

**TNO-rapport****TNO-060-DTM-2011-03219****Emissiefactoren voor licht wegverkeer  
bij maximum snelheid van 130 km/u op  
autosnelwegen****Behavioural and Societal  
Sciences**Van Mourik Broekmanweg 6  
2628 XE Delft  
Postbus 49  
2600 AA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00  
F +31 88 866 30 10  
infodesk@tno.nl

Datum	14 november 2011
Auteur(s)	Ronald de Lange Arjan Eijk Thomas Kraan Ulke Stelwagen Amber Hensema
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	56 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	4
Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Milieu Directie Klimaat en Luchtkwaliteit – Mobiliteit en Verkeersemissies T.a.v. dhr. A van Marlen, mevr. O. Teule Postbus 20951 2500 EZ Den Haag
Projectnaam	Dit project is uitgevoerd als onderdeel van de steekproef light duty
Projectnummer	033.24444/01.55

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

## Samenvatting voor beleidsmakers

Het huidige kabinet heeft in het regeerakkoord aangegeven dat zij de maximumsnelheid op snelwegen, daar waar mogelijk, wil verhogen naar 130 km/u. De verhoging van de maximum snelheid naar 130 km/u op een deel van de Nederlandse snelwegen zal, daar waar ook de werkelijk gereden snelheid omhoog gaat, extra emissies tot gevolg hebben.

Om de milieueffecten goed in kaart te kunnen brengen is het nodig om de emissieprestaties van de voertuigvloot bij deze verkeerssituatie te kennen. Voor bestaande verkeerssituaties, zoals 120 km/u, worden jaarlijks emissiefactoren bepaald en gepubliceerd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Echter, omdat de 130 km/u verkeerssituatie in Nederland nieuw is, zijn hiervoor geen standaard emissiefactoren beschikbaar.

Het doel van dit onderzoek is het bepalen van emissiefactoren voor licht wegverkeer voor 130 km/u vrije doorstroming. De emissiefactoren zijn bepaald conform de gebruikelijke methodiek voor het bepalen van emissiefactoren voor luchtkwaliteitsmodellering. Het gaat hierbij om emissiefactoren voor NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> voor de zichtjaren 2010, 2015 en 2020. De CO<sub>2</sub> emissiefactoren zijn geen onderdeel van SRM2 en zijn daarom indicatief.

Om deze emissiefactoren vast te stellen is het noodzakelijk om inzicht te hebben in:

- het rijgedrag dat representatief is bij een maximum snelheid van 130 km/u.
- de emissieprestaties van moderne personenvoertuigen bij hogere snelheden

Uit lusdata en opgenomen ritdata is representatief rijgedrag van licht wegverkeer vastgesteld. Dit rijgedrag is gebruikt om met het VERSIT+ emissiemodel en de PBL voertuigkilometers emissiefactoren te berekenen voor lichtwegverkeer voor 2010, 2015 en 2020. Deze zijn te zien in Tabel 1. In is ter vergelijking het relatieve verschil met de 120 km/u situatie toegevoegd.

Tabel 1 Emissiefactoren voor licht wegverkeer voor 130 km/u vrije doorstroming voor 2010, 2015, 2020 en 2030.

Zichtjaar	PM <sub>10</sub> <sup>*</sup> [g/km]	PM <sub>2.5</sub> <sup>**</sup> [g/km]	NO <sub>x</sub> [g/km]	NO <sub>2</sub> [g/km]	CO <sub>2</sub> [g/km]
2010	0,040	0,028	0,50	0,20	180
2015	0,024	0,012	0,35	0,15	173
2020	0,019	0,007	0,21	0,10	161
2030	0,018	0,006	0,15	0,07	154

Tabel 2 Relatieve verschil tussen de emissiefactoren voor licht wegverkeer voor de 130 km/u en de 120 km/u situatie bij vrije doorstroming voor 2010, 2015, 2020 en 2030.

Zichtjaar	PM <sub>10</sub> <sup>*</sup> [%]	PM <sub>2,5</sub> <sup>**</sup> [%]	NO <sub>x</sub> [%]	NO <sub>2</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]
2010	2,5	3,5	20	22	5
2015	1,5	2,9	20	22	5
2020	0,9	2,3	20	22	5
2030	0,6	1,9	19	22	5

\* Alleen de emissiefactoren voor licht wegverkeer zijn opgenomen. Voor vrachtverkeer zijn de emissiefactoren gelijk verondersteld aan die van de andere snelwegsituaties bij vrije doorstroming. Voor deze groep wordt geen snelheidsverhoging voorgesteld.

\*\* De PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> emissiefactoren zijn een combinatie verbranding en slijtage van banden, remmen en wegdek.

Uit Tabel 1 en Tabel 2 blijkt dat bij vrije doorstroming de emissie van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub> en NO<sub>2</sub>) voor licht wegverkeer met ongeveer 20 % toeneemt ten opzichte van de situatie met 120 km/u snelheidslimiet. Deze toename wordt voornamelijk veroorzaakt door dieselloertuigen. Voor fijn stof is er een toename van enkele procenten (PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>). De resultaten van dit onderzoek zijn, met een forse stijging voor NO<sub>x</sub> en een kleinere stijging voor CO<sub>2</sub> (5 %) en vooral voor PM<sub>10</sub>, in lijn met de indicatieve cijfers uit eerder onderzoek.

In dit onderzoek zijn representatieve ritprofielen vastgesteld. Met behulp van VERSIT+ zijn emissiefactoren berekend die zijn geverifieerd met meetdata. Gezien de beperkte hoeveelheid meetdata voor 130 km/h situaties die nu beschikbaar is en de snelle ontwikkeling in technologie waardoor deze emissieprestaties kunnen worden beïnvloed, verdient het de aanbeveling om in toekomstige emissiemeetprogramma's meer emissiemetingen aan voertuigen uit te voeren bij hogere snelheden.

## Samenvatting

Het huidige kabinet heeft in het regeerakkoord aangegeven dat zij de maximumsnelheid op snelwegen, daar waar mogelijk, wil verhogen naar 130 km/u. De verhoging van de maximum snelheid naar 130 km/u op een deel van de Nederlandse snelwegen zal, daar waar ook de werkelijk gereden snelheid omhoog gaat, extra emissies tot gevolg hebben.

Om de milieueffecten goed in kaart te kunnen brengen is het nodig om de emissieprestaties van de voertuigvloot bij deze verkeerssituatie te kennen. Voor bestaande verkeerssituaties, zoals 80 km/u met strikte handhaving, 100 km/u of 120 km/u, worden jaarlijks emissiefactoren bepaald en gepubliceerd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Echter, omdat de 130 km/u verkeerssituatie in Nederland nieuw is, zijn hiervoor geen standaard emissiefactoren beschikbaar.

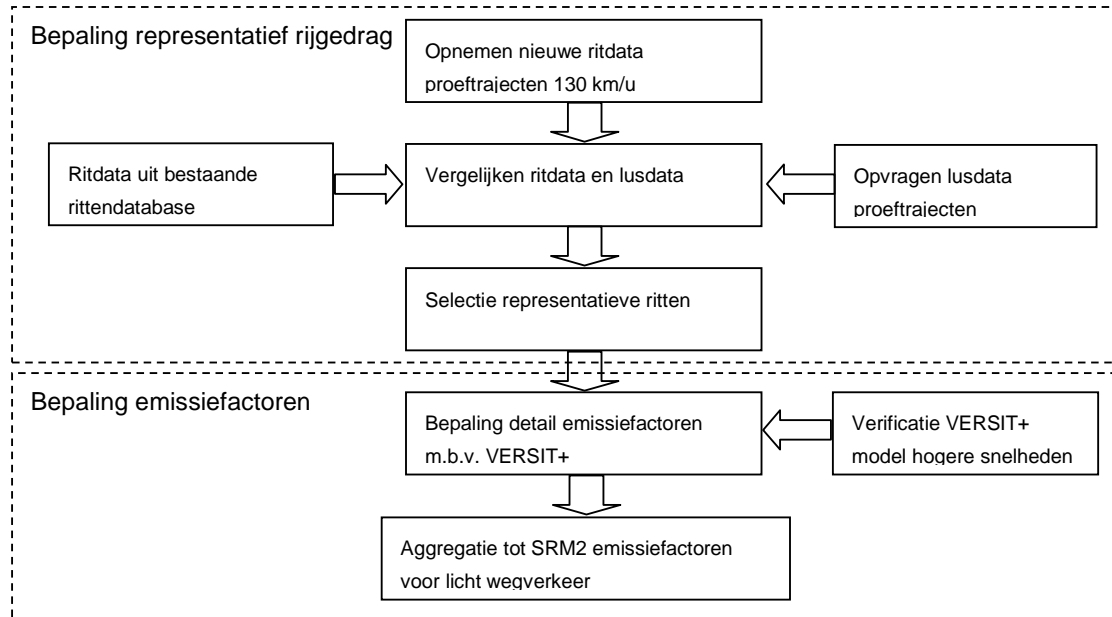
Het doel van dit onderzoek is het bepalen van emissiefactoren voor licht wegverkeer voor 130 km/u vrije doorstroming. Het gaat hierbij om emissiefactoren voor  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  en  $\text{PM}_{2.5}$  voor de zichtjaren 2010, 2015 en 2020. Ter indicatie is ook de emissiefactor voor  $\text{CO}_2$  berekend. Om deze emissiefactoren vast te stellen is het noodzakelijk om inzicht te hebben in:

- het rijgedrag dat representatief is bij een maximum snelheid van 130 km/u.
- de emissieprestaties van moderne personenvoertuigen bij hogere snelheden.

De emissiefactoren zijn bepaald met behulp van het VERSIT+ emissiemodel, conform de gebruikelijke methodiek voor het bepalen van emissiefactoren voor luchtkwaliteitsmodellering. Deze kunnen worden gebruikt voor het berekenen van het effect van de 130 km/u verkeerssituatie op de lokale luchtkwaliteit en op de totale emissies van het Nederlandse wegverkeer. Omdat de  $\text{CO}_2$  emissiefactoren geen onderdeel uitmaken van SRM2, dienen de  $\text{CO}_2$  emissiefactoren als indicatief worden beschouwd.

Het bepalen van de emissiefactoren is gebeurd volgens de stappen zoals weergegeven in Figuur 1. Hierbij zijn twee hoofdstappen te onderscheiden:

1. bepalen van het representatief rijgedrag bij een maximum snelheid van 130 km/u en vrije doorstroming.
2. bepalen van de emissiefactoren met het VERSIT+ emissiemodel, inclusief de verificatie met meetgegevens.



Figuur 1 Verschillende stappen voor het bepalen van emissiefactoren voor nieuwe verkeerssituaties

De bepaling van het representatieve rijgedrag heeft plaatsgevonden door een analyse van de lusdata van proeftrajecten op de A2, A6, A7 en de A16. Dit geeft inzicht in de gemiddelde snelheid van het verkeer. Daarnaast is met behulp van geïnstrumenteerde voertuigen rijgedrag bemonsterd om representatieve ritdata met de juiste rijdynamiek te verkrijgen.

Met behulp van de lusdata is een set ritprofielen samengesteld uit de reeds aanwezige en de nieuw opgenomen ritdata. Deze set bevat de ritprofielen met representatief rijgedrag en bijbehorende weegfactoren die de frequentie aangeven waarin dit rijgedrag voorkomt. Door deze aanpak wordt geborgd dat invloeden die niet-lineair in de emissies doorwerken zo goed mogelijk worden meegenomen. De resulterende set ritprofielen en bijbehorende weegfactoren zijn te zien in Tabel 3. Ter vergelijking is de gemiddelde snelheid uit de lusdata toegevoegd.

Tabel 3 Overzicht weging detail-emissiefactoren over de verschillende ritprofielen en de vergelijking met de gemiddelde snelheid uit de lusdata

Ritprofiel	Gemiddelde snelheid [km/u]	Weging [%]	Gemiddelde snelheid gewogen ritprofielen [km/u]	Gemiddelde snelheid lusdata [km/u]
F&E 1C	57,4	1,2 %	116,9	116,9
F&E 2C	96,6	1,5 %		
F&E 2D	112,3	27,6 %		
R130_M	122,3	42,4 %		
R130_L	128,3	27,3 %	128,2	130,3
Totaal	-	-	120,0	120,4

Met behulp van deze set ritprofielen zijn met het VERSIT+ emissiemodel detail-emissiefactoren berekend, waarbij onderscheid is gemaakt naar voertuigtype, brandstoftype, emissieklasse en technologie. Omdat het VERSIT+ model maar een beperkte hoeveelheid data bevat voor snelheden groter dan 120 km/u, zijn de berekende NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> emissies vergeleken met meetdata voor moderne Euro 4

en 5 diesel en benzine personenvoertuigen. Uit deze vergelijkingen blijkt dat de met VERSIT+ berekende emissiefactoren goed overeenkomen met de resultaten uit de emissiemetingen.

De detail-emissiefactoren zijn volgens de SRM2 methodiek met behulp van de PBL ramingen gewogen tot geaggregeerde emissiefactoren voor licht wegverkeer voor de zichtjaren 2010, 2015 en 2020. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4. In Tabel 5 is ter vergelijking het relatieve verschil met de 120 km/u situatie toegevoegd.

Tabel 4 Emissiefactoren voor licht wegverkeer voor 130 km/u vrije doorstroming voor 2010, 2015, 2020 en 2030.

Zichtjaar	PM <sub>10</sub> <sup>*</sup> [g/km]	PM <sub>2,5</sub> <sup>**</sup> [g/km]	NO <sub>x</sub> [g/km]	NO <sub>2</sub> [g/km]	CO <sub>2</sub> [g/km]
2010	0,040	0,028	0,50	0,20	180
2015	0,024	0,012	0,35	0,15	173
2020	0,019	0,007	0,21	0,10	161
2030	0,018	0,006	0,15	0,07	154

Tabel 5 Relatieve verschil tussen de emissiefactoren voor licht wegverkeer voor de 130 km/u en de 120 km/u situatie bij vrije doorstroming voor 2010, 2015, 2020 en 2030.

Zichtjaar	PM <sub>10</sub> <sup>*</sup> [%]	PM <sub>2,5</sub> <sup>**</sup> [%]	NO <sub>x</sub> [%]	NO <sub>2</sub> [%]	CO <sub>2</sub> [%]
2010	2,5	3,5	20	22	5
2015	1,5	2,9	20	22	5
2020	0,9	2,3	20	22	5

\* Alleen de emissiefactoren voor licht wegverkeer zijn opgenomen. Voor vrachtverkeer zijn de emissiefactoren gelijk verondersteld aan die van de andere snelwegsituaties bij vrije doorstroming. Voor deze groep wordt geen snelheidsverhoging voorgesteld.

\*\* De PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> emissiefactoren zijn een combinatie verbranding en slijtage van banden, remmen en wegdek.

In Tabel 5 is te zien dat bij 130 km/u vrije doorstroming vooral de NO<sub>x</sub> en directe NO<sub>2</sub> emissies belangrijk toenemen ten opzichte van de 120 km/u situatie, met een verhoging van ongeveer 20 %. De PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> emissiefactoren laten een geringe toename zien van 1 - 4 %. Voor CO<sub>2</sub> is een verhoging van 5 % berekend ten opzichte van 120 km/u vrije doorstroming. Met een forse stijging voor NO<sub>x</sub> en een veel kleinere stijging voor CO<sub>2</sub> en met name voor PM<sub>10</sub>, zijn deze resultaten in lijn met de indicatieve cijfers uit eerder onderzoek.

In dit onderzoek zijn representatieve ritprofielen vastgesteld. Met behulp van VERSIT+ zijn emissiefactoren berekend die zijn geverifieerd met meetdata. Gezien de beperkte hoeveelheid meetdata voor 130 km/h situaties die nu beschikbaar is en de snelle ontwikkeling in technologie waardoor deze emissieprestaties kunnen worden beïnvloed, verdient het de aanbeveling om in toekomstige emissiemeetprogramma's meer emissiemetingen aan voertuigen uit te voeren bij hogere snelheden.

# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting voor beleidsmakers .....</b>	<b>2</b>
	<b>Samenvatting .....</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>8</b>
1.1	Achtergrond .....	8
1.2	Doelstelling en inperking .....	8
1.3	Structuur van het rapport.....	9
<b>2</b>	<b>Methodiek.....</b>	<b>10</b>
2.1	Inleiding .....	10
2.2	Overzicht gehanteerde methodiek.....	10
2.3	Bepaling representatief rijgedrag.....	11
2.4	Bepaling emissiefactoren .....	12
<b>3</b>	<b>Ritproefiel ontwikkeling .....</b>	<b>13</b>
3.1	Inleiding .....	13
3.2	Lusdata proeftrajecten 130 km/u.....	14
3.3	Ritprofielen bij 130 km/u vrije doorstroming .....	17
3.4	Selectie ritprofielen en vergelijking met lusdata .....	19
<b>4</b>	<b>Berekenen van emissiefactoren.....</b>	<b>21</b>
4.1	Inleiding .....	21
4.2	Berekening van detailemissiefactoren.....	22
4.3	Weging van emissiefactoren .....	23
4.4	Verificatie emissieberekeningen bij hogere snelheden .....	23
<b>5</b>	<b>Resultaten .....</b>	<b>29</b>
5.1	Inleiding .....	29
5.2	Emissiefactoren voor 130 km/u vrije doorstroming .....	29
5.3	Vergelijk NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> en PM <sub>2,5</sub> emissiefactoren voor SMR2 verkeerssituaties en voor 130 km/u.....	30
<b>6</b>	<b>Discussie en conclusies .....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Referentie .....</b>	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>Lijst met afkortingen .....</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>Ondertekening .....</b>	<b>37</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
	A Proeftrajecten 130 km/u op de A2, A6, A7 en A16	
	B Meetplan inwinnen ritdata	
	C Overzicht verzamelde ritdata	
	D Vergelijking VERSIT+ met DACHNLS meetdata	

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Het huidige kabinet heeft in het regeerakkoord aangegeven dat zij de maximumsnelheid op snelwegen, daar waar mogelijk, (dynamisch) wil verhogen naar 130 km/u. Naar aanleiding hiervan is een aantal proeftrajecten gedefinieerd waarop voor een deel van de tijd de maximum snelheid zal worden verhoogd naar 130 km/u. Een belangrijk doel van deze proeven is meer inzicht krijgen in wat de effecten zijn op onder andere de doorstroming, de verkeerveiligheid en het milieu.

De verhoging van de maximum snelheid naar 130 km/u op een deel van de Nederlandse snelwegen zal, daar waar ook de werkelijk gereden snelheid omhoog gaat, extra emissies tot gevolg hebben. In een eerdere studie is berekend dat voor licht wegverkeer de NO<sub>x</sub> emissie met ongeveer 25 % zal toenemen ten opzichte van de 120 km/u situatie (de Lange, 2010). Daarbij is het grootste deel van deze verhoging afkomstig van diesel voertuigen. Voor deeltjes (PM<sub>10</sub>) zou de toename enkele procenten bedragen. Omdat deze berekening echter heeft plaatsgevonden via een schaling ten opzichte van bestaande verkeerssituaties, betreft dit indicatieve resultaten.

