstrooksignalisatie slechts in beperkte mate voorkomen in Vlaanderen. Indien men de kans op deze gunstige effecten wil verhogen, zal er een manier moeten gevonden worden zodat weggebruikers zich beter houden aan de dynamische maximumsnelheden.

Uit het onderzoek blijkt dat de snelheid slechts in beperkte mate wordt aangepast aan de dynamische maximumsnelheid. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat weggebruikers vaak niet weten waarom een bepaalde snelheidsbeperking geldt. Een andere mogelijke verklaring is het feit dat er te weinig handhaving gekoppeld is aan dynamische maximumsnelheden.

De beperkingen waarmee dit onderzoek te maken kreeg, worden hier verder kort aangehaald en geïllustreerd. Omdat het onderzoeksgebied bestaat uit RSS-portieken die elkaar opvolgen, zijn er verschillende voertuigen die meer dan één keer voorkomen in het onderzoek. Wanneer een voertuig de E313 volledig volgt van Hasselt naar Antwerpen, wordt dit voertuig telkens opnieuw meegenomen als een nieuwe input. Indien elk voertuig een uniek signaal zou uitzenden, is het mogelijk om hierop te filteren. Met de huidige vorm van dataverzameling is het helaas nog niet mogelijk om dit te doen.

Een andere beperking bij de regressieanalyse is het feit dat de gedoofde bordstanden meegenomen worden. Hierdoor geldt de maximumsnelheid van de RSS-portiek ervoor of 120 km/h indien men net een oprit gepasseerd is. Wanneer echter na een bepaalde maximumsnelheid de bordstanden wijzigen naar "gedoofd", gebeurt dit voor alle RSS-portieken tegelijk. Stel dat RSS-portiek 1 vlak na een oprit ligt en RSS-portiek 4 de vierde portiek na de oprit is en dat om 9.00 uur RSS-portiek 1 een maximumsnelheid van 110 km/h aanduidt en dat de andere RSS-portieken gedoofd zijn. In dit geval is de maximumsnelheid tussen RSS-portiek 1 en RSS-portiek 5 gelijk aan 110 km/h. Wanneer

om 9.15 uur de bordstand van RSS-portiek 1 wijzigt naar 90 km/h en de overige bordstanden gedoofd blijven, geldt vanaf 9.15 uur een maximumsnelheid van 90 km/h tussen RSS-portiek 1 en RSS-portiek 5.



Een weggebruiker die zich om 9.15 uur ter hoogte van RSS-portiek 3 bevindt, heeft enkel de maximumsnelheid 110 km/h gezien bij RSS-portiek 1. Hierdoor denkt deze weggebruiker dat zijn maximumsnelheid 110 km/h bedraagt om 9.15 uur maar in principe geldt hier al een maximumsnelheid van 90 km/h. In dergelijke gevallen zullen weggebruikers soms als overtreder aanzien worden zonder dat ze er zelf iets aan kunnen doen. Op die manier kan een onderschatting gemaakt worden naar het aantal overtreders, maar ook een overschatting. Omdat het zowel kan gaan om een onderschatting als om een overschatting, werd er met deze beperking geen rekening gehouden in het onderzoek.

Om meer inzicht te krijgen in waarom snelheden verlaagd worden, zou het handig zijn moest de aanleiding van de snelheidsverlaging steeds weergegeven zijn. De data die gebruikt werden om dit onderzoek uit te voeren, laat het niet toe om te kijken naar de aanleiding van een snelheidsverlaging. Indien men meer in detail wil kijken of er verschillen zijn in effectiviteit in bepaalde situaties, is het noodzakelijk om deze informatie mee te nemen in het onderzoek.

Tot slot werd slechts een klein deel van de Vlaamse autosnelwegen onderzocht. Het is hierdoor mogelijk dat eenzelfde onderzoek op een andere locatie een ander beeld geeft van de mate waarin weggebruikers de dynamische maximumsnelheid volgen. Daarom is het moeilijk om deze resultaten te veralgemenen naar het hele Vlaamse autosnelwegennet. Toch geeft dit onderzoek op zijn minst een goede indicatie van de effectiviteit van dynamische snelheden.

