

**TNO-rapport****TNO 2019 R10635 | 1.0****Onderzoek NOx emissiegedrag van een Jeep  
Grand Cherokee Euro 5a diesel****Traffic & Transport**Anna van Buerenplein 1  
2595 DA Den Haag  
Postbus 96800  
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

Datum	3 mei 2019
Auteur(s)	Gerrit Kadijk Norbert E. Ligterink Edo Buskermolen Peter J. van der Mark
Exemplaarnummer	2019-STL-RAP-100321069
Aantal pagina's	73 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	5
Opdrachtgever	Dienst voor het Wegverkeer Postbus 777 2600 AT ZOETERMEER
Projectnaam	RDW Jeep Grand Cherokee
Projectnummer	060.31646

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, 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 belanghebbenden is toegestaan.

© 2019 TNO

## Samenvatting

In een emissieonderzoek dat door de Dienst voor het Wegverkeer (RDW) in juli 2017 is gerapporteerd [RDW 2017], zijn eerste verkennende emissietesten op een Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel uitgevoerd. De testresultaten met betrekking tot gemeten NO<sub>x</sub> emissies gaven aanleiding voor een vervolgonderzoek.

De Dienst voor Wegverkeer (RDW) heeft TNO in 2018 opdracht gegeven voor de uitvoering van een emissieonderzoek van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel. Doel van het onderzoek was om het emissiegedrag van een Jeep Grand Cherokee in kaart te brengen, gemeten met 2 verschillende motorkalibraties (C1 & C2). Daartoe zijn meerdere deeldoelstellingen geformuleerd en zijn emissiemetingen verricht op een testbaan van de RDW, op een rollenbank en op de openbare weg.

Bij elkaar geven de resultaten van deze metingen een goed beeld van het emissiegedrag van het geteste voertuig en van de verschillen in emissies vóór en na de update van de motorkalibratie software.

Onderstaand zijn de verschillende deelconclusies opgenomen die volgen uit de uitgevoerde metingen

### Deelconclusie 1:

De rijweerstandscurve van het testvoertuig op de testbaan in Lelystad ligt globaal 0,5 tot 10 keer hoger dan de door de fabrikant vastgestelde rijweerstandscurve. Het absolute verschil in rijweerstandskracht is over het snelheidsbereik 10-130 km/h constant en is ongeveer 600-700 N. Dit verschil wordt grotendeels veroorzaakt door de krombochten in de testbaan.

### Deelconclusie 2:

Er zijn twee Jeep Grand Cherokee Euro 5 dieselveertuigen met oorspronkelijke motorkalibratie C1 getest. De eerste in het RDW onderzoek van 2017 en de tweede in dit onderzoek. In beide gevallen overschrijden ze in emissietesten op de testbaan de NO<sub>x</sub> limietwaarde van 180 mg/km sterk (10-12 keer) en hebben ze een soortgelijk emissiegedrag.

### Deelconclusie 3:

Uit de NEDC testen met koude start van de Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel met originele motorkalibratie C1, die op de testbaan bij verschillende omgevingstemperaturen zijn uitgevoerd, blijkt dat de NO<sub>x</sub> emissie van ca. 1000 naar meer dan 3500 mg/km stijgt als de omgevingstemperatuur daalt van 21 naar 2 °C; De bijbehorende CO<sub>2</sub> emissie stijgt dan van 281 naar 358 g/km. Hieruit blijkt dat de NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> emissies van de Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel met originele motorkalibratie sterk afhankelijk zijn van de omgevingstemperatuur.

### Deelconclusie 4:

In NEDC testen met warme start, op de testbaan, en originele motorkalibratie C1 zijn de NO<sub>x</sub> emissies tot wel een factor twee hoger dan in een NEDC test op de testbaan met koude start (1874 versus 970 mg/km). Op de rollenbank is deze factor bijna acht (1498 versus 199 mg/km). Er zijn dus verschillen in NO<sub>x</sub> emissies in NEDC testen met koude en warme start en er zijn verschillen in NO<sub>x</sub> emissies gemeten op rollenbank en testbaan.

Deze verschillen in NO<sub>x</sub> emissies worden primair veroorzaakt door de verschillende hoeveelheden uitlaatgas die terugstromen in de motor (EGR) ten gevolge van een actieve aansturing van de EGR-regelklep door het besturingssysteem van de motor. Mogelijk zijn nog andere parameters (zoals de strategie van de brandstofinspuiting) van invloed op de NO<sub>x</sub> emissies, deze zijn niet onderzocht.