Om de milieueffecten goed in kaart te kunnen brengen is het nodig om de emissieprestaties van de voertuigvloot bij de 130 km/u verkeerssituatie te kennen. Voor bestaande verkeerssituaties zoals 80 km/u met strikte handhaving, 100 km/u of 120 km/u worden jaarlijks emissiefactoren bepaald en gepubliceerd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Echter, omdat de 130 km/u verkeerssituatie in Nederland nieuw is, zijn hiervoor geen standaard emissiefactoren beschikbaar. Om deze vast te stellen is het noodzakelijk om inzicht te hebben in:

- rijgedrag dat representatief is bij een maximum snelheid van 130 km/u
- emissieprestaties van moderne personenvoertuigen bij hoge snelheden.

De gedefinieerde proeftrajecten met 130 km/u bieden de mogelijkheid om representatief rijgedrag vast te stellen. Het vaststellen van de emissieprestaties kan gebeuren met behulp van het emissiemodel VERSIT+ van TNO. Dit model wordt gebruikt voor het berekenen van de standaard emissiefactoren voor SRM1 en SRM2 luchtkwaliteitsmodellen in Nederland (Hensema, 2011). Het model bevat nu slechts een beperkte hoeveelheid informatie over emissieprestaties bij snelheden hoger dan 120 km/u. Om een betere vulling van het model voor deze hoge snelheden te krijgen is een veelvoud van emissiemetingen aan verschillende voertuigen nodig. Dit wordt meegenomen in andere onderzoeksprogramma's, zodat de benodigde informatie hiervoor in de loop van de tijd beschikbaar komt.

## 1.2 Doelstelling en inperking

De doelstelling van dit onderzoek is het bepalen van emissiefactoren voor licht wegverkeer voor de 130 km/u snelwegsituatie bij vrije doorstroming. Hierbij gaat het om de emissiecomponenten NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>. De zichtjaren zijn 2010, 2015 en 2020. Deze emissiefactoren zijn bedoeld om te worden ingezet in SRM2 luchtkwaliteitsberekeningen. Voor de PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> emissies wordt alleen het effect



op de verbrandingsemissies onderzocht. De mogelijke verandering van slijtage emissies (die ook onderdeel uitmaken van de  $PM_{10}$  en  $PM_{2.5}$  emissies) worden buiten beschouwing gelaten omdat hier onvoldoende informatie over beschikbaar is. Voor de slijtage emissies is daarom de 'standaard' slijtage emissiefactor voor alle snelwegsituaties gebruikt.

Daarnaast wordt het effect op de  $CO_2$  uitstoot onderzocht. De op te leveren resultaten voor  $CO_2$  hebben echter een indicatief karakter omdat deze geen onderdeel uitmaken van de SRM2 emissiefactoren en ook niet eerder zijn gepubliceerd.

Om het onderzoek niet te breed te maken, wordt verondersteld dat door de verhoging van de maximum snelheid naar 130 km/u:

- alleen het rijgedrag van het lichte wegverkeer tijdens vrije doorstroming wordt beïnvloed;
- het rijgedrag van het vrachtverkeer niet significant verandert.

Deze laatste veronderstelling zal aan de hand van de lusdata worden gecontroleerd.

De resultaten worden in eerste instantie aangeboden aan het Ministerie van IenM. Daarnaast worden ze ook ingebracht in de taakgroep Verkeer en Vervoer van de Emissie Registratie en in de GCN werkgroep. Op deze manier kunnen de emissiefactoren op termijn (naar verwachting vanaf 2012) ook in het NSL worden opgenomen. Op dit moment heeft dat echter nog niet plaatsgevonden.

### **1.3 Structuur van het rapport**

In deze rapportage wordt in hoofdstuk 2 de gehanteerde methodiek toegelicht. Deze wordt vervolgens in hoofdstuk 3 en 4 verder uitgewerkt. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd. Ten slotte volgen in hoofdstuk 6 de conclusie en discussie.

## 2 Methodiek

### 2.1 Inleiding

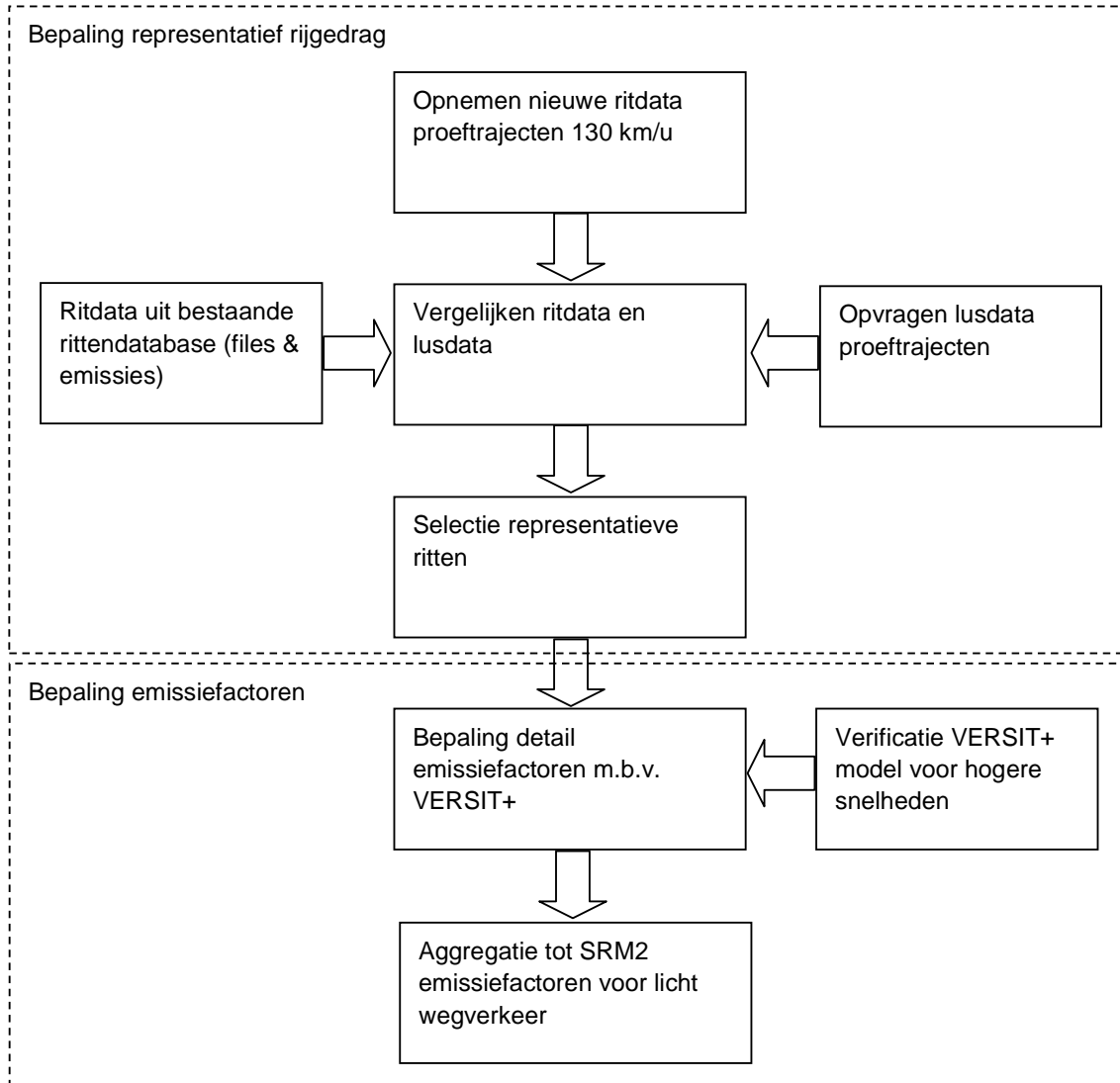
In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de methodiek die gebruikt is om de emissiefactoren te bepalen. Hieronder wordt ingegaan op de verschillende stappen die zijn doorlopen.

### 2.2 Overzicht gehanteerde methodiek

De emissiefactoren worden voor verschillende (detail-)voertuigcategorieën berekend met behulp van het VERSIT+ emissiemodel van TNO. Specifiek voor het berekenen van emissiefactoren voor licht wegverkeer bij een maximum snelheid van 130 km/u zijn twee hoofdstappen nodig, namelijk:

1. Het bepalen van representatief rijgedrag. Er moeten enkele ritprofielen ontwikkeld worden die samen representatief zijn voor het rijgedrag van het lichte wegverkeer.
2. Het bepalen van emissiefactoren, die berekend worden met behulp van VERSIT+ en de geselecteerde ritprofielen.

De verschillende stappen zijn in Figuur 2 weergegeven en worden hieronder verder uitgewerkt.



Figuur 2 Verschillende stappen voor het bepalen van emissiefactoren voor nieuwe verkeerssituaties

### 2.3 Bepaling representatief rijgedrag

Bij het bepalen van het typische rijgedrag van licht wegverkeer is het belangrijk dat de werkelijke rijnsnelheden en de dynamiek (acceleraties en deceleraties) goed gerepresenteerd worden door (een beperkt aantal) ritprofielen. Hiertoe worden lusdata van de proeftrajecten gebruikt voor het bepalen van de gemiddelde snelheid, wanneer er sprake is van vrije doorstroming.

Uit een vergelijking van de lusdata voor en tijdens de proef wordt een vergelijking gemaakt van het rijgedrag (gemiddelde snelheid en dynamiek) voor zowel licht wegverkeer als voor zwaar wegverkeer. Hiermee kan dan ook de geldigheid van de

aanname over het constant blijven van het rijgedrag van zwaar verkeer worden geverifieerd.

Voor de situatie met vrije doorstroming worden representatieve ritpatronen vastgesteld waarmee de emissiefactoren kunnen worden berekend. Deze ritprofielen kunnen niet uit de lusdata worden bepaald. Hiervoor is meer gedetailleerde informatie over de momentane snelheid en acceleratie per voertuig nodig. Om de noodzakelijke gegevens te verzamelen zijn er twee mogelijke opties, namelijk:

1. Een beknopt meetprogramma door voertuigen te instrumenteren met een GPS-logger. In dit geval wordt een beperkt aantal voertuigen uitgerust met een datalogger die de momentane snelheid en versnellingen logt.
2. Gebruik maken van de gedetailleerde ritprofielen die door TomTom worden verzameld. Hierbij vindt een controle plaats of de door TomTom aangeleverde ritprofielen voldoende nauwkeurigheid bevatten.

Vanwege de korte doorlooptijd is er in dit onderzoek voor gekozen om alleen optie 1 uit te voeren. Het gebruik maken van de ritprofielen die TomTom kan leveren is wellicht in de toekomst een goede mogelijkheid.

Gewenst is om de metingen op meerdere proeftrajecten (3) uit te voeren. In overleg met het Ministerie van IenM is gekozen voor de proeftrajecten op de A2, A6 en de A16, omdat deze trajecten naar verwachting de meest representatieve verkeerssituatie geven.

Door de combinatie van de lusgegevens en de metingen van de momentane snelheid en versnelling worden de representatieve ritprofielen voor licht wegverkeer en vrije doorstroming geselecteerd.

## 2.4 Bepaling emissiefactoren

Met behulp van VERSIT+ en de nieuw ontwikkelde ritprofielen, worden de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  en  $\text{CO}_2$  detail-emissiefactoren berekend. De  $\text{NO}_2$  emissiefactor wordt afgeleid uit de  $\text{NO}_x$  emissiefactor, uitgaande van een standaard fractie  $\text{NO}_2$ .

Vervolgens worden met behulp van de door PBL bepaalde voertuigkilometers de detail-emissiefactoren geaggregeerd tot representatieve emissiefactoren voor licht wegverkeer voor de verschillende zichtjaren.

De kenvelden in VERSIT+ zijn gefit op de experimentele data. De hoeveelheid emissiemetingen met een snelheid boven de 120 km/u is echter beperkt. Hoewel de verwachting is dat de kenvelden wat het verloop en absolute waarden betreft nog redelijk representatieve emissies voorspellen voor snelheden net boven de 120 km/u, is de robuustheid een onzekere factor. Daarom wordt een modelcontrole uitgevoerd, waarbij VERSIT+ met de beschikbare experimentele data wordt vergeleken.

## 3 Ritproefiel ontwikkeling

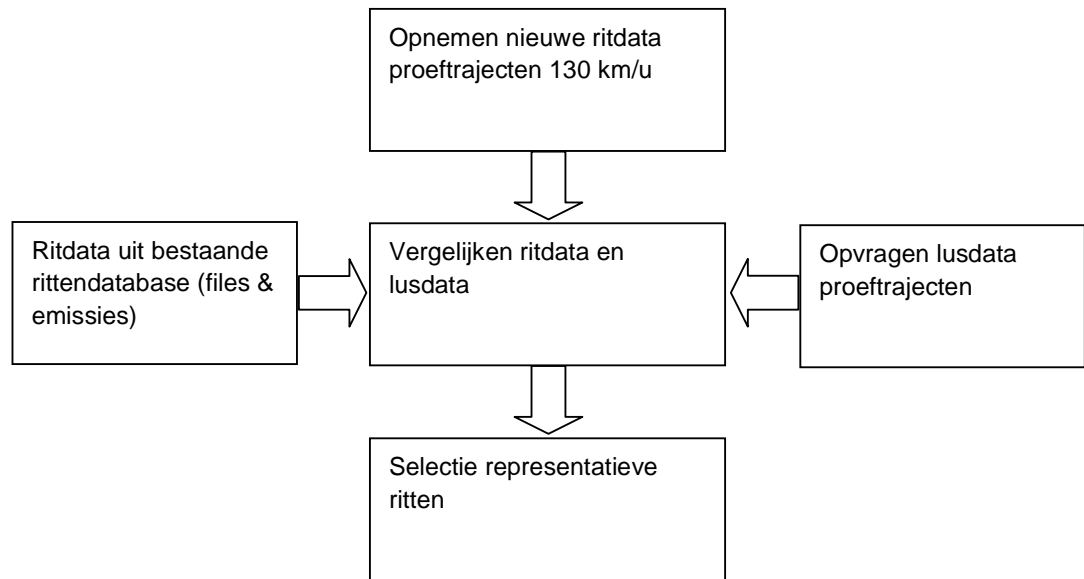
### 3.1 Inleiding

In Figuur 3 zijn de verschillende stappen weergegeven die zijn doorlopen om tot een set ritprofielen te komen die representatief is voor het rijgedrag van licht wegverkeer bij 130 km/u vrije doorstroming.

De verwachting is dat, mits het verkeersaanbod het toelaat, bij een snelheidslimiet van 130 km/u door licht wegverkeer gemiddeld harder wordt gereden dan bij een snelheidslimiet van 120 km/u. Echter, voor het correct bepalen van de emissies, is niet alleen de gemiddelde snelheid van belang. Ook de ritdynamiek is bepalend voor de verandering van de emissies. Daarom kan niet alleen gebruik gemaakt worden van gegevens uit lussen, maar zijn er ook ritprofielen nodig die het rijgedrag in detail beschrijven. De huidige ritprofielen voor snelwegsituaties zijn ontwikkeld voor de huidige snelwegsituaties tot en met 120 km/u (Gense et al., 2001). Ritprofielen voor hogere snelheden ontbreken in deze set, maar zijn naar verwachting wel nodig voor de 130 km/u situatie.

Om een set representatieve ritprofielen te bepalen die kunnen worden gebruikt voor het berekenen van de emissiefactoren zijn de volgende 3 stappen doorlopen:

- Opvragen van de lusdata van de diverse proeftrajecten voor- en na de invoering om inzicht te krijgen in de gemiddelde snelheid door licht wegverkeer vóór en na openstelling van de proeftrajecten.
- Bepalen van representatieve ritprofielen voor 130 km/u vrije doorstroming, waarbij zowel de al bestaande ritprofielen als de nieuw te verkrijgen ritprofielen worden meegenomen. Deze ritprofielen zijn gericht op representatief rijgedrag zowel wat betreft de gemiddelde snelheid als de ritdynamiek.
- Het vergelijken van de ritprofielen en de lusdata om tot een set ritprofielen te komen die samen het rijgedrag bij 130 km/u op een representatieve manier beschrijven.



Figuur 3 Schema ritprofiel ontwikkeling

### 3.2 Lusdata proeftrajecten 130 km/u

Via de Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat is voor verschillende proeftrajecten lusdata opgevraagd. Dit betreft de volgende proeftrajecten:

- A2 van knooppunt Everdingen tot knooppunt Deil
- A6 van knooppunt Almere tot knooppunt Joure
- A7 van afrit Wognum (10) tot aan de Afsluitdijk
- A16 van knooppunt Klaverpolder tot knooppunt Galder

De locaties van de verschillende proeftrajecten zijn te zien in Figuur 4. In bijlage A is per proeftraject meer informatie over de locatie en de gehanteerde snelheidsregimes gegeven. Deze informatie is afkomstig van Rijkswaterstaat (Rijkswaterstaat, 2011).



Figuur 4 Overzicht van de van de proeftrajecten voor 130 km/u op de A2, A6, A7 en A16 (bron: [www.anwb.nl](http://www.anwb.nl)).

Voor elk proeftraject is minuutgemiddelde informatie verkregen van een aantal lussen per traject die over een periode van 27 tot 59 dagen is verzameld. Hierbij heeft een voormeting plaatsgevonden in de periode februari-mei 2011 en een nameting in de periode mei-juni 2011. Om tot representatieve gegevens per proeftraject te komen, is de informatie uit de verschillende lussen gemiddeld. Op deze manier is per proeftraject berekend wat de gemiddelde snelheid en de relatieve intensiteit is, voor en na de metingen. Omdat er een groot verschil in gemiddelde snelheid te zien is, is hierbij onderscheid gemaakt tussen de linkse rijstrook en de overige rijstroken. De resultaten voor licht wegverkeer zijn opgenomen in Tabel 6.

Tabel 6 Overzicht gemiddelde snelheden en relatieve intensiteiten van licht wegverkeer voor en na openstelling proeftrajecten op basis van de lusdata

Traject	V gemiddeld links [km/u]		Intensiteit links [%]**	V gemiddeld overig [km/u]		Intensiteit overig [%]**	V gemiddeld totaal [km/u]	
	Voor	Na	Na	Voor	Na	Na	Voor	Na
A2*	127,5	131,2	39 %	111,7	114,9	61 %	117,7	119,8
A6	127,9	129,9	26 %	117,4	119,7	74 %	119,9	122,3
A7	127,2	131,0	26 %	114,6	116,7	74 %	117,9	120,4
A16**	122,0	129,2	22 %	108,9	116,5	78 %	111,6	119,2
<b>Gemiddeld</b>	<b>126,2</b>	<b>130,3</b>	<b>28 %</b>	<b>113,1</b>	<b>116,9</b>	<b>72 %</b>	<b>116,8</b>	<b>120,4</b>

\* Voor de A2 betreft het een baan met vier rijstroken. Hierbij zijn de twee meest linkse rijstroken samengenomen onder links, terwijl de twee meest rechtse rijstroken onder overig vallen.

\*\* Dit betreft de intensiteit van alleen het licht wegverkeer, het vrachtverkeer is hier niet in meegenomen. Alle lichte voertuigen samen vormen 100 %.