10. Aanbevelingen

Zoals al bleek uit de discussie ligt de navolging van dynamische snelheden aan de lage kant. Indien de maximumsnelheid daalt, stijgt het aantal overtreders en ook het aantal zware overtreders. Weggebruikers passen hun snelheid vaak niet of nauwelijks aan wanneer ze een dynamische snelheidsbeperking tegenkomen.

Om de effectiviteit te verhogen, is een goede handhaving nodig. Als de pakkans voor overtreders groter wordt, zullen zij immers minder snel geneigd zijn om de maximumsnelheid te overschrijden. Dit betekent ook dat de handhaving in direct contact moet staan met het Vlaams Verkeerscentrum dat de dynamische snelheden beheert. Een verandering in maximumsnelheid moet immers onmiddellijk doorgegeven worden aan de instanties die de handhaving uitvoeren (vb. politie) zodat deze steeds een juiste maximumsnelheid hanteren waarop de overtredingen gebaseerd zijn. Indien vaste camera's worden gebruikt om overtredingen vast te stellen, moeten deze rechtstreeks gekoppeld worden aan de dynamische snelheden.

Uit het literatuuronderzoek bleek dat weggebruikers vaker geneigd zijn om zich te houden aan een maximumsnelheid wanneer voor hen duidelijk is wat de reden van de snelheidsverlaging is. Een goede begeleiding/communicatie vanuit de bevoegde instanties naar de weggebruiker kan er voor zorgen dat weggebruikers zich meer bewust zijn van waarom ze een bepaalde snelheid mogen rijden. Dergelijke begeleiding of communicatie kan bijvoorbeeld bekomen worden door VMS-boodschappen af te beelden bij een snelheidsbeperking. Op die manier weten weggebruikers waarom ze plots moeten vertragen (of mogen versnellen). Andere manieren zijn ook het verstrekken van verkeersinformatie via radio, GPS ...

Voor sommige weggebruikers is het niet altijd even duidelijk tot waar een snelheidsbeperking, opgelegd door een RSS-portiek, geldt. Wanneer men een RSS-portiek passeert die een maximumsnelheid van 110 km/h oplegt, geldt deze snelheidsbeperking tot aan de volgende oprit of tot wanneer een verkeersbord deze snelheidsbeperking opnieuw opheft. Dit betekent echter niet dat een gedoofde bordstand de snelheidsbeperking opheft. Mogelijk bestaat onder weggebruikers soms twijfel over de betekenis van gedoofde bordstanden. Om duidelijkheid te bieden aan de weggebruikers is het misschien handig om toch een maximumsnelheid af te beelden op een RSS-portiek in plaats van deze te doven als de maximumsnelheid van de vorige portiek nog geldt. Op die manier wordt de maximumsnelheid telkens opnieuw herhaald voor de weggebruikers.