\*\*\* Het proeftraject op de A16 betreft een traject waarop voor de invoering van de 130 km/u maatregel voor een deel van het traject de maximum snelheid 100 km/u was.

Daarnaast is een overzicht gemaakt van de gemiddelde snelheden op de verschillende proeftrajecten van het vrachtverkeer. Dit overzicht is te vinden in Tabel 7.

Tabel 7 Overzicht gemiddelde snelheden van middelzwaar en zwaar wegverkeer voor en na openstelling proeftrajecten op basis van de lusdata

Traject	V gemiddeld [km/u]	
	Voor	Na
A2	85.6	85.8
A6	87.4	87.4
A7	87.9	87.8
A16	86.3	86.5
<b>Gemiddeld</b>	<b>86.8</b>	<b>86.8</b>

Uit Tabel 6 blijkt dat de gemiddelde snelheid van het licht wegverkeer in de 130 km/u situatie over de verschillende trajecten ongeveer 120 km/u is. Daarbij is een fors verschil te zien tussen de linkse rijstrook (130 km/u) en de overige rijstroken (117 km/u). Merk op dat in de tabel de gemiddelde snelheden weergegeven zijn voor en na de openstelling van de proeftrajecten. De gemiddelde snelheid voor de openstelling is daarbij niet noodzakelijk representatief voor de gemiddelde snelheid voor trajecten met een snelheidslimiet van 120 km/u. De A16 betreft een traject waar voor openstelling de snelheidslimiet 100 km/h was voor een deel van het traject.

In Tabel 7 is te zien dat de situatie voor middelzwaar en zwaar verkeer voor en na de invoering van de 130 km/u situatie geen significante verschillen oplevert. De gemiddelde snelheid over de trajecten is gelijk, terwijl de spreiding tussen de verschillende trajecten klein is.



### 3.3 Ritprofielen bij 130 km/u vrije doorstroming

Om een set representatieve ritprofielen vast te kunnen stellen, zijn metingen uitgevoerd met vier voertuigen op drie proeftrajecten, namelijk de A2, A6 en A16.

De proeftrajecten zijn in overleg met het ministerie van Infrastructuur en Milieu geselecteerd, vanwege de te verwachten variatie tussen de verschillende trajecten. Door drie verschillende trajecten mee te nemen in het onderzoek wordt voorkomen dat het bepalen van het rijgedrag zich te specifiek richt op een specifiek proeftraject.

De voertuigen waarmee is gereden zijn moderne personenvoertuigen die voor de proef voorzien zijn van een route-navigatie systeem waarmee nauwkeurig de GPS-positie worden opgeslagen met een samplefrequentie van 1 Hz. Daarnaast worden ook de versnellingen van het voertuig bemonsterd met een frequentie van 10 Hz. Middels een Kalman filter worden de momentane positie, de snelheid en de versnelling met een frequentie van 10 Hz berekend.

Om zoveel mogelijk data te verzamelen specifiek voor de 130 km/u situatie, hebben de vier automobilisten op de verschillende trajecten gereden, zoveel mogelijk op momenten dat:

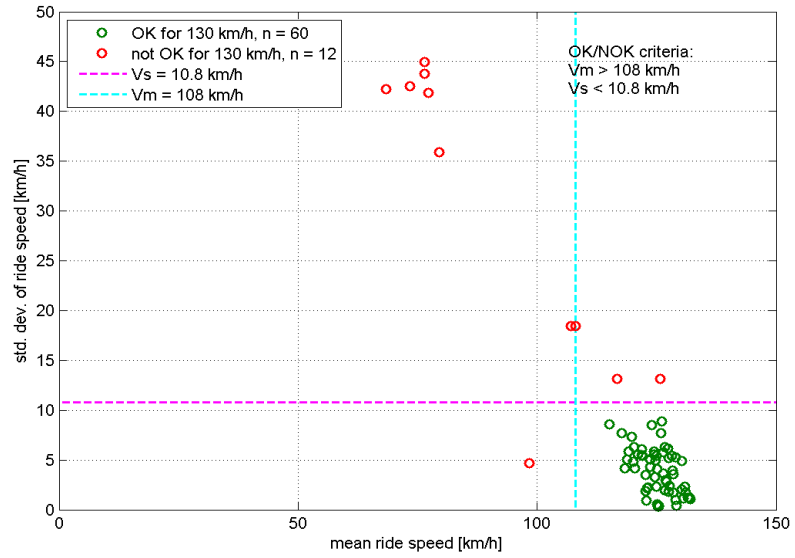
- de snelheidslimiet van 130 km/u van kracht was
- er geen sprake is van congestie.

Daarbij lag de focus op het in kaart brengen van het rijgedrag op de middelste en linker rijstroken, omdat de verwachting was dat het rijgedrag daar meer beïnvloed wordt door de 130 km/u situatie dan het rijgedrag op de rechter rijstrook. Tevens is voor de rechter rijstrook al data met betrekking tot representatief rijden aanwezig vanuit het project Files en Emissies (Gense *et al.*, 2001).

In totaal zijn er 154 ritten gereden. Om ritten te selecteren die representatief zijn voor het rijgedrag tijdens 130 km/u vrije doorstroming, heeft een selectie plaatsgevonden op basis van:

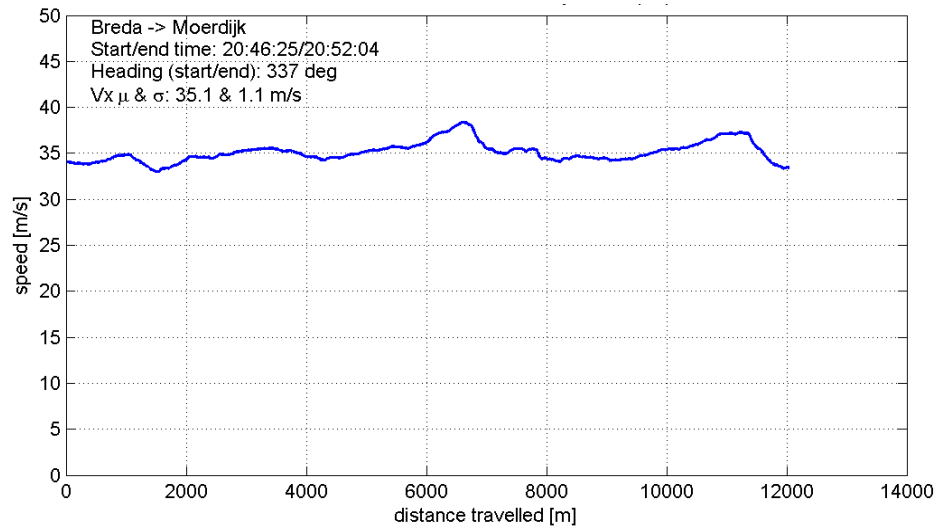
- de gemiddelde snelheid voor de hele rit; deze moet over de hele rit groter zijn dan 108 km/u.
- de standaarddeviatie van de gemiddelde snelheid per rit; deze moet lager zijn dan 10.8 km/u.

Indien de rit buiten de criteria valt wordt de rit als niet representatief beschouwd. In de meeste gevallen is dit vanwege file. Deze selectie is weergegeven in Figuur 5, waarbij de representatieve ritten in groen zijn weergegeven en de niet-representatieve ritten in rood.

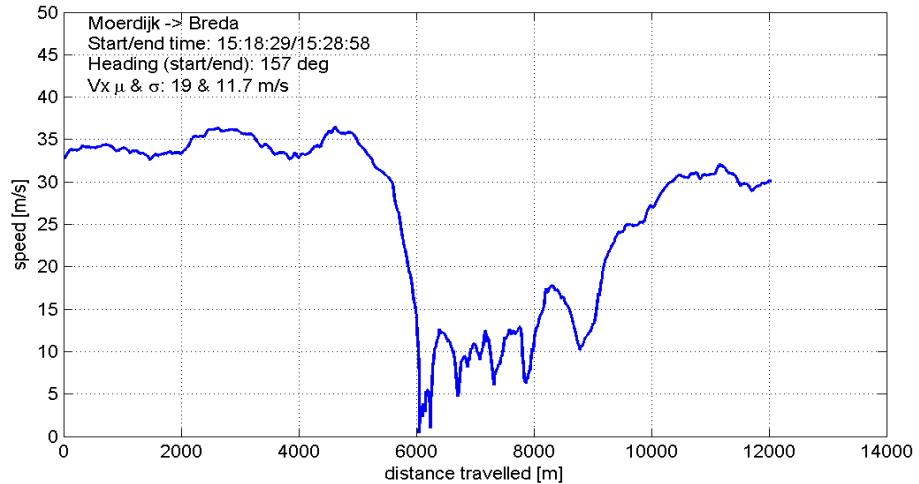


Figuur 5 Selectie van ritten die als representatief worden beschouwd voor 130 km/u vrije doorstroming. De representatieve ritten zijn in groen weergegeven; de niet representatieve ritten zijn rood.

Ter illustratie laten Figuur 6 en Figuur 7 respectievelijk een voorbeeld van een representatieve rit en van een niet-representatieve rit zien.



Figuur 6 Voorbeeld van een representatieve rit op proeftraject langs de A16



Figuur 7 Voorbeeld van een niet-representatieve rit op proeftraject langs de A16

Een overzicht van de representatieve ritten, de gereden afstand en de variatie in gemiddelde snelheid is te vinden in Tabel 8.

Tabel 8 Overzicht gereden ritten op de verschillende proeftrajecten

Proeftraject	Aantal gereden ritten [#]	Totale afgelegde afstand [km]	Gemiddelde ritsnelheid [km/u]	
			Minimaal	Maximaal
A2	81	937	117.7	137.4
A6	12	859	118.6	130.2
A16	36	350	115.2	132.0
Totaal	129	2146	115.2	137.4

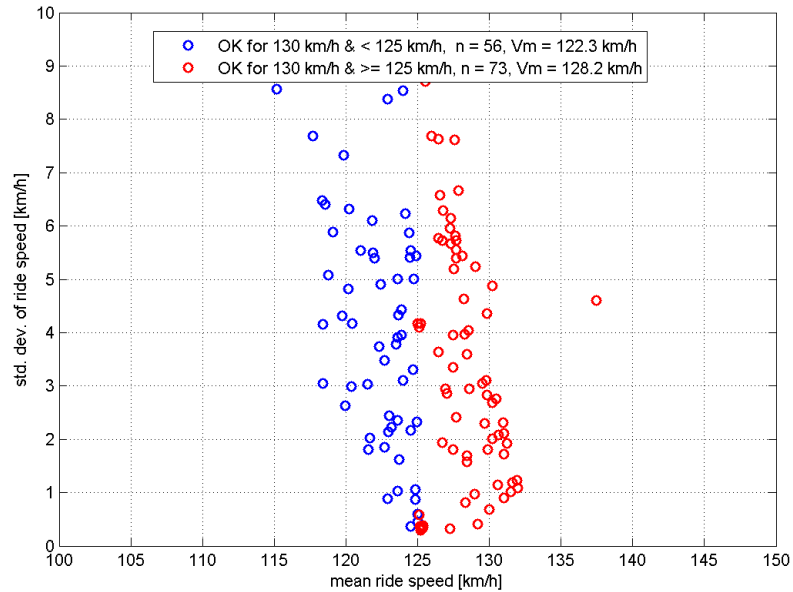
### 3.4 Selectie ritprofielen en vergelijking met lusdata

Op basis van de gemiddelde snelheid voor de proeftrajecten uit de lusdata is een selectie gemaakt uit de reeds bestaande ritprofielen voor 120 km/u en de nieuwe ritprofielen. Daarbij zijn de tijdens deze proef opgenomen ritten ingedeeld naar:

- een gemiddelde snelheid van minder dan 125 km/u
- een gemiddelde snelheid van minimaal 125 km/u

Deze indeling is gemaakt om tot een set ritprofielen te komen waarvan:

- de gemiddelde snelheid overeenkomt met de gemiddelde snelheid voor alle licht wegverkeer uit de lusdata.
- de gemiddelde snelheid van de ritprofielen met de hoogste gemiddelde snelheid overeenkomt met de gemiddelde snelheid van het licht wegverkeer uit de lusdata op de meest linker strook.
- de gemiddelde snelheid van de overige ritprofielen overeenkomen met de gemiddelde snelheid van het licht wegverkeer uit de lusdata voor de overige stroken.



Figuur 8 Overzicht ritten met een gemiddelde snelheid van minder dan 125 km/u (blauw) en meer dan 125 km/u (rood).

De selectie van de ritten is te zien in Figuur 8. In totaal zijn er 56 ritten met een gemiddelde snelheid van minder dan 125 km/u gereden. Deze ritten vormen samen het ritprofiel R130\_M. Voor de overige 73 ritten ligt de gemiddelde snelheid op 125 km/u of hoger. Deze ritten vormen samen R130\_L. Meer details van alle gereden ritten zijn te vinden in bijlage C.

Een overzicht van de verschillende ritprofielen is te vinden in Tabel 9, samen met de weging waarin ze worden toegepast. Voor de weging is de gemiddelde intensiteit van de lusdata als basis genomen. Daardoor is de mate waarin een bepaalde rit wordt meegewogen representatief voor hoeveel het rijgedrag in de praktijk voorkomt.

Tabel 9 Overzicht weging detail emissiefactoren over de verschillende ritprofielen

Ritprofiel	Gemiddelde snelheid [km/u]	Weging [%]	Gemiddelde snelheid gewogen ritprofielen [km/u]	Gemiddelde snelheid lusdata [km/u]
F&E 1C	57,4	1,2 %	116,9	116,9
F&E 2C	96,6	1,5 %		
F&E 2D	112,3	27,6 %		
R130_M	122,3	42,4 %		
R130_L	128,3	27,3 %	128,2	130,3
Totaal	-	-	120,0	120,4

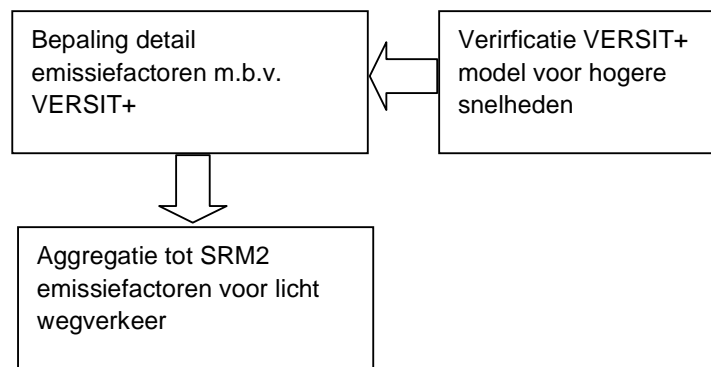
Tabel 9 laat zien dat de gemiddelde snelheid voor de geselecteerde ritprofielen ongeveer gelijk is aan de gemiddelde snelheid die volgt uit de analyse van de lusdata.

## 4 Berekenen van emissiefactoren

### 4.1 Inleiding

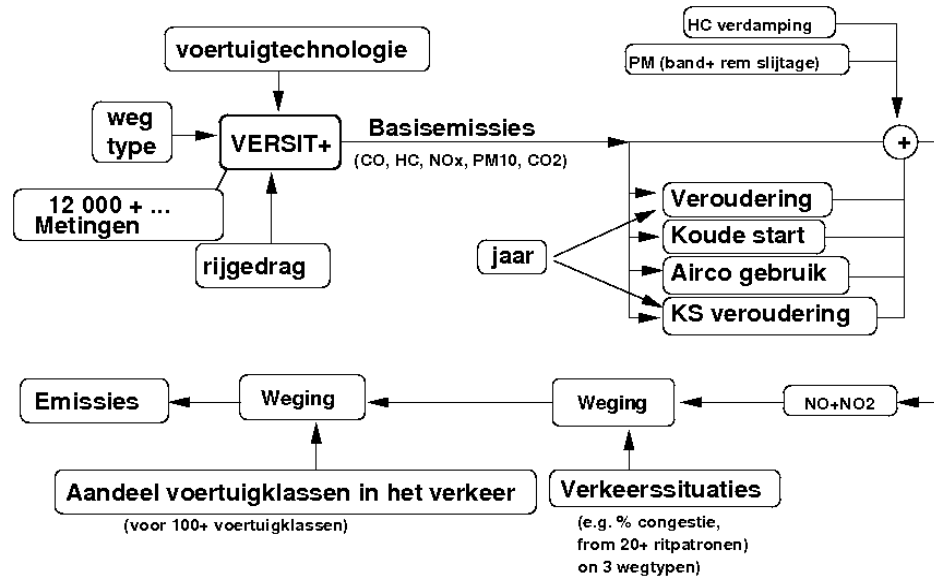
De belangrijkste stappen voor het berekenen van de emissiefactoren zijn weergegeven in Figuur 9. Dit betreft de:

- bepaling van de detail emissiefactoren met behulp van het emissiemodel VERSIT+.
- verificatie van de VERSIT+ detail emissiefactoren voor hogere snelheden, met behulp van meetgegevens.
- aggregatie van de detail emissiefactoren tot emissiefactoren voor licht wegverkeer.



Figuur 9 Schema berekening emissiefactoren

Een uitgebreid schema van de gevolgde methodiek is te zien in Figuur 9. Deze methodiek is identiek aan de berekeningsmethodiek die ook wordt gebruikt voor het berekenen van de emissiefactoren voor de verschillende SRM2 verkeerssituaties. Hierbij moet worden opgemerkt dat niet voor alle voertuigcategorieën correctiefactoren beschikbaar en/of voor alle verkeerssituaties noodzakelijk zijn. Zo wordt veroudering alleen voor benzinevoertuigen toegepast, terwijl de extra emissies voor een koude start niet voor snelwegsituaties van toepassing zijn.

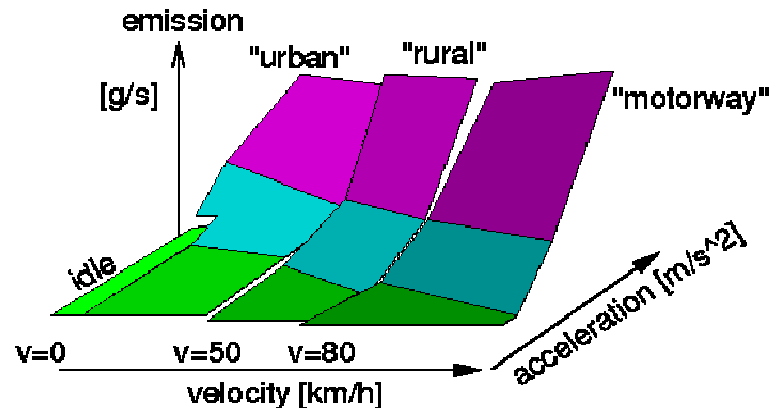


Figuur 10 Een schema van het VERSIT+ model om de gewogen emissiefactoren te berekenen.

#### 4.2 Berekening van detailemissiefactoren

Voor de berekening van de gedetailleerde emissiefactoren is gebruik gemaakt van het door TNO ontwikkelde VERSIT+ emissiemodel.

VERSIT+ LD is een statistisch model waarmee praktijkemissies voor personen- en bestelauto's kunnen worden berekend voor uiteenlopende verkeerssituaties en rijstijlen. Voor iedere voertuigcategorie bevat het model een set emissie-kenvelden die het mogelijk maakt om de momentane emissie als functie van de snelheid en versnelling te bepalen. Een voorbeeld van een emissie-kenveld is te zien in Figuur 11.



Figuur 11 Een voorbeeld VERSIT+ emissiekenveld

Het model wordt gebruikt voor de berekening van de standaard emissiefactoren voor luchtkwaliteitsberekeningen in Nederland die jaarlijks door het ministerie van Infrastructuur en Milieu worden gepubliceerd (Hensema, 2011). Voor meer

informatie over het VERSIT+ emissiemodel wordt verwezen naar Ligterink en de Lange (2009). Met behulp van VERSIT+ zijn, voor iedere voertuigcategorie binnen licht wegverkeer en voor de verschillende ritprofielen die horen bij de 130 km/u verkeerssituatie, detailemissiefactoren berekend.

### 4.3 Weging van emissiefactoren

Om tot geaggregeerde emissiefactoren voor licht wegverkeer voor 130 km/u vrije doorstroming te komen, worden de gedetailleerde emissiefactoren gewogen naar de verschillende ritprofielen en naar de relatieve verkeersprestatie van de voertuigklassen binnen het licht wegverkeer.

De weging over de verschillende ritprofielen is uitgevoerd volgens de in paragraaf 3.4 bepaalde verhoudingen. Deze zijn hieronder nogmaals weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Overzicht ritprofielen en bijbehorende weging over de verschillende ritprofielen

Cyclus	Gemiddelde snelheid [km/u]	Weging [%]	Oorsprong
F&E 1C	57,4	1,2 %	Files & Emissies
F&E 2C	96,6	1,5 %	Files & Emissies
F&E 2D	112,3	27,6 %	Files & Emissies
R130_M	122,3	42,4 %	Nieuw
R130_L	128,3	27,3 %	Nieuw

Weging naar over de verschillende ritprofielen zoals weergegeven in Tabel 10 levert detailemissiefactoren die representatief zijn voor de 130 km/u verkeerssituatie voor vrije doorstroming.

Vervolgens is een aggregatie uitgevoerd op de kilometerprestaties voor de verschillende voertuigcategorieën binnen het licht wegverkeer. Voor de weging is uitgegaan van de kilometerprestaties zoals berekend door het PBL voor de verschillende zichtjaren. Er is hierbij gebruik gemaakt van het BR scenario waarin het vaststaand beleid is meegenomen. Voor meer informatie over de raming van het PBL wordt verwezen naar Velders *et al.* (2011).

### 4.4 Verificatie emissieberekeningen bij hogere snelheden

#### 4.4.1 Vergelijking met DACHNLS meetdata

Zoals beschreven in paragraaf 4.2 is het VERSIT+ model gebaseerd op emissiemetingen aan voertuigen. Deze metingen zijn veelal verricht bij voor de praktijk relevant rijgedrag. Vanwege deze keuze is in de loop der jaren de meeste meetdata verzameld bij snelheden tot de dusver maximale snelheid van 120 km/u of iets daarboven. Dit betekent dat de modellen goed met meetdata ondersteund zijn in dit dynamische regime. Dat de modellen ook voor hogere snelheden, rond 130 km/u, geldig zijn, mag bij de emissieberekeningen voor 130 km/u trajecten niet zonder meer worden aangenomen en moet gecontroleerd worden. Deze validatie is

gedaan door te onderzoeken of een model gebaseerd op meetgegevens bij snelheden tot 130 km/u een goede voorspellende kracht heeft voor snelheden die aan het einde van dit domein liggen.

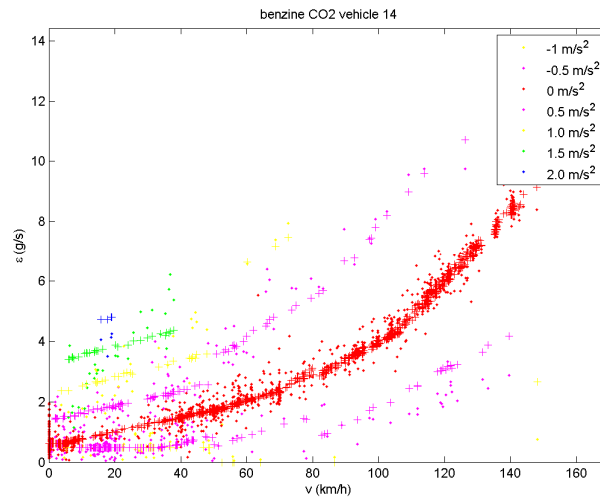
Er is een dataset beschikbaar met tij opgeloste emissiemetingen in het laboratorium voor een grote groep Euro 4 benzine en diesel voertuigen van o.a. de componenten CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> – de DACHNLS database. Deze bevat meetgegevens van verschillende voertuigen tijdens verschillende testcycli met gedeelten waar de voertuigen een snelheid boven 130 km/u hebben. Per voertuig zijn alle meetpunten met een snelheid beneden 130 km/u gebruikt om een kenvel te fitten (in overeenstemming met de CADC-cyclus waarin de maximale snelheid op sommige stukken tot 130 km/u gaat). Meetpunten corresponderend met een snelheid boven 130 km/u zijn niet meegenomen bij de bepaling van het kenvel. Zo is een kenvel bepaald. Vervolgens zijn voor *alle* meetpunten (*beneden* en *boven* de 130 km/u) met dit model de kenvelvoorspellingen berekend.

Voorbeeldresultaten zijn weergegeven in Figuur 16 en Figuur 17. Hierbij is voor een speciale wijze van visualisatie gekozen, die hierna beschreven is. Omdat de emissie zowel van snelheid als van versnelling afhangt, zijn doorsneden van de dataset gemaakt: voor kleine versnellingsintervallen zijn de gegevens behorende bij alle snelheden weergegeven, zie Figuur 12 tot en met Figuur 15. In deze grafieken zijn de punten per versnellingsdomein uitgezet (kleurcodering: zie legenda). Iedere kleur correspondeert met een interval  $[a, a+0.05 \text{ m/s}^2]$ ;  $a$  neemt hierbij de waarden -1; -0,5; 0; 0,5; 1; 1,5; 2  $\text{m/s}^2$  aan. In de grafieken is te zien dat er een duidelijke differentiatie is van de emissies naar de verschillende versnellingsdomeinen. Op deze wijze kan men in een tweedimensionale grafiek het driedimensionale kenvel representeren. De overige resultaten zijn opgenomen in bijlage D.

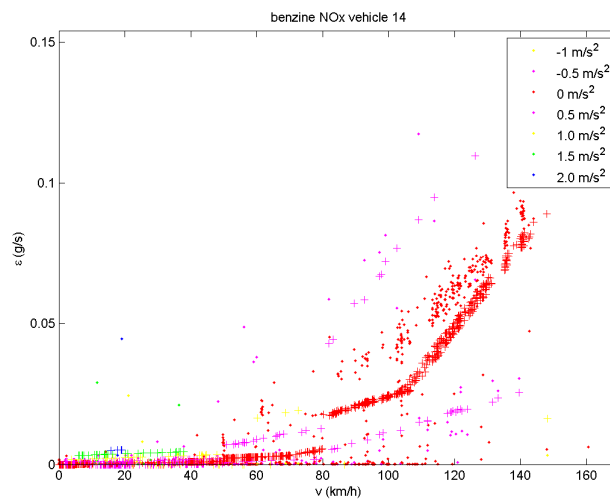
In de figuren valt op dat er buiten het fit bereik t/m 130 km/u weliswaar afwijkingen te zien zijn, maar dat deze voor CO<sub>2</sub> beperkt zijn. Voor NO<sub>x</sub> zijn de afwijkingen groter, maar vooral voor snelheden duidelijk boven de 130 km/u. Daarnaast is te zien dat in het bijzonder voor NO<sub>x</sub> de emissies zeer sterk toenemen met de snelheid vanaf ongeveer 125 km/u.

Uit deze berekeningen kan worden geconcludeerd dat het VERSIT+ model, vooral gebaseerd op meetgegevens met snelheden tot 130 km/u, ook nog goede voorspellingen geeft voor snelheden aan het uiteinde van dit domein. Dit geeft vertrouwen in het gebruik bij snelheden tot 130 km/u van de kenvels in VERSIT, die eveneens op meetgegevens bij snelheden tot 130 km/u zijn gebaseerd.

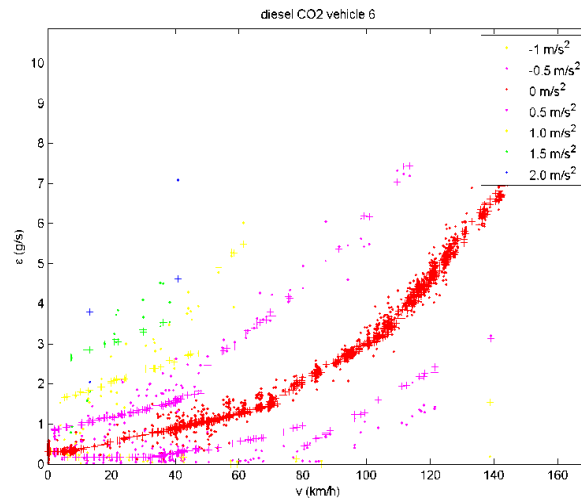




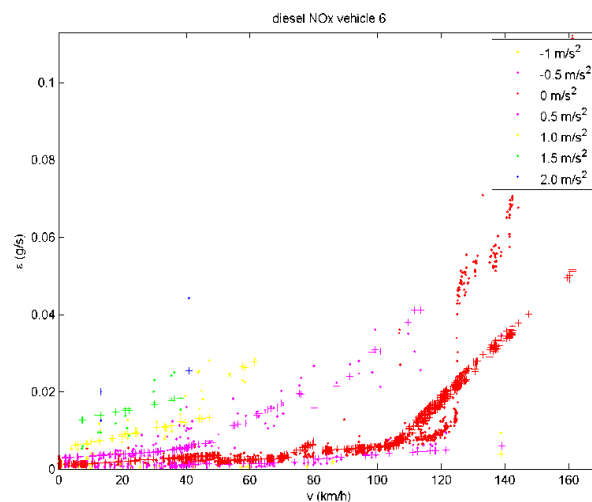
Figuur 12 CO<sub>2</sub> emissie  $\epsilon$  in (g/s) als functie van snelheid  $v$  voor verschillende versnellingen voor een moderne benzine personenauto in de DACHNLS database.



Figuur 13 NO<sub>x</sub> emissie  $\epsilon$  in (g/s) als functie van snelheid  $v$  voor verschillende versnellingen voor een moderne benzine personenauto in de DACHNLS database.



Figuur 14 CO<sub>2</sub> emissie  $\epsilon$  in (g/s) als functie van snelheid  $v$  voor verschillende versnellingen voor een moderne diesel personenauto in de DACHNLS database.



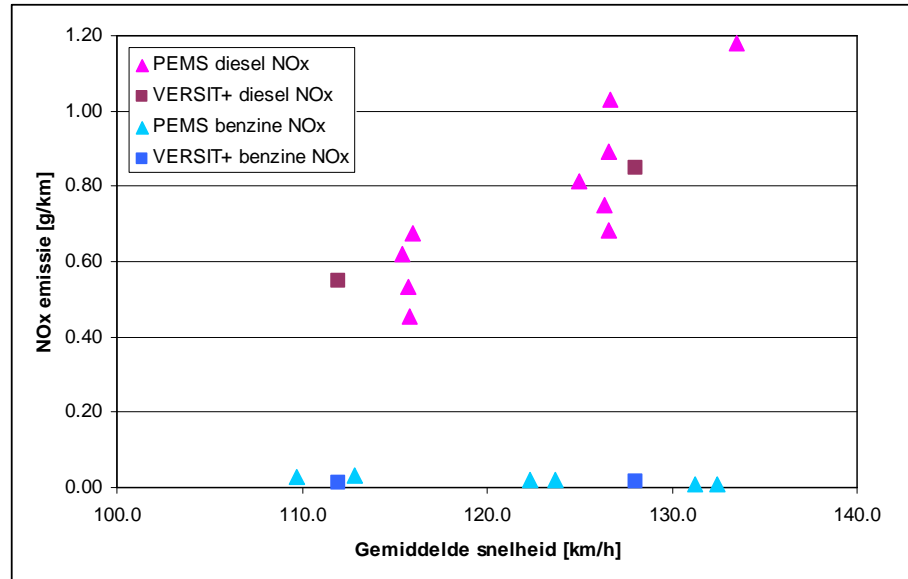
Figuur 15 NO<sub>x</sub> emissie  $\epsilon$  in (g/s) als functie van snelheid  $v$  voor verschillende versnellingen voor een moderne diesel personenauto in de DACHNLS database.

#### 4.4.2 Vergelijking met PEMS data

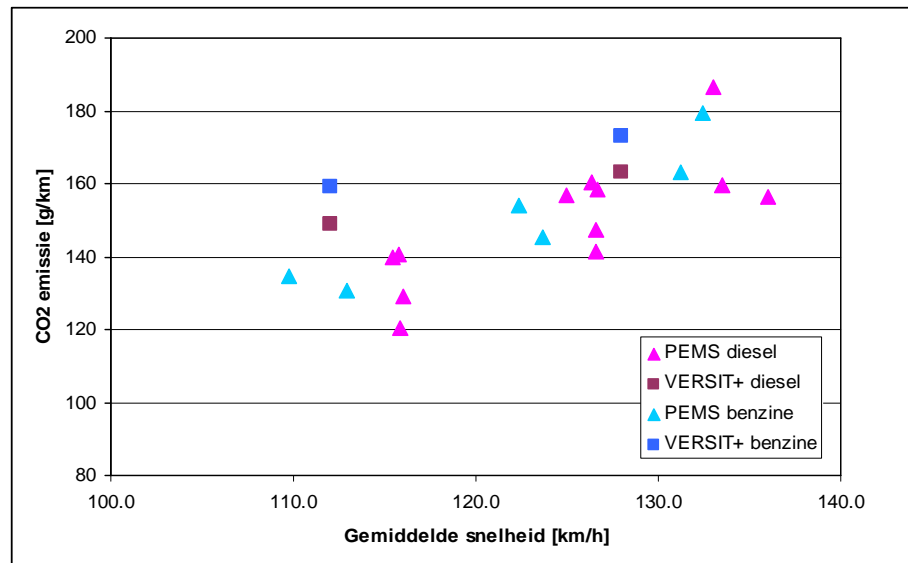
In het steekproefprogramma personenvoertuigen dat voor het ministerie van Infrastructuur en Milieu wordt uitgevoerd, zijn recent enkele voertuigen bemonsterd middels het Portable Emission Measurement System (PEMS). Dit systeem wordt in het voertuig gemonteerd, zodat tijdens het rijden de momentane emissies van het voertuig kunnen worden gemeten. Dit betreft de voor dit onderzoek relevante NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub> emissies. PM emissies (deeltjes) kunnen hiermee niet worden gemeten.

Van een tweetal voertuigen zijn de praktijkemissies gemeten tijdens het rijden op een 130 km/u proeftraject. Dit betreft een moderne diesel personenauto en een kleine moderne benzine personenauto. Beide voertuigen waren Euro 5.

De resultaten van deze metingen zijn vergeleken met de VERSIT+ berekeningen. De resultaten van deze vergelijking zijn opgenomen in Figuur 16 en Figuur 16.



Figuur 16 Vergelijking van de NO<sub>x</sub> emissies van PEMS metingen en VERSIT+ berekeningen voor snelwegen. De PEMS metingen zijn uitgevoerd met een moderne diesel en een moderne benzine personenauto.



Figuur 17 Vergelijking van de CO<sub>2</sub> emissies van PEMS metingen en VERSIT+ berekeningen voor snelwegen. De PEMS metingen zijn uitgevoerd met een moderne diesel en een moderne benzine personenauto

Uit Figuur 16 blijkt dat de met VERSIT+ berekende  $\text{NO}_x$  emissies voor een Euro 5 diesel en benzine personenauto goed overeenkomen met de PEMS meetresultaten wat de absolute waarden betreft. Ook de toename van de  $\text{NO}_x$  emissies met toenemende snelheid laten voor de VERSIT+ berekeningen en de PEMS metingen eenzelfde verloop zien.

Voor de  $\text{CO}_2$  emissies geldt eveneens dat de VERSIT+ berekeningen in overeenstemming zijn met de PEMS metingen (zie Figuur 17). Hierbij liggen de met VERSIT+ berekende emissies wel iets hoger dan de PEMS meetresultaten, wat verklaarbaar is uit het feit dat er met PEMS relatief kleine voertuigen gemeten zijn. Ook de trend lijkt voor de VERSIT+ resultaten iets vlakker te zijn.

Hierbij moet worden opgemerkt dat er tussen verschillende voertuigen een grote variatie in emissieprestaties zit. Met behulp van VERSIT+ wordt een gemiddelde emissie voor een bepaalde voertuigcategorie berekend. De PEMS metingen betreffen echter metingen aan twee specifieke voertuigen. Daarom kan de bovenstaande vergelijking slechts als indicatief worden beschouwd.

## 5 Resultaten

### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zijn de emissiefactoren voor licht wegverkeer voor 130 km/u vrije doorstroming opgenomen. Tevens is een vergelijking gemaakt met de huidige SRM2 emissiefactoren voor snelwegen.

### 5.2 Emissiefactoren voor 130 km/u vrije doorstroming

In Tabel 11 zijn de resulterende emissiefactoren voor licht wegverkeer weergegeven voor NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub>. Tevens zijn de resultaten voor CO<sub>2</sub> opgenomen.

Tabel 11 Emissiefactoren voor licht wegverkeer voor 130 km/uur vrije doorstroming voor de zichtjaren 2010, 2015, 2020 en 2030.

Zichtjaar	Voertuigcategorie*	PM <sub>10</sub> **	PM <sub>2,5</sub> **	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
<b>Snelweg met snelheidsregime 130 km/u vrije doorstroming [g/km]</b>						
2010	licht wegverkeer	0.040	0.028	0.50	0.20	180
2015	licht wegverkeer	0.024	0.012	0.35	0.15	173
2020	licht wegverkeer	0.019	0.007	0.21	0.10	161
2030	licht wegverkeer	0.018	0.006	0.15	0.07	154
<b>Relatieve verschil tussen 130 km/u 120 km/u vrije doorstroming [%]</b>						
2010	licht wegverkeer	2.5%	3.5%	20%	22%	5%
2015	licht wegverkeer	1.5%	2.9%	20%	22%	5%
2020	licht wegverkeer	0.9%	2.3%	20%	22%	5%
2030	licht wegverkeer	0.6%	1.9%	19%	22%	5%

\* Alleen de emissiefactoren voor licht wegverkeer zijn opgenomen. Voor vrachtverkeer zijn de emissiefactoren gelijk verondersteld aan die van de andere snelwegsituaties bij vrije doorstroming. Voor deze groep wordt geen snelheidsverhoging voorgesteld.

\*\* De PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> emissiefactoren zijn een combinatie verbranding en slijtage van banden, remmen en wegdek.