Bibliografie

- Aarts, L., & Van Schagen, I. (2006). Driving speed and the risk of road crashes; a review. *Accident Analysis and Prevention*, 215-224.
- Abdel-Aty, M., Cunningham, R. J., Gayah, V. V., & Hsia, L. (2008). Dynamic Variable Speed Limit Strategies for Real-Time Crash Risk Reduction on Freeways. *Transportation Research Record*, 108-116.
- Abdel-Aty, M., Dilmore, J., & Dhindsa, A. (2006). Evaluation of Variable Speed Limits for Real-Time Freeway Safety Improvement. *Accident Analysis and Prevention*, 335-345.
- Agentschap Wegen en Verkeer. (2011). *Dynamisch verkeersmanagement (DVM) in Vlaanderen*. Opgeroepen op december 23, 2012, van wegenenverkeer: <http://www.wegenenverkeer.be/verkeer-en-mobiliteit/verkeersbeheer/dynamisch-verkeersmanagement.html>
- Alkim, T., van der Mede, P., & Martens, M. (2000). MEER GRIP OP DE FILES: GRAFISCHE ROUTE-INFORMATION OP DRIPS. *Verkeerskunde*, 50.
- Allaby, P., Hellinga, B., & Bullock, M. (2007). Variable Speed Limits: Safety and Operational Impacts of a Candidate Control Strategy for Freeway Applications. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 671-680.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Willeams, T. A. (2007). *Tijdreeksanalyse*. Den Haag: Sdu Uitgevers bv.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (2007). 12 Regressieanalyse. In D. R. Anderson, D. J. Sweeney, & T. A. Williams, *Statistiek voor economie en bedrijfskunde* (pp. 319-371). Den Haag: Academic Service.
- Bel, G., & Rossel, J. (2013). Effects of the 80 km/h and variable speed limits on air pollution in the metropolitan area of barcelona. *Transportation Research*, 90-97.
- Bellemans, T. (2013). Traffic Flows Class 2: Analysis of traffic flows Trajectories and cumulative plots. Diepenbeek, Limburg, Belgium: IMOB.
- Bellemans, T. (2013). Traffic Flows Class 8: Kinematic wave theory. Diepenbeek, Limburg, België: IMOB.
- Bertini, R. L., Boice, S., & Bogenberger, K. (2006). Dynamics of Variable Speed Limit System Surrounding Bottleneck on German Autobahn. *Transportation Research Record*, 149-159.

- Breton, P., Hegyi, B., De Schutter, B., & Hellendoorn, H. (2002). Shock Wave Elimination/Reduction by Optimal Coordination of Variable Speed Limits. *5th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems*, (pp. 225-230). Singapore.
- Cairney, P., Turner, B., & Steinmetz, L. (2012). *An Introductory Guide for Evaluating Effectiveness of Road Safety Treatments*. Sydney, Australia: Austroads.
- Daniels, S. (2012). Powerpoint Impact Infrastructuur. *Before-after studies in road safety*. Diepenbeek, Limburg, België: IMOB.
- Daniels, S., Vaneerdewegh, P., Brijs, K., Dillen, W., Deknudt, P., & Thierie, M. (2010). *Snelheidsmanagement: waarom snelheid in het verkeer een probleem is en wat u eraan kunt doen*. Vlaamse Stichting Verkeerskunde.
- Daou, A. (1966). *On flow within platoons*. Australian Road Research.
- de Craen, S., & de Niet, M. (2002). *Extra informatie op matrixborden: mogelijkheden en effecten*. Leidschendam: Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.
- De Redactie. (2013, Februari 13). *Nieuw systeem voor dynamische verkeersborden Antwerpse Ring*. Opgeroepen op Februari 14, 2013, van deredactie: <http://deredactie.be/cm/vrtnieuws/binnenland/1.1873793>
- Deknudt, P., & Dechamps, J. (2009). *Rijstrooksignalisatiesysteem Antwerpen: automatische snelheidsbeperkingen op basis van AID-metingen*. Gent: Departement Mobiliteit en Openbare Werken - afdeling Verkeerscentrum.
- Driesprong, P. (2009). Rijkswaterstaat experimenteert met dynamische maximumsnelheden. *NM Magazine, 4*, 32-33.
- Elvik, R. (2002). *The importance of confounding in observational before-and-after studies of road safety measures*. Oslo, Norway: Institute of Transport Economics.
- Elvik, R. (2008). *Making sense of road safety evaluation studies: developing a quality scoring system*. Oslo, Norway: Institute of Transport Economics (TOI).
- Elvik, R., & Vaa, T. (2004). *The Handbook of Road Safety Measures*. Oxford, Limburg, België: Elsevier.
- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures*. Bingley BD16 1WA, UK: Emerald Group Publishing Limited.