In Tabel 11 is te zien dat vooral voor de NO<sub>x</sub> en directe NO<sub>2</sub> emissies een belangrijke verhoging (ca. 20%) te zien is ten opzichte van de 120 km/u situatie. De PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub> emissies laten met minder dan 4 % een geringe een toename zien, terwijl voor CO<sub>2</sub> de emissiefactor met ongeveer 5 % toeneemt ten opzichte van de 120 km/u situatie met vrije doorstroming.

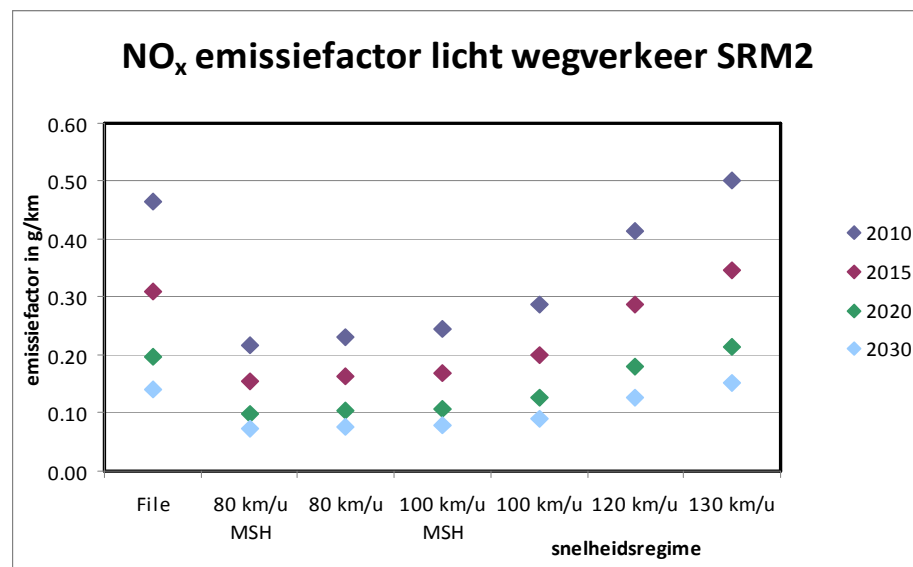
Met toenemende zichtjaren vindt er een duidelijke afname van alle emissie componenten plaats door het beschikbaar komen van schonere en zuinigere voertuigen. De verschoning (voor NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> en PM<sub>2.5</sub>) speelt zich echter vooral af tussen 2010 en 2020, terwijl er tussen 2020 en 2030 sprake is van een kleinere afname. Dit komt omdat er in de detailemissiefactoren vanuit is gegaan dat er na Euro 6 / Euro VI geen verdere verschoning plaatsvindt. Voor de CO<sub>2</sub> emissie is de verwachting dat de reductie op voertuigniveau zich ook na 2020 nog doorzet.

### 5.3 Vergelijk $\text{NO}_x$ , $\text{NO}_2$ , $\text{PM}_{10}$ en $\text{PM}_{2.5}$ emissiefactoren voor SRM2 verkeerssituaties en voor 130 km/u

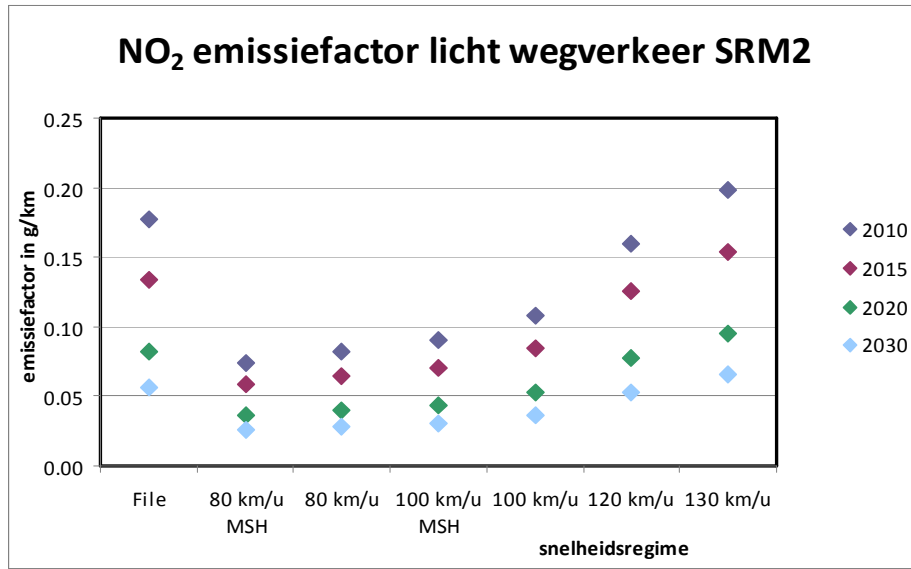
In Figuur 18 tot en met Figuur 21 is een vergelijking opgenomen van de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  en  $\text{PM}_{2.5}$  emissiefactoren voor 130 km/u en voor de verschillende SRM2 verkeerssituaties:

3. File
4. 80 km/u met strikte handhaving
5. 80 km/u zonder strikte handhaving (formeel geen SRM2 verkeerssituatie)
6. 100 km/u met strikte handhaving
7. 100 km/u zonder strikte handhaving
8. 120 km/u

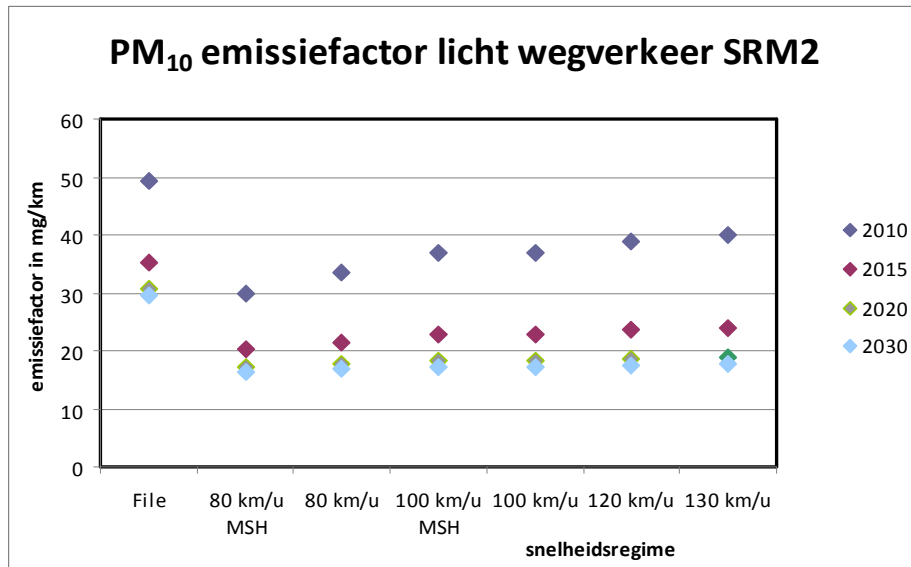
Deze figuren geven een goed inzicht in het verloop van de emissiefactoren over de verkeerssituatie met toenemende gemiddelde snelheid. Tevens is het verloop over de verschillende zichtjaren (van 2010 tot en met 2030) weergegeven. Ook in deze figuren valt op dat de  $\text{NO}_x$  en de  $\text{NO}_2$  emissie een sterk stijgende lijn laten zien met toenemende snelheid, terwijl de PM emissies een veel vlakker verloop laten zien.



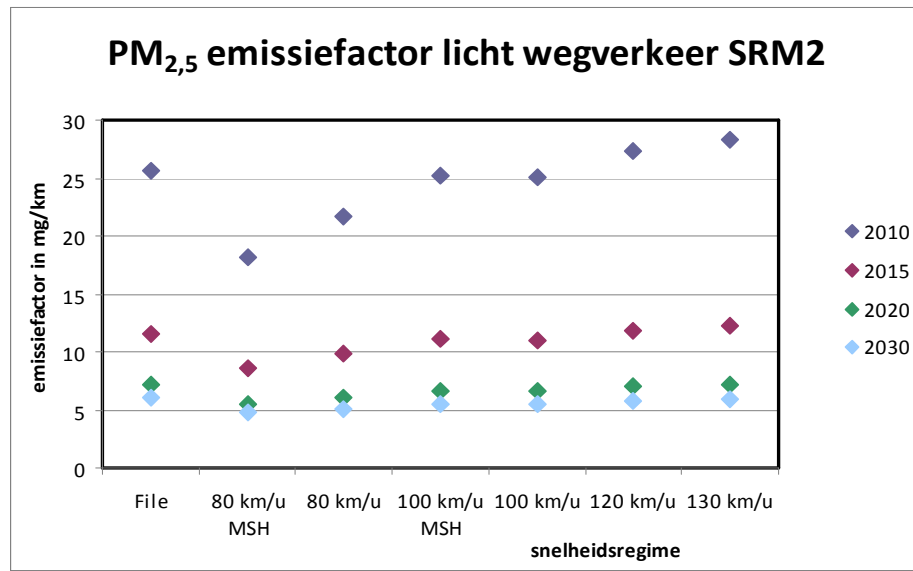
Figuur 18  $\text{NO}_x$  emissiefactor voor licht wegverkeer voor verschillende SRM2 verkeerssituaties en verschillende zichtjaren



Figuur 19 NO<sub>x</sub> emissiefactor voor licht wegverkeer voor verschillende SRM2 verkeerssituaties en verschillende zichtjaren



Figuur 20 NO<sub>x</sub> emissiefactor voor licht wegverkeer voor verschillende SRM2 verkeerssituaties en verschillende zichtjaren



Figuur 21 NO<sub>x</sub> emissiefactor voor licht wegverkeer voor verschillende SRM2 verkeerssituaties en verschillende zichtjaren



## 6 Discussie en conclusies

*Emissiefactoren voor 130 km/u snelwegen* - In deze studie zijn  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  en  $\text{CO}_2$  emissiefactoren bepaald voor licht wegverkeer voor de 130 km/u situatie op Nederlandse snelwegen. Deze emissiefactoren zijn bepaald met behulp van het VERSIT+ emissiemodel. Met behulp van deze emissiefactoren kan in vervolgonderzoek het effect van een 130 km/u snelheidslimiet op de lokale luchtkwaliteit en op de totale emissies door het Nederlandse wagenpark nader worden onderzocht.

Voor het berekenen van de emissiefactoren voor  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  en  $\text{PM}_{2.5}$  is de methodiek toegepast die wordt gebruikt voor het berekenen van SRM2 emissiefactoren voor andere verkeerssituaties op Nederlandse snelwegen. Voor het berekenen van de  $\text{CO}_2$  emissiefactoren is dezelfde methodiek toegepast. Echter, de  $\text{CO}_2$  emissiefactoren zelf maken geen onderdeel uit van de officiële SRM2 methodiek en zijn niet eerder opgeleverd. Daarom moeten de hier berekende  $\text{CO}_2$  emissiefactoren als indicatief worden beschouwd.

De resultaten van dit onderzoek zijn met een forse stijging voor  $\text{NO}_x$  en een veel kleinere stijging voor  $\text{CO}_2$  en met name voor  $\text{PM}_{10}$ , in lijn met de indicatieve cijfers uit eerder onderzoek (Lange en Verbeek, 2010). In dit onderzoek werd ongeveer 25 % toename van de  $\text{NO}_x$  emissiefactor voor licht wegverkeer berekend. De  $\text{PM}_{10}$  kwam uit op enkele procenten, terwijl de toename van  $\text{CO}_2$  emissie rond de 7 % lag. Aan dit onderzoek lag echter geen set van representatieve ritprofielen en lusdata ten grondslag.

De forse stijging van de  $\text{NO}_x$  en de  $\text{NO}_2$  emissies ten opzichte van de 120 km/u situatie wordt vooral veroorzaakt door de dieselloertuigen. Voor moderne diesel personen- en bestelvoertuigen ligt deze toename voor de 130 km/u situatie in de orde van 20-25 %. Een mogelijke reden voor deze toename is dat boven de 120 km/u de uitlaatgasrecirculatie (EGR) uitgeschakeld wordt zodat de motor meer op verbruik of prestaties kan worden geoptimaliseerd. Hierdoor neemt de temperatuur in de verbrandingsruimte toe waardoor er meer  $\text{NO}_x$  geëmitteerd wordt. Voor autofabrikanten is er op dit moment geen reden om in dit gebied de  $\text{NO}_x$  emissie te beperken, omdat snelheden boven de 120 km/u niet voorkomen in de typekeur test.

Ook de directe  $\text{NO}_2$  laat een forse toename zien. Gezien de toename van de  $\text{NO}_x$  is dit ook de verwachting. In het model is er een lineaire relatie tussen de  $\text{NO}_x$  emissie en de  $\text{NO}_2$  emissie verondersteld. Echter, in de praktijk is deze relatie mogelijk complexer die niet in het model zijn verwerkt. Dit betreft dan bijvoorbeeld de invloed van de temperatuur maar ook van de verblijftijd van de uitlaatgas in de oxidatiekatalysator op de omzetting van  $\text{NO}$  naar  $\text{NO}_2$ . Verwacht wordt dat het verschil tussen de 120 km/u situatie en de 130 km/u klein is, waardoor de verhouding  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  relatief constant is.

*Representatief rijgedrag en emissieprestaties beiden belangrijk* - Vanwege het ontbreken van inzicht in representatief rijgedrag bij 130 km/u is dit in deze studie een belangrijk aandachtspunt geweest. Met behulp van de lusdata is een set ritprofielen en bijbehorende weegfactoren bepaald die representatief zijn het

rijgedrag op 130 km/u trajecten op Nederlandse snelwegen. Deze set is gebruik voor het berekenen van de emissiefactoren.

In deze studie is de betrouwbaarheid het VERSIT+ emissiemodel bij hogere snelheden geverifieerd aan de hand van gemeten emissies van moderne personenvoertuigen. Het verkrijgen van extra meetresultaten m.b.t. de emissieprestaties van moderne personen- en bestelvoertuigen is echter niet meegenomen. Gezien de beperkte beschikbaarheid van emissiemetingen bij hogere snelheden, en de mogelijke afhankelijkheid van technologie die zich snel ontwikkeld, is het gewenst om in de huidige en toekomstige emissiemeetprogramma's de parktijkemissies te meten in situaties die representatief zijn voor de 130 km/u snelwegsituatie. De daaruit beschikbaar komende emissiegegevens kunnen dan vervolgens gebruikt worden voor een VERSIT+ emissiemodel up-to-date te houden voor het berekenen van emissiefactoren bij hogere snelheden zoals 130 km/u.

*Rijgedrag vrachtverkeer bij vrije doorstroming identiek* - In dit onderzoek is bewust de keuze gemaakt om de focus te leggen bij het licht wegverkeer (personen- en bestelvoertuigen). Dit is gedaan omdat de verwachting was dat het middelzware en zware verkeer (vrachtvoertuigen) in de 130 km/u snelwegsituatie rijgedrag zouden vertonen dat niet tot nauwelijks afwijkt van de andere snelwegsituaties bij vrije doorstroming. Gezien de gemiddelde snelheid van vrachtverkeer die voor en na de invoering van de maximum snelheid van 130 km/u vrijwel identiek is, lijkt het rijgedrag van middelzwaar en zwaar verkeer niet te worden beïnvloed.

Tevens is niet naar filesituaties gekeken. Het rijgedrag in filesituaties zal niet beïnvloed worden door de ter plaatse geldende maximum snelheid en dus overeenkomen met de al bestaande filesituatie in SRM2. Hiervoor bestaan al emissiefactoren. Daarbij geldt (momenteel) ook dat voor proeftrajecten, de 130 km/u alleen van toepassing is indien de verkeersdrukke dit toelaat.

## 7 Referentie

- Gense, R., van de Burgwal, H., Bremmers, D. (2001), *Emissies en files – Bepaling van emissiefactoren, eindrapportage fase 2*, TNO rapport 01.OR.VM.043.1/NG
- Gense, R., Wilmink, I., van de Burgwal, H. (2001), *Emissions and congestion – Estimation of emissions on road sections and the Dutch motorway network*, TNO rapport 01.OR.VM.044.1/NG.
- Hensema, A., Lange, R. de, (2011), *VERSIT+ emissiefactoren voor standaard rekenmethode 1 en Nederlandse snelwegen*, Delft , TNO-rapport (concept).
- Lange, R. de, Ligterink, N. (2008), *VERSIT+ emissie factoren voor standaard rekenmethode 1 en NL snelwegen*, Delft: TNO-rapport MON-RPT-033-DTS-2008-01376.
- Lange, R., (2010), *Toename NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> emissiefactoren van lichtwegverkeer door verhoging van de snelheidslimiet naar 130 km/u*, Notitie binnen opdracht onder Maatwerk Verkeersemissies voor het ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- Ligterink, N., Lange, R. de (2009), *Refined vehicle and driving-behaviour dependencies in the VERSIT+ emission model*, 17th International Transport and Air Pollution Conference. Toulouse.
- Rijkswaterstaat (2011), *Evaluatie 130Dynamax, vraagspecificatie*
- Velders, G., Aben, J., Jimmink, B., Swaluw, E. van der, Vries, W. (2011), *Grootschalige concentratie en depositiekaarten Nederland*, RIVM rapport 680362001/2011.

## 8 Lijst met afkortingen

Afkorting	Korte beschrijving
EGR	Uitlaatgas recirculatie. Dit is een nabehandelingstechnologie om met name de NO <sub>x</sub> emissies van dieselloertuigen te reduceren
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving
PEMS	Portable Emission Measurement System
SRM1	Standaard RekenMethodiek 1. Dit is de voorgeschreven methodiek om luchtkwaliteitsberekeningen te maken langs wegen met bebouwing (toepassingsbereik is vooral binnenstedelijk)
SRM2	Standaard RekenMethodiek 2. Dit is de voorgeschreven methodiek om luchtkwaliteitsberekeningen te maken langs wegen zonder bebouwing (toepassingsbereik is vooral langs snelwegen)

Tabel 12 Lijst met gebruikte afkortingen

## 9 Ondertekening

Delft, 8 november 2011

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gerben Passier', with a long horizontal flourish extending to the right.

Gerben Passier  
Afdelingshoofd

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ronald de Lange', with a long horizontal flourish extending to the right.

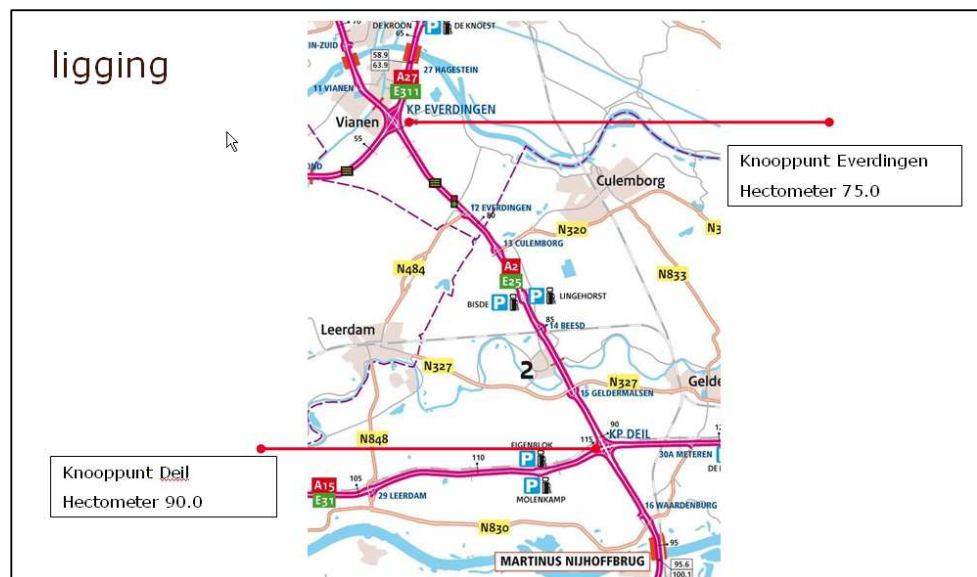
Ronald de Lange  
Projectleider

## A Proeftrajecten 130 km/u op de A2, A6, A7 en A16

De informatie in deze bijlage is overgenomen uit de vraagspecificatie "Evaluatie 130DynaMax" van Rijkswaterstaat.

### A2 knooppunt Everdingen – knooppunt Deil

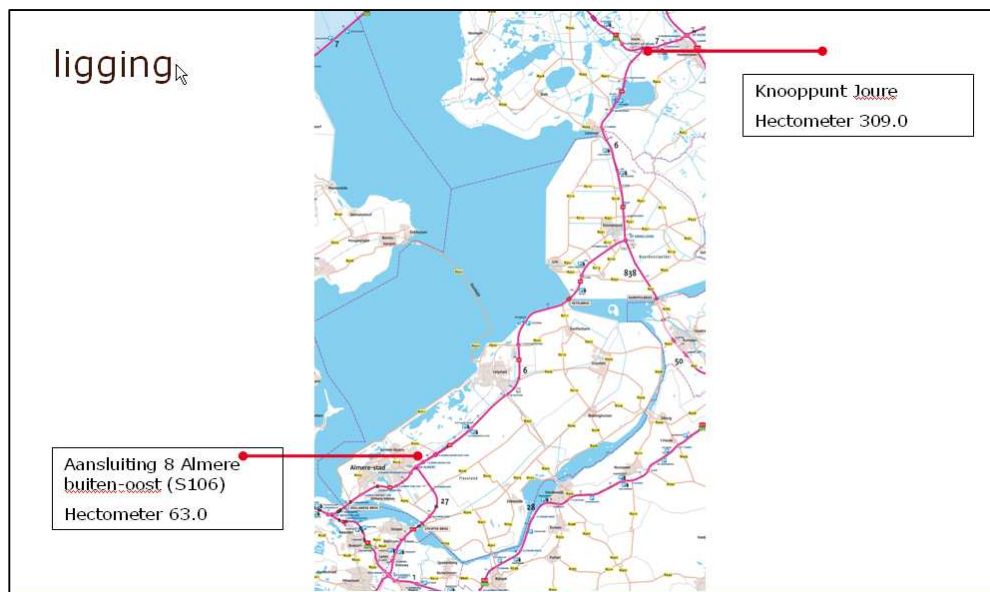
Op het hele traject 130 km/u dynamisch invoeren met behulp van de signalering. Indien de IC-waarde van 0.8 wordt overschreden de snelheid m.b.v. de signalering terugbrengen naar 100 km/u. Dat wil zeggen dat indien de verhouding tussen beschikbare ruimte (capaciteit) en verkeersvraag (intensiteit) groter wordt dan 80% van de beschikbare capaciteit de snelheid wordt verlaagd. De uitvoering zal gebeuren op 2 deeltrajecten (de knip ligt bij aansluiting Culemborg) aangezien de verkeersvraag op beide deeltrajecten significant verschilt.



Eigenschap	omschrijving
Doel proef	Invoeren 130 dynamisch signalering
Locatie	A2 km 75.2 - 90.2 (beide richtingen)
Huidige maximumsnelheid	120 km/u
Uitzonderingen	geen
Regelstrategie	130 km/u m.u.v. de periodes waarbij de IC-verhouding 0.8 wordt overschreden

### A6 knooppunt Almere – knooppunt Joure

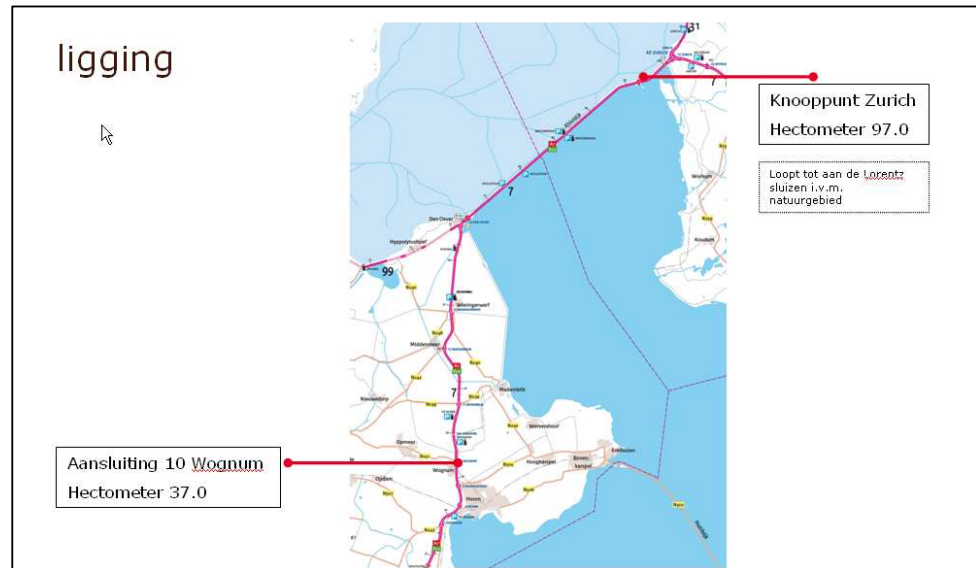
Op dit traject zal de snelheid dynamisch 130 km/u zijn. Door middel van een tijdsvenster wordt aan de weggebruiker duidelijk gemaakt welke maximumsnelheid op welk moment geldt. Dit komt er op neer dat in de avond en de nacht de maximumsnelheid 130 km/u is.



Eigenschap	omschrijving
Doel proef	Invoeren 130 dynamisch met tijdsvensters
Locatie	A6 km 62.1 - 309.0 (beide richtingen)
Huidige maximumsnelheid	120 km/u
Uitzonderingen	Knooppunt Emmeloord, aangepaste snelheid volgens geldend regime
Regelstrategie	130 km/u in de avond en de nacht (19-6 h)

**A7 aansluiting Wognum (10) – afsluitdijk (Lorentzsluizen)**

Op dit traject zal de snelheid permanent naar 130 km/u worden verhoogd.

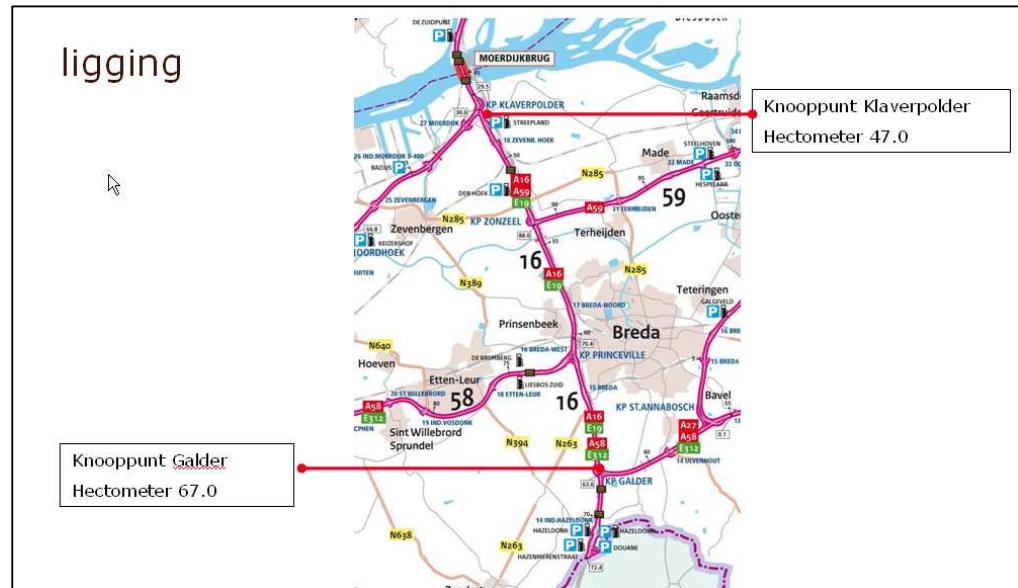


Eigenschap	omschrijving
Doel proef	Invoeren 130 permanent
Locatie	A7 km 37.1 - 95.6 (beide richtingen)
Huidige maximumsnelheid	120 km/u
Uitzonderingen	Stevinsluizen, aangepaste snelheid volgens geldend regime
Regelstrategie	Permanent 130



### A16 knooppunt Klaverpolder – knooppunt Galder

Op het hele traject 130 km/u dynamisch invoeren met behulp van de signalering. Indien de IC-waarde van 0.8 wordt overschreden de snelheid m.b.v. de signalering terug brengen naar 90km/u of 100 km/u. Dat wil zeggen dat indien de verhouding tussen beschikbare ruimte (capaciteit) en verkeersvraag (intensiteit) groter worden dan 80% van de beschikbare capaciteit de snelheid wordt verlaagd. De uitvoering zal gebeuren op 2 deeltrajecten (de knip ligt bij knooppunt princeville, A58) aangezien de verkeersvraag op beide deeltrajecten significant verschilt.



Eigenschap	omschrijving
Doel proef	Invoeren 130 dynamisch signalering
Locatie	A16 km 45.5 – 66.7 (beide richtingen)
Huidige maximumsnelheid	100 km/u tussen Klaverpolder en Princeville 120 km/u tussen Princeville en Galder
uitzonderingen	geen
regelstrategie	130 km/u m.u.v. de periodes waarbij de IC verhouding 0.8 wordt overschreden

## B Meetplan inwinnen ritdata

### Data inwinning

Voor het vaststellen van het effect van het verhogen van de maximum snelheid naar 130 km/u wordt een meetprogramma uitgevoerd voor het bepalen van het rijgedrag. Het rijgedrag vormt de basis voor het vaststellen van nieuwe 130 km/u emissiefactoren. In het meetprogramma worden gegevens over de gemiddelde snelheid van de voertuigvloot en van de individuele voertuigdynamiek verzameld. Hiervoor worden twee bronnen gebruikt, namelijk:

- Meetlussen in de weg
- Individuele voertuigmetingen.

*Lusdata* - Meetlussen in de weg registreren de snelheid van ieder passerende voertuig en het totaal aantal passerende voertuigen per tijdseenheid. (De data wordt meestal op één of 5 minuten niveau geaggregeerd). Lusdata geven inzicht in de gemiddelde snelheid en de variatie in de gemiddelde snelheid van de voertuigvloot op een bepaald traject.

TNO de beschikking krijgen over gegevens per rijbaan uit lussen. Dit betreft 5 minuten gemiddeldes per rijbaan, uitgesplitst naar licht en zwaar wegverkeer van de trajecten waar de ritprofielen worden verzameld. Hieruit worden volgende gegevens afgeleid:

- Verdeling licht, middelzwaar en zwaar vrachtverkeer
- Gemiddelde snelheid tijdens de "free flow" situatie. De lusdata gegevens moeten per minuut geleverd worden. Indien mogelijk moeten de lusdata gegevens helemaal niet gemiddeld worden maar worden de individuele voertuigsnelheden geleverd.

Voor een betrouwbaar beeld is voor ieder traject op de genoemde snelwegen lusdata van minimaal 10 representatieve werkdagen vóór de invoering en 10 werkdagen ná invoering van de maatregelen noodzakelijk.

*Individuele ritdata* - De dynamiek van de individuele voertuigen kan niet met behulp van de lusdata vastgesteld worden. Hiervoor zijn metingen van het snelheidsverloop van de individuele voertuigen over een traject nodig. Praktisch gezien is het niet mogelijk ieder individueel voertuig te monitoren maar moet met een beperkt aantal voertuigen een representatief beeld verkregen worden. Om te waarborgen dat de verzamelde ritdata representatief is voor de totale passerende voertuigvloot is het noodzakelijk met verschillende chauffeurs en verschillende voertuigen (klein/groot en met hoge en lage motorisering) data in te winnen.

Voor het verzamelen van ritdata wordt een groep van vier personen geselecteerd. Deze groep wordt voorzien van speciale TomTom navigatiesystemen waarmee uiteindelijk nauwkeurig de momentane snelheid en acceleratie van de betreffende voertuigen bepaald kan worden. Deze groep levert over een periode van 2 werkdagen met per dag 2 uur op het traject rijden ongeveer 16 uur ritdata op. Hierbij zullen de rijtijden zodanig worden gekozen dat er naar verwachting voornamelijk sprake zal zijn van verkeerssituaties die representatief zijn voor 'vrije

doorstroming' en 'medium interaction' terwijl de op dat moment geldende snelheidslimiet 130 km/u is. De metingen worden in totaal op drie locaties uitgevoerd, waardoor in totaal 48 uur data opgenomen wordt. De bestaande emissiefactoren zijn meestal gebaseerd op minimaal een tiental uren ritdata.

Concreet wordt ná invoering van de 130 km/u maatregel het volgende gemeten:

- Vier automobilisten worden geselecteerd en zullen in 4 verschillende voertuigen achtereenvolgens op de A2, A6 en A16 rijden. De voertuigen zijn voorzien van speciale, aangepaste navigatie-meetsystemen.
- Deze navigatie systeem loggen de positie (X,Y,Z) met een frequentie van 1 Hz, en de versnelling (Ax, Ay, Az) met een frequentie van 10 Hz. Speciale software combineert de GPS positie en de direct gemeten versnellingen via Kalman filtering tot een nauwkeurig positie, snelheid en versnelling met een frequentie van 10 Hz. Op de A2, A6, en A16 wordt 16 uur ritdata ingewonnen, in totaal komt dan 48 uur ritdata voor de 130 km/u vrije doorstroming (en indien mogelijk 'medium interaction') situatie(s) beschikbaar.

*Aannames* - Voor de bepaling van het effect van de maatregel op verkeersemissies worden de volgende aannames gedaan:

- 1) De dynamiek op de rechter rijstrook verandert niet ten gevolge van de maatregel, de duur van de file op de rechter rijstrook kan uiteraard wel veranderen.
- 2) De dynamiek van het lichte wegverkeer op de linker rijstrook verandert ten gevolge van de maatregel wel, voor het eventuele zware verkeer op de linker rijstrook verandert de dynamiek niet.

Deze aannames zullen met behulp van de lusgegevens worden geverifieerd.

### **Data analyse**

*Lusdata*- De ingewonnen lusdata (10 dagen vóór en 10 dagen ná invoering van de maatregel) wordt gebruikt voor analyse van de gemiddelde rij snelheden vóór en ná invoering van de 130 km/u maatregel en de variatie daarin. De analyse van de lusdata moet antwoord geven op de vraag of en in welke mate automobilisten daadwerkelijk sneller gaan rijden. Bovendien wordt de lusdata gebruikt om de gemeten individuele ritdata te beoordelen op representativiteit.

*Individuele ritdata*- Na afronding van het meetprogramma is in totaal 48 uur ritdata voor de 130 km/u situatie beschikbaar. Deze data, nauwkeurige snelheid-tijd profielen van personenvoertuigen, zal allereerst gecontroleerd worden. Per individuele rit worden een aantal parameters berekend (o.a. gemiddelde en maximale snelheid en acceleratie) en worden grafieken gemaakt. Hieruit worden een beperkt aantal representatieve ritten worden geselecteerd die samen representatief rijgedrag bij een snelheidslimiet van 130 km/u beschrijven.

Met behulp van het emissie model VERSIT+ kan op basis van de ritdata vervolgens voor iedere voertuigcategorie binnen lichtwegverkeer in het Nederlandse wagenpark emissiefactoren voor 130 km/u berekend worden. Na weging met

voertuigkilometers (aangeleverd door het PBL) worden vervolgens algemene 130 km/u emissiefactoren afgeleid.