- European Union. (1996). *Road RESEARCH: TROPIC*. Great Britain: European Union.
- Fildes, B., & Lee, S. (1993). The Speed Review: Road Environment, Behaviour, Speed Limits, Enforcement and Crashes. *Accident Research Centre*, 33-34.
- Hauer, E. (1997). *Observational Before/After Studies in Road Safety. Estimating the Effect of Highway and Traffic Engineering Measures on Road Safety*. Bingley United Kingdom: Emerald Group Publishing Limited.
- Hegy, A., Hoogendoorn, S., Schreuder, M., & Stoelhorst, H. (2009). The Expected Effectivity of the Dynamic Speed Limit Algorithm SPECIALIST - a Field Data Evaluation Method. *Proceedings of the European Control Conference 2009* (pp. 1170-1174). Budapest, Hungary: EUCA.
- Highway Agency. (2004). *M25 controlled Motorways. Safe roads, Reliable journeys, informed travelers*. United Kingdom: Highway Agency.
- Hines, M. (2002). NCHRP Legal Research Digest 47: Judicial Enforcement of Variable Speed Limits. *Transportation Research Board*.
- Hoogendoorn, S., Taale, H., Wilmink, I., & Immers, B. (2011). *Verkeersmanagement in de toekomst*. Delft: TrafficQuest.
- IST. (2010). *Dossier 22: Slim Onderweg*. Instituut Samenleving en Technologie.
- Kohsiek, L. (2006). Spelen met snelheden. *NM Magazine*, 1, 21.
- Lebouille, R., & Veldhuijzen van Zanten, R. (sd). *Het maatschappelijk nut van DVM maatregelen*.
- Lee, C., Hellinga, B., & Saccomanno, F. (2004). Assessing Safety Benefits of Variable Speed Limits. *Transportation Research Record*, Washington, D.C.
- Lee, C., Hellinga, B., & Saccomanno, F. (2006). Evaluation of variable speed limits to improve traffic safety. *Transportation Research*, 213-228.
- Logistic Regression Analysis. (2013). *Welcome to Logistic Regression Analysis*. Opgeroepen op Februari 20, 2014, van LogisticRegressionAnalysis: <http://logisticregressionanalysis.com/>
- Luoma, J., & Rämä, P. (2001). Comprehension of pictograms for variable message signs. *Traffic engineering & control*, pp. 53-58.
- Luttinen Tapio, R. (1996). *Statistical Analysis of Vehicle Time Headways*. Otaniemi: TL Consulting Engineers, Ltd.

- Middelham, F. (2002). *The Dutch Motorway Control System - 21 Years of Evolution*. AVV-transport research centre.
- Mitra, A., & Pant, P. D. (2005). *A Framework to Evaluate the Impact of Variable Speed Limit Systems on Work Zone Traffic Operation Using VISSIM*. Montana: Institute of Transportation Engineers.
- NM Magazine. (2009). Betere doorstroming en luchtkwaliteit op N279 met ODYSA. *NM Magazine*, 4, 44.
- Nuyts, E., & Cuyvers, R. (2003). *Effectiviteitsmeting bij Voor-Na studies met een vergelijkingsgroep*. Diepenbeek: Steunpunt Verkeersveiligheid bij Stijgende Mobiliteit.
- Papageorgiou, M., Kosmatopoulos, E., & Papamichail, I. (2008). *Effects of Variable Limits on Motorway Traffic Flow*. Washington DC.
- Persoonlijke communicatie (Vlaams Verkeerscentrum). (2012).
- Persoonlijke communicatie (Vlaams Verkeerscentrum). (2013).
- Rämä, P. (1999). Effects of Weather-Controlled Variable Speed Limits and Warning Signs on Driver Behavior. (pp. 53-59). Washington, D.C.: Transportation Research Board.
- Rämä, P., & Kulmala, R. (2000). Effects of Variable Message Signs for Slippery Road Conditions and Driving Speed and Headways. *Transportation Research*, 85-94.
- Rämä, P., Luoma, J., & Harjula, V. (1999, September 9). Distraction due to variable speed limits. *Traffic Engineering + Control*, 40, 428-439.
- Rees, T., Harbord, B., Dixon, C., & Abou-Rahme, A. (2004). *Speed-control and incident-detection on the M25 controlled motorway (summary of results 1995-2002)*. Transport Research Laboratory.
- RSV. (2011). *Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen*. Brussel: Vlaamse Overheid.
- Shi, H., & Ziliaskopoulos, A. (2002). *Traffic Flow Control Using Variable Speed Limits*. Illinois: Department of Civil Engineering.
- Sieben, I. (2002, Februari 01). *Logistische regressie analyse*. Opgeroepen op Februari 19, 2014, van Radboud Univesiteit Nijmegen: <http://www.ru.nl/socialewetenschappen/rtog/tips/onderdelen/logistische/#1>
- SWOV. (1987). Signaliseringssystemen op autosnelwegen. *SWOV schrift*, 31, 2.