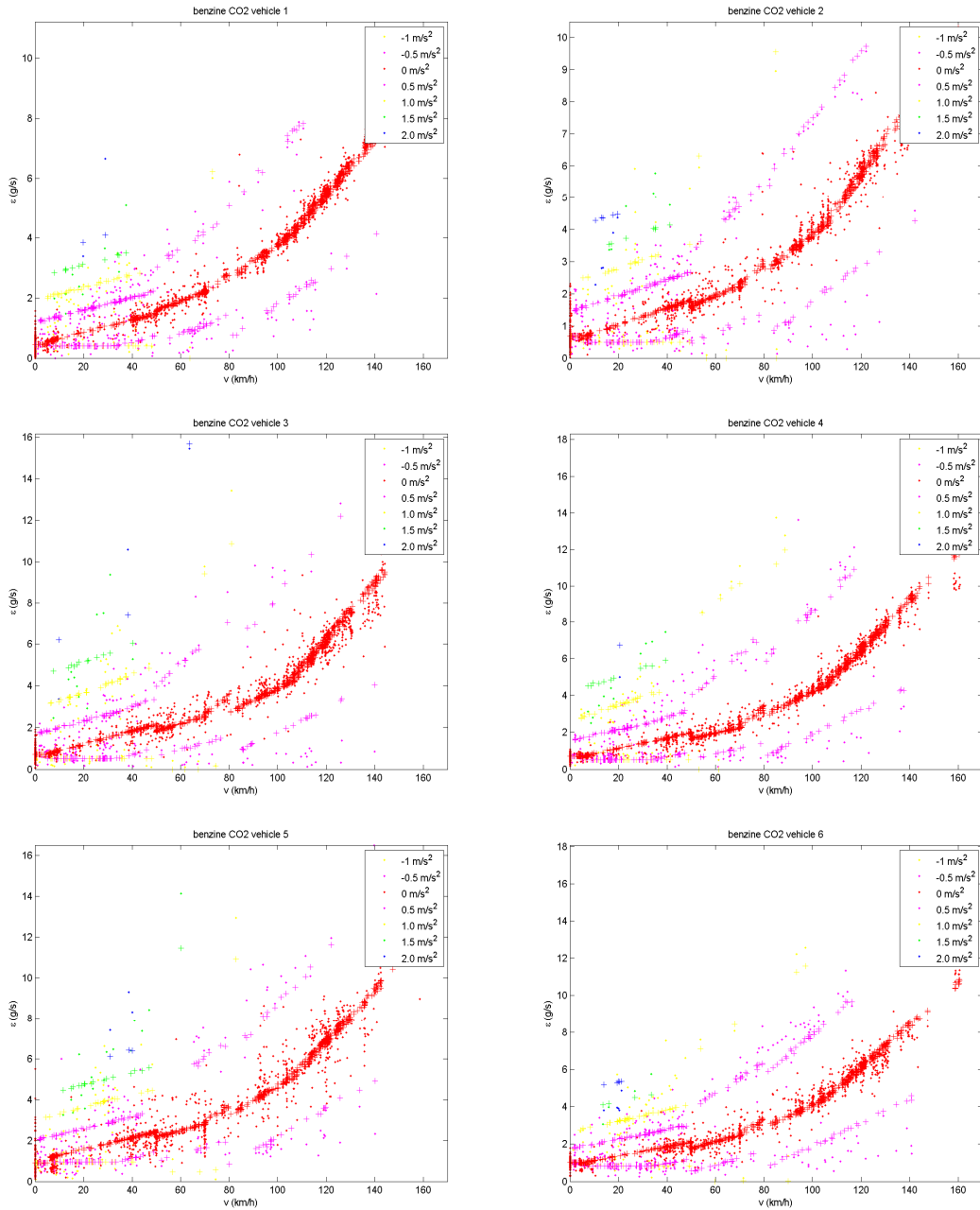
## C Overzicht verzamelde ritdata

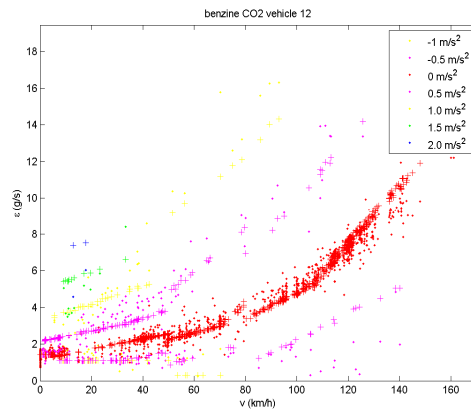
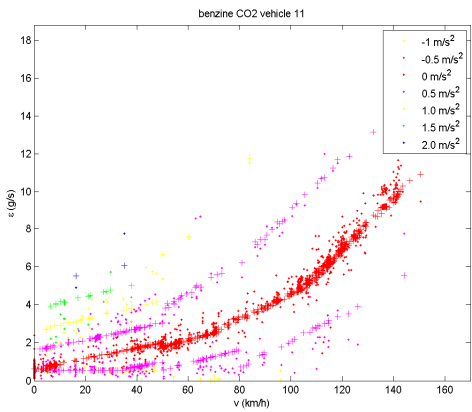
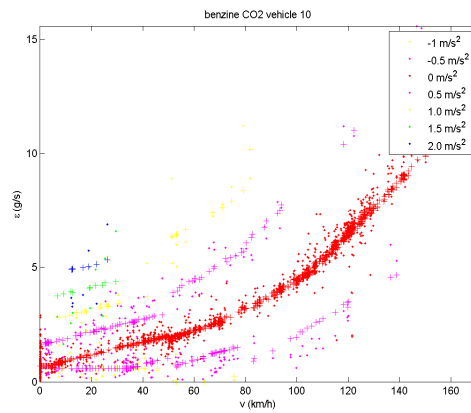
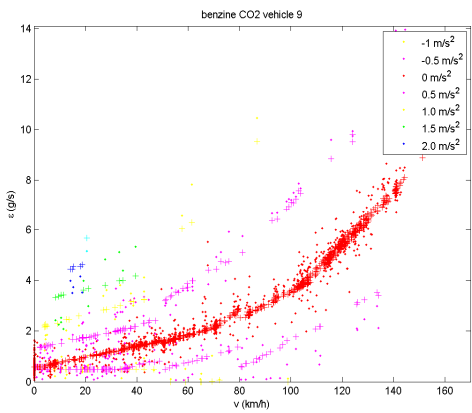
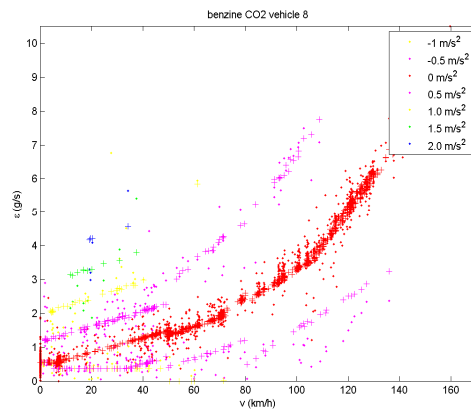
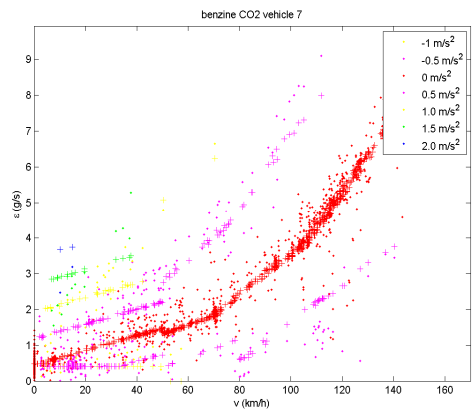
traject	ride nr. (abs)	ride nr. (rel)	Hd Index	Heading deg_N	Distance m	Travelttime s	V_mean km/h	V_st.dev. km/h	Use or not 1=Y, 0=N	Used for	filename
Moerdijk -> Breda	1	1	1	154	7801.1	226.1	122.7	1.9	1	R130_M	PosData-20110705-170942_rides.mat
Breda -> Moerdijk	2	2	2	333.9	7804.9	201.2	137.4	4.6	1	R130_L	TT1(0114)
Moerdijk -> Breda	3	3	1	153.9	7804	224.8	123	2.1	1	R130_M	A16
Moerdijk -> Breda	4	1	1	153.9	7804.1	217.6	127.7	2.4	1	R130_L	PosData-20110705-172913_rides.mat
Breda -> Moerdijk	5	2	2	334	7798.7	213.4	129.9	1.8	1	R130_L	TT2(1075)
Moerdijk -> Breda	6	3	1	154	7799.3	215.3	128.5	3.6	1	R130_L	A16
Breda -> Moerdijk	7	4	2	334	7799.5	216.6	127.7	5.7	1	R130_L	
Breda -> Moerdijk	8	1	2	334	7796.3	233.7	118.4	3	1	R130_M	PosData-20110705-183751_rides.mat
Moerdijk -> Breda	9	2	1	153.9	7806.7	220.8	125.8	13.2	0	Not used	TT1(0114)
Breda -> Moerdijk	10	3	2	334	7797.7	217.1	127.5	4	1	R130_L	A16
unknown start &/or end	11	1		87.3	21612.4	797.4	96.5	45.3	0	Not used	PosData-20110707-100300_rides.mat
Moerdijk -> Breda	12	2	1	156.9	12043.9	343.1	125.1	4.1	1	R130_L	TT3(1177)
Breda -> Moerdijk	13	3	2	336.9	12039.8	337.9	126.7	5.7	1	R130_L	A16
Moerdijk -> Breda	14	4	1	156.9	12049.5	353.4	121	5.5	1	R130_M	
Breda -> Moerdijk	15	5	2	336.9	12041.1	352.6	121.5	1.8	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	16	6	1	156.9	12049.8	357.2	120.2	6.3	1	R130_M	
Breda -> Moerdijk	17	7	2	336.9	12043.9	356.3	120.4	3	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	18	8	1	156.9	12048.6	359.2	119.1	5.9	1	R130_M	
Breda -> Moerdijk	19	9	2	336.9	12043.1	358	120	2.6	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	20	1	1	156.9	12046.1	341.3	124.5	5.5	1	R130_M	PosData-20110707-100819_rides.mat
Breda -> Moerdijk	21	2	2	336.9	12045.5	334.1	127.6	5.8	1	R130_L	TT2(1075)
Moerdijk -> Breda	22	3	1	156.9	12042.2	342	124.9	5.4	1	R130_M	A16
Breda -> Moerdijk	23	4	2	336.9	12038.5	329.5	129.7	2.3	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	24	5	1	156.9	12046.6	337.9	126.5	5.8	1	R130_L	
Breda -> Moerdijk	25	6	2	336.9	12037	328.7	129.8	2.8	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	26	7	1	156.8	12047.9	356.8	119.8	7.3	1	R130_M	
Breda -> Moerdijk	27	8	2	336.9	12043.8	335.5	127.3	6	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	28	9	1	156.9	12045.2	337.2	126.8	6.3	1	R130_L	
Breda -> Moerdijk	29	10	2	336.9	12040	334.2	127.8	6.7	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	30	1	1	156.9	12046.4	340	126.1	8.8	1	R130_L	PosData-20110708-090828_rides.mat
Breda -> Moerdijk	31	2	2	336.9	12044.8	332.5	128.6	4	1	R130_L	TT2(1075)
Moerdijk -> Breda	32	3	1	156.9	12044.9	344.9	124.4	5.9	1	R130_M	A16
Breda -> Moerdijk	33	4	2	336.8	12048.9	336.5	127.3	5.7	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	34	5	1	156.9	12046.6	335	127.5	5.2	1	R130_L	
Breda -> Moerdijk	35	6	2	336.9	12036.9	329.6	129.5	3	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	36	7	1	156.9	12041.7	339.9	126	7.7	1	R130_L	
Breda -> Moerdijk	37	8	2	336.9	12044.5	335.8	127.6	7.6	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	38	9	1	156.9	12042.4	333.8	128.1	5.4	1	R130_L	
Breda -> Moerdijk	39	10	2	336.9	12040.1	331.7	128.2	4.6	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	40	11	1	156.8	12050.1	365.8	116.8	13.1	0	Not used	
Breda -> Moerdijk	41	12	2	337.2	12021.6	340.6	125.5	8.7	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	42	1	1	156.9	12046.8	363.3	117.7	7.7	1	R130_M	PosData-20110708-091927_rides.mat
Breda -> Moerdijk	43	2	2	336.9	12043.9	350.6	122.3	3.7	1	R130_M	TT3(1177)
Moerdijk -> Breda	44	3	1	156.9	12045	355.6	120.4	4.2	1	R130_M	A16
Breda -> Moerdijk	45	4	2	336.9	12044	362.1	118.3	6.5	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	46	5	1	156.9	12042.6	361.4	118.4	4.2	1	R130_M	
Breda -> Moerdijk	47	6	2	336.9	12043.4	352.3	121.7	2	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	48	7	1	156.9	12045.8	350.5	122	5.4	1	R130_M	
Breda -> Moerdijk	49	8	2	336.9	12044.3	352.2	121.5	3	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	50	9	1	156.9	12045.9	436.1	98.3	4.7	0	Not used	
Breda -> Moerdijk	51	10	2	336.9	12041.1	342.3	125	4.2	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	52	1	1	156.9	12042.4	326.4	131	1.7	1	R130_L	PosData-20110711-100928_rides.mat
Breda -> Moerdijk	53	2	2	336.9	12040	329.4	129.9	4.4	1	R130_L	TT2(1075)
Moerdijk -> Breda	54	3	1	156.9	12042	345.2	124	8.5	1	R130_M	A16
Breda -> Moerdijk	55	4	2	336.9	12039.8	327.5	130.2	2.7	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	56	5	1	156.9	12042.3	336.5	127.3	6.1	1	R130_L	
Breda -> Moerdijk	57	6	2	336.9	12041.3	328.9	129.8	3.1	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	58	7	1	156.8	12052.4	331.7	129	5.2	1	R130_L	
Breda -> Moerdijk	59	8	2	337	12036	325.1	131.2	1.9	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	60	9	1	156.9	12047.1	327	130.9	2.3	1	R130_L	
Breda -> Moerdijk	61	10	2	336.9	12045.6	334.6	127.7	5.6	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	62	11	1	156.9	12044.7	333	128.3	4	1	R130_L	
Moerdijk -> Breda	63	1	1	156.9	12043.9	351.4	121.9	5.5	1	R130_M	PosData-20110711-102204_rides.mat
Breda -> Moerdijk	64	2	2	336.9	12042.6	346.9	123.6	3.9	1	R130_M	TT3(1177)
Moerdijk -> Breda	65	3	1	156.9	12048.5	356.6	120.2	4.8	1	R130_M	A16
Breda -> Moerdijk	66	4	2	336.9	12037	347.7	123	2.4	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	67	5	1	156.9	12044.5	345.4	123.6	5	1	R130_M	
Breda -> Moerdijk	68	6	2	337	12036	345.3	124	3.1	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	69	7	1	156.9	12045.3	343.9	124.7	3.3	1	R130_M	
Breda -> Moerdijk	70	8	2	336.9	12040.7	348.5	122.4	4.9	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	71	9	1	156.9	12043.8	349.4	122.7	3.5	1	R130_M	
Breda -> Moerdijk	72	10	2	336.9	12044.2	345.7	123.9	4	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	73	11	1	156.8	12044.8	359.9	118.8	5.1	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	74	1	1	156.9	12045.5	344.2	125	2.3	1	R130_L	PosData-20110711-112503_rides.mat
Breda -> Moerdijk	75	2	2	336.9	12042.6	347.4	123.7	1.6	1	R130_M	TT4(1815)
Moerdijk -> Breda	76	3	1	156.9	12045.1	401.5	107.1	18.4	0	Not used	A16
Breda -> Moerdijk	77	4	2	336.9	12041.5	347.6	123.9	4.4	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	78	5	1	156.8	12047.2	562.4	76.5	45	0	Not used	
Breda -> Moerdijk	79	6	2	336.9	12038.2	358.4	119.7	4.3	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	80	7	1	156.9	12044.7	628.7	68.4	42.3	0	Not used	
Breda -> Moerdijk	81	8	2	336.9	12044.7	350.5	122.9	8.4	1	R130_M	
Moerdijk -> Breda	82	9	1	156.9	12047.1	557.9	77.3	41.8	0	Not used	
Breda -> Moerdijk	83	10	2	336.9	12041.1	335.9	127.7	5.4	1	R130_L	



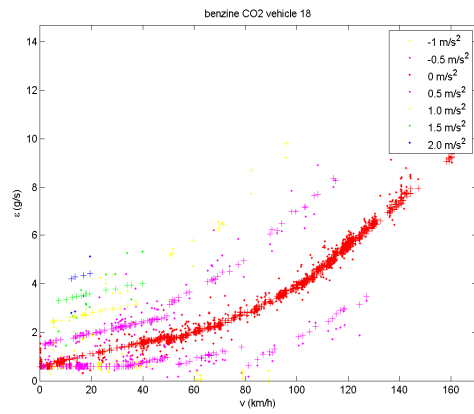
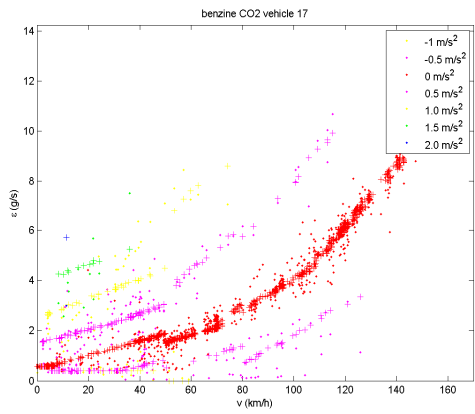
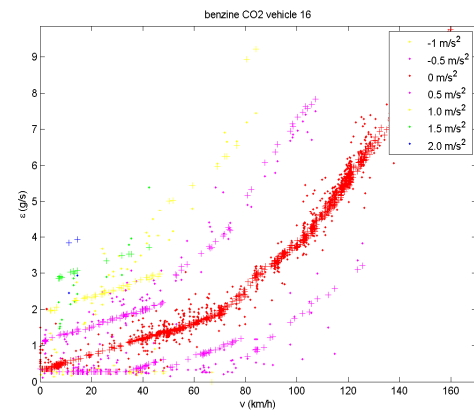
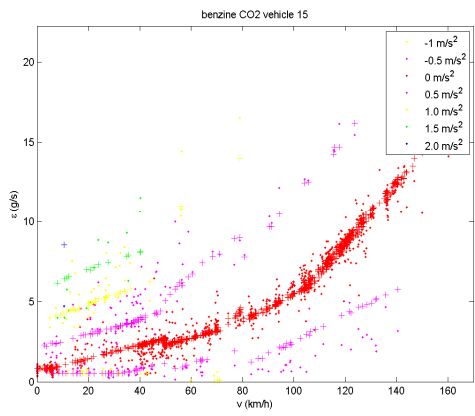
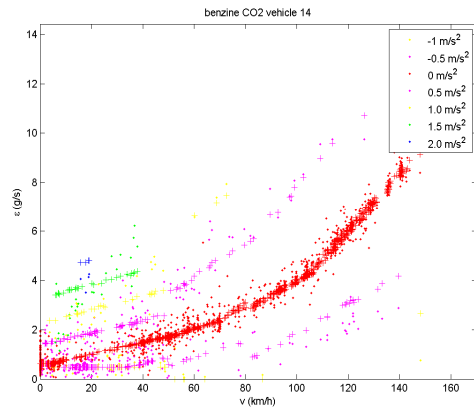
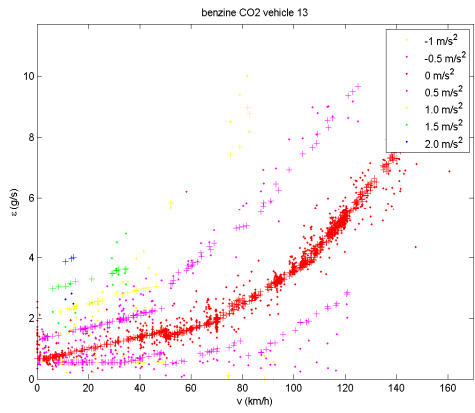
## D Vergelijking VERSIT+ met DACHNLS meetdata

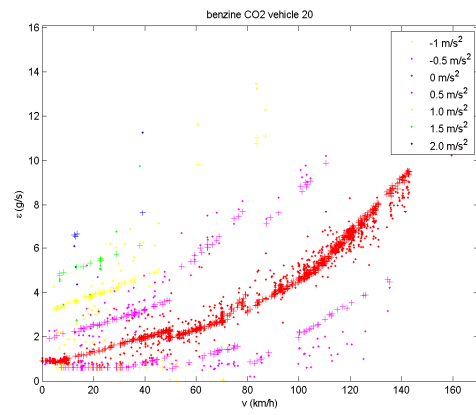
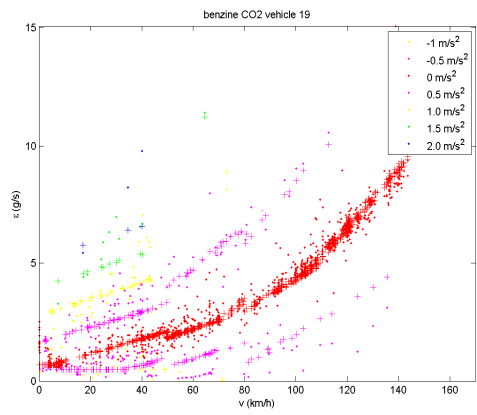
### CO<sub>2</sub> emissie benzinevoertuigen



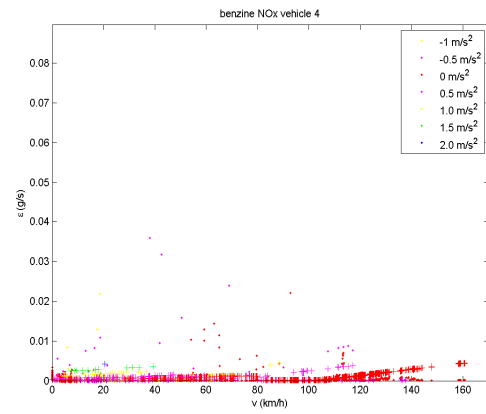
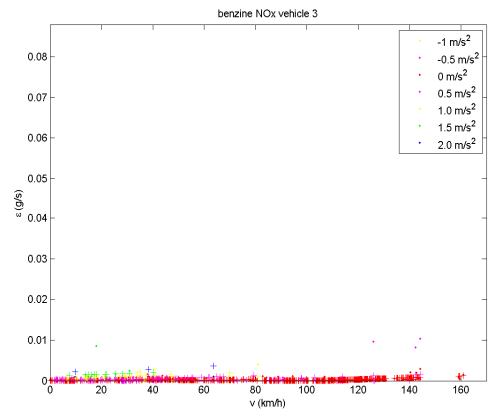
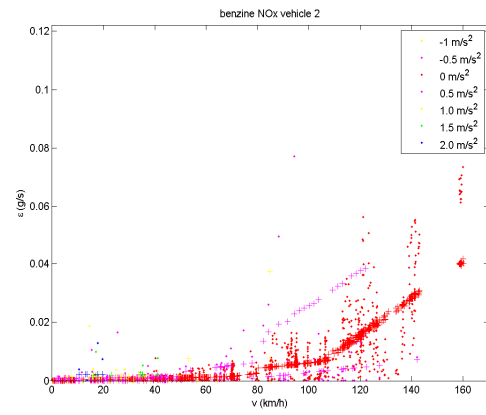
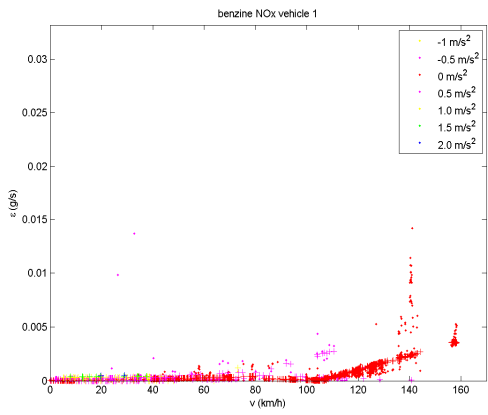


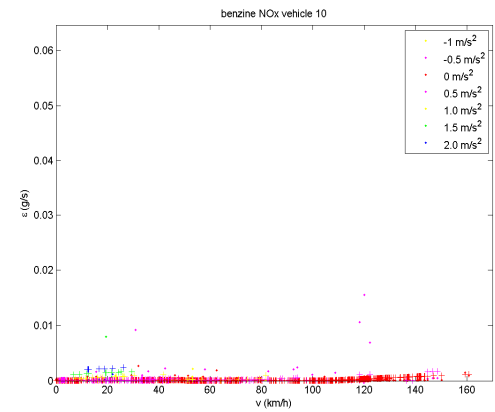
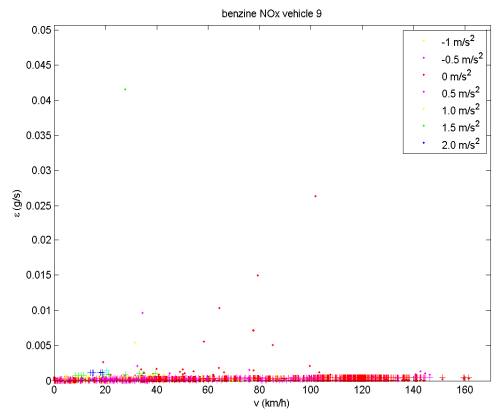
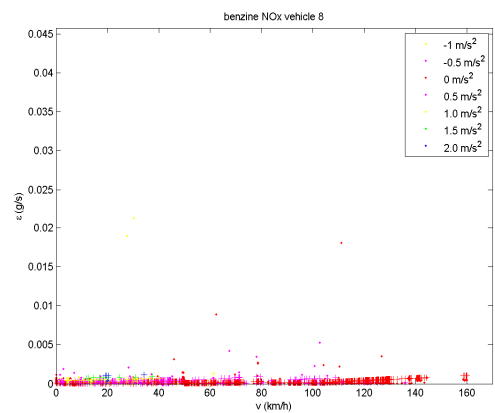
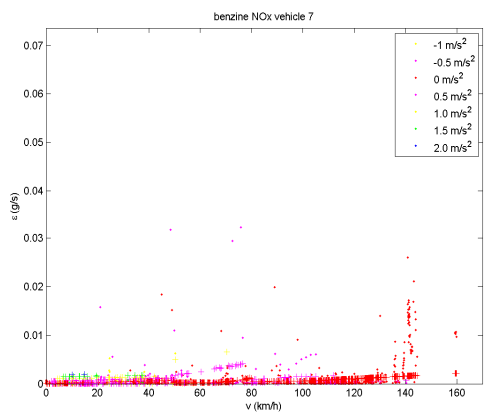
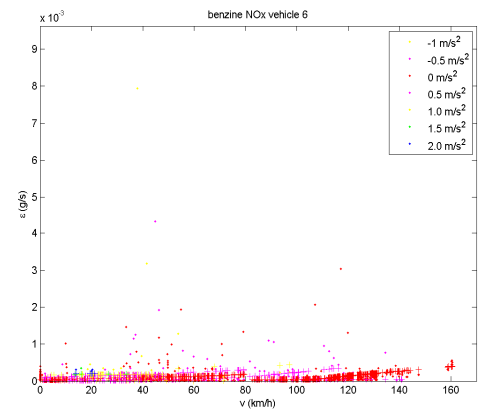
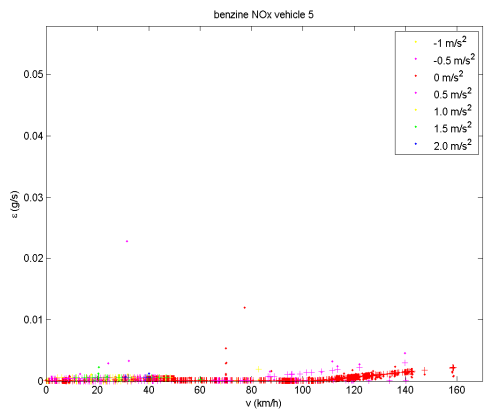


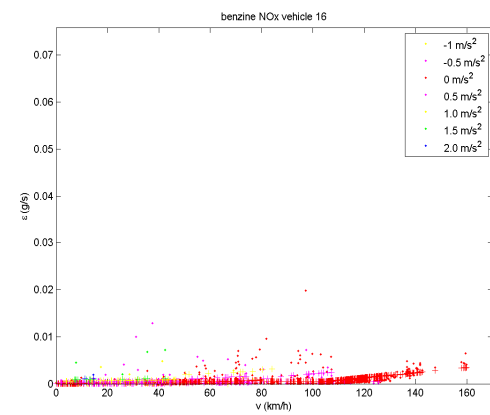
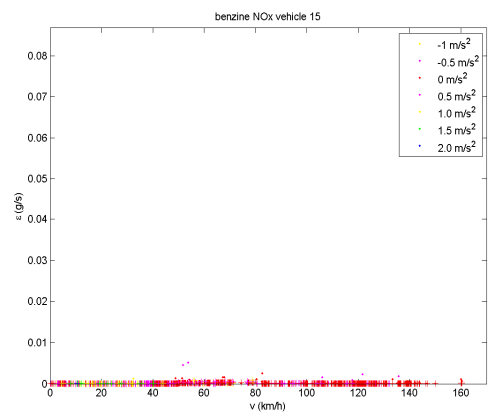
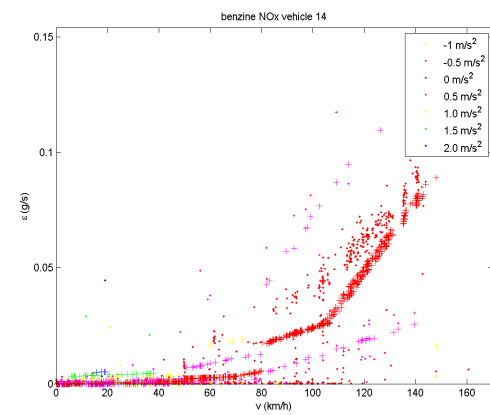
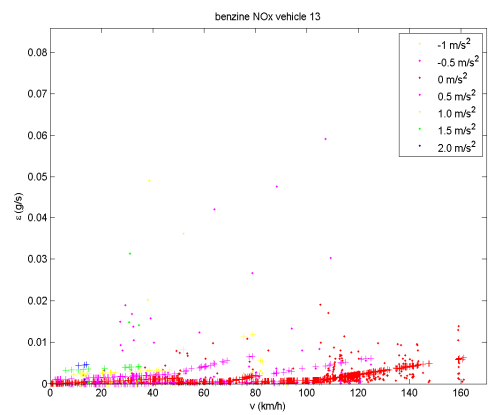
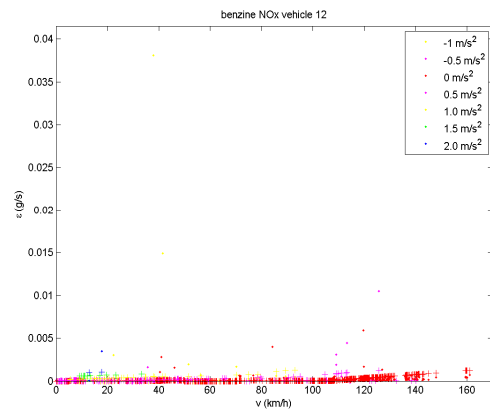
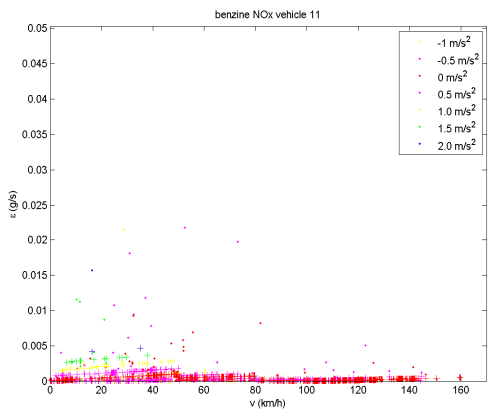


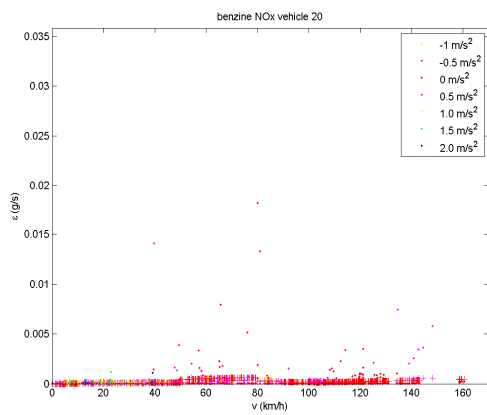
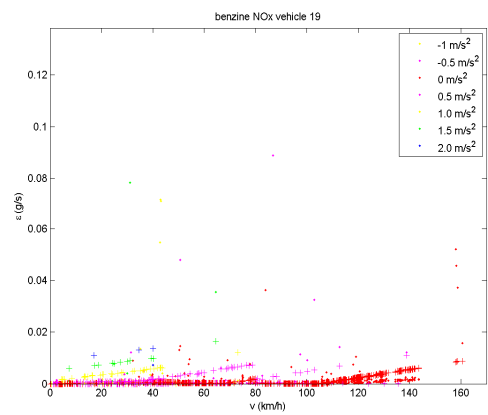
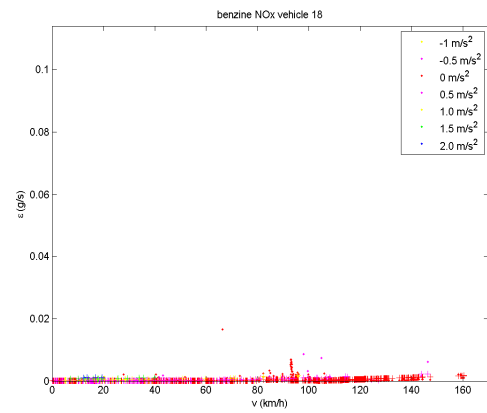
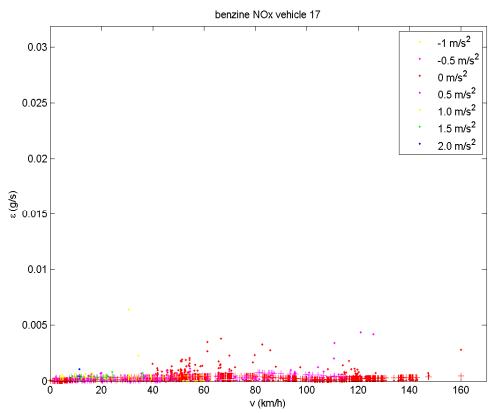


**NO<sub>x</sub> emissie benzinevoertuigen**

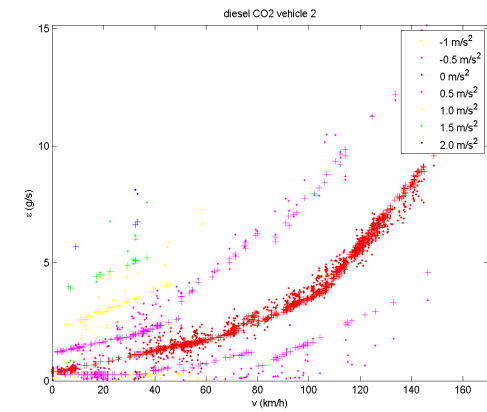
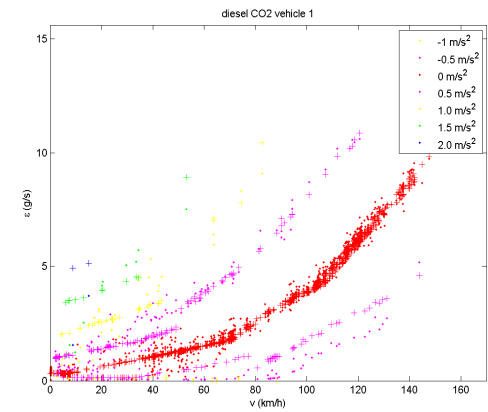


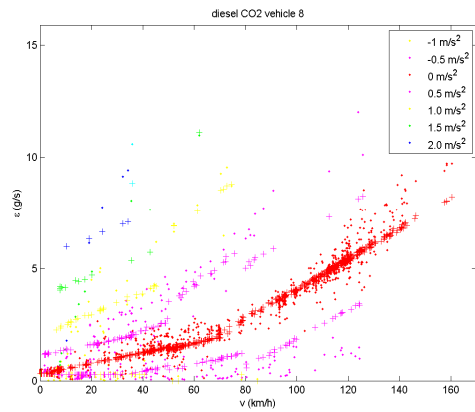
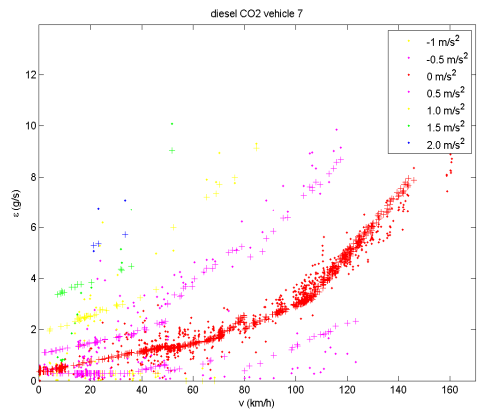
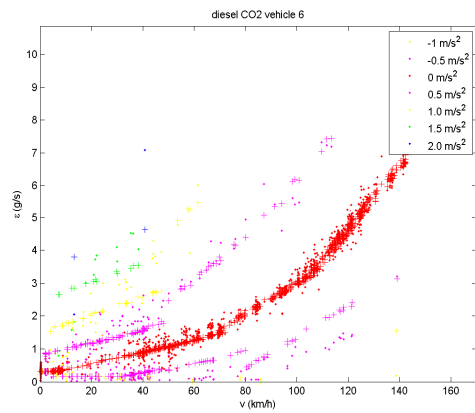
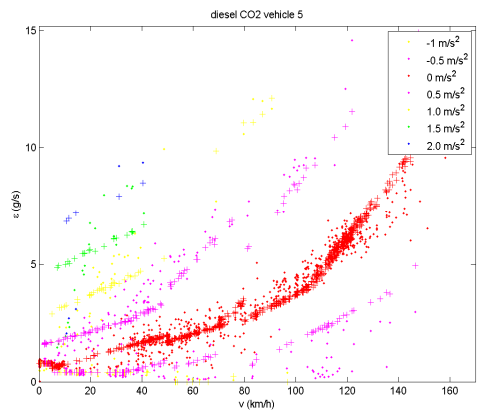
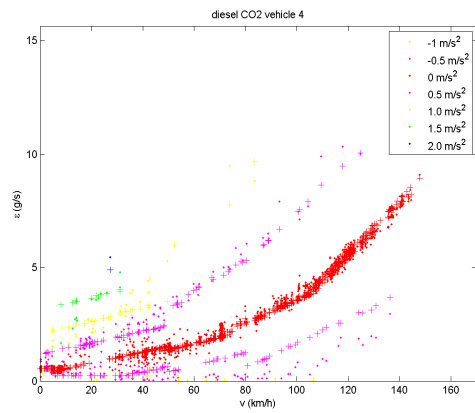
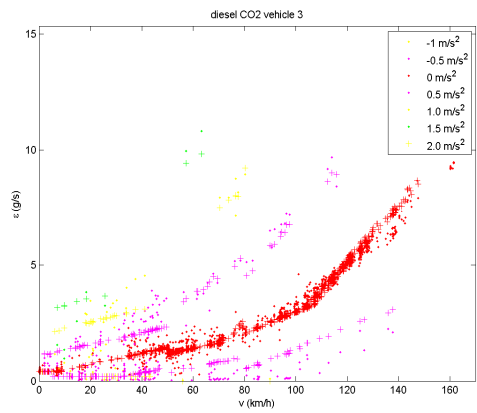


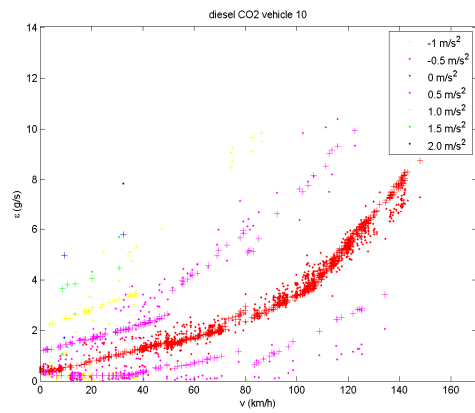
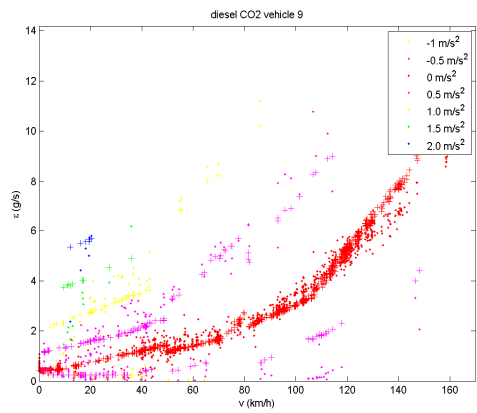




CO<sub>2</sub> emissie dieselloertuigen







### NO<sub>x</sub> emissie dieselloertuigen