- SWOV. (2004, oktober 7). Persbericht 7 oktober 2004. *SWOV: meer veiligheid door geloofwaardige snelheidslimieten*. Nederland: SWOV.
- SWOV. (2012). *Volgtijd en Verkeersveiligheid*. Leidschendam: SWOV.
- Transport Canada. (2003). Canadian motor vehicle traffic collision statistics: 2001. Canada.
- U.S. Department of Transportation. (2013, Augustus 2). Traffic Control Systems Handbook: Chapter 3. Control Concepts - Urban And Suburban Streets. USA: Federal Highway Administration.
- US Department of Transportation. (2004). *Traffic safety facts 2002: a compilation of motor vehicle crash data from the fatality analysis reporting system and the generate estimate system*. Washington DC: US Department of Transportation.
- VAB. (2013, Oktober). *Hoe goed werken onze dynamische verkeersborden?* Opgeroepen op December 6, 2013, van VAB: <http://www.vab.be/nl/nieuws/2013/10/16/dynamische-verkeersborden>
- Van de Hoogen, E., & Smulders, S. (1994). Control by Variable Speed Signs: Results of the Dutch Experiment. *Road Traffic Monitoring and Control*, 145-149.
- Van den Hoogen, E., & Smulders, S. (1994). Control by Variable Speed Sign: Results of the Dutch Experiment. *Road Traffic Monitoring and Control* (pp. 53-59). Washington, D.C.: IEE.
- van Nes, N., Brandenburg, S., & Twisk, D. (2010). Improving homogeneity by dynamic speed limit systems. *Accident Analysis and Prevention*, 944-952.
- Verkeerscentrum Vlaanderen. (2008). *Rijstrooksignalisatie - enquête*. Antwerpen: Verkeerscentrum Vlaanderen.
- Verkeerscentrum Vlaanderen. (2008). *Uitbouw van Dynamisch Verkeersmanagement op het Vlaamse autowegennet*. Brussel: Ministerie van Mobiliteit en Openbare Werken.
- Verkeerscentrum Vlaanderen. (2012). *Hoe werkt rijstrooksignalisatie*. Opgehaald van verkeerscentrum: <http://www.verkeerscentrum.be/verkeersinfo/faq/beheer-4>
- Verroen, E., Broeders, W., & van der Zwart, J. (1997). *Lange termijn perspectieven voor dynamisch verkeersmanagement: resultaten van een regionale scenario-discussie*. 97/NV/250.

- Vlaams Verkeerscentrum. (2012, November 6). Kopie van RSS_portieken_061112. Antwerpen, Antwerpen, België.
- Vlassenroot, S., & De Mol, J. (2005). Opmaak van snelheidskaarten - opmaak tot dynamisch verkeersmanagement. *VI Matrix*, 99.
- Vogel, K. (2003). A comparison of headway and time to collision as safety indicators. *Accident Analysis & Prevention*, 427-433.
- VUB. (sd). *Regressie Analyse*. Opgeroepen op Februari 20, 2014, van vub: <http://minf.vub.ac.be/~rbyul/cursus/H7.pdf>
- Wegman, F., & Aarts, L. (2006). *Advancing Sustainable Safety: National Road Safety Outlook for 2005-2020*. SWOV.

Auteursrechtelijke overeenkomst

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

De effectiviteit van dynamische rijstrooksignalisatie in Vlaanderen

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

Jaar: **2014**

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

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

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

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

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

Voor akkoord,

Magis, Maarten

Datum: **31/05/2014**