#### Deelconclusie 5:

In UDC testen met motorkalibratie C1 en koude start blijkt na verloop van tijd de NO<sub>x</sub> emissie abrupt te stijgen van ongeveer 250 tot 1750-2750 mg per ECE cyclus. Een soortgelijke NO<sub>x</sub> sprong is gemeten in een test bij constante snelheid van 50 km/h. Deze sprong in NO<sub>x</sub> emissie wordt primair veroorzaakt door de toegepaste wijze van aansturing van het EGR systeem.. Het tijdstip van deze plotselinge stijging van de NO<sub>x</sub> emissie varieert in de verschillende testen, de oorzaak hiervan is onbekend. Mogelijk zijn andere motorparameters (zoals de strategie van de brandstofinspuiting) ook van invloed op de NO<sub>x</sub> emissies, deze zijn niet onderzocht. In UDC testen met warme start zijn de NO<sub>x</sub> emissies constant op een niveau tussen 2700 en 3000 mg per ECE cyclus en lijkt de EGR-regeling stabiel te functioneren.

#### Deelconclusie 6:

UDC testen met motorkalibratie C1 en een koude start die op de testbaan en op de rollenbank zijn uitgevoerd vertonen een soortgelijk verloop van NO<sub>x</sub> emissies. De NO<sub>x</sub> emissies nemen na een aantal ECE cycli opeens toe van ca. 200 tot wel 2000 mg per ECE cyclus. De absolute NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> emissies op de rollenbank zijn wel enigszins lager dan op de testbaan. Hierbij moet opgemerkt worden dat de motorbelasting op de rollenbank lager is dan die op de testbaan.

#### Deelconclusie 7:

Het NO<sub>x</sub> emissiegedrag van het geteste voertuig wordt niet beïnvloed door het type spanningsbron van het gebruikte emissiemeetsysteem SEMS en de driver aid. Het elektrisch voeden van SEMS en de driver aid vanuit de batterij van het voertuig of vanuit een externe batterij lijkt geen meetbare invloed te hebben op de NO<sub>x</sub> emissie.

#### Deelconclusie 8:

In een NEDC test met originele motorkalibratie C1 die volgens de typegoedkeuringseisen is uitgevoerd, is de CO<sub>2</sub> emissie 241 g/km. Dit is 7% hoger dan de gemeten typegoedkeuringswaarde. De gemeten NO<sub>x</sub> emissie is 199 mg/km, dit is 11% boven de Euro 5 limietwaarde (180 mg/km). Er is dus sprake van een geringe overschrijding van de Euro 5 limietwaarden.

#### Deelconclusie 9:

Uit de resultaten van NEDC testen met originele motorkalibratie C1 op de rollenbank bepaald met verschillende rijweerstandscurven en op de testbaan, blijkt dat de CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissies (sterk) toenemen als de rijweerstand toeneemt. Op de testbaan wordt met de hoogste rijweerstand getest. Een toename van de rijweerstand heeft een toename van de motorbelasting tot gevolg en dit leidt in dit testprogramma tot een verhoging van de CO<sub>2</sub> emissie van 241 naar 283 g/km (+ 17%), de NO<sub>x</sub> emissie stijgt op dat moment van 199 naar 983 mg/km (+ 394%).

**Deelconclusie 10:**

De door het meetsysteem SEMS gemeten absolute CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissies van deze Jeep Grand Cherokee zijn hoger dan de opgegeven waarde die op basis van de wettelijke meetmethode op een rollenbank zijn bepaald. De relatieve afwijkingen zijn voor CO<sub>2</sub> 11-13% en voor NO<sub>x</sub> 17-23% en deze zijn redelijk constant over sterk verschillende emissieniveaus van de vijf uitgevoerde testen. Voor de deelconclusies in dit onderzoek hebben de genoemde afwijkingen van het SEMS systeem geen gevolgen omdat alle metingen met SEMS zijn uitgevoerd en de gemeten afwijkingen bij de verschillende emissieniveaus constant zijn.

**Deelconclusie 11:**

De NO<sub>x</sub> emissies van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel zijn na de update van de motorkalibratie (C2) sterk gedaald.

Dit is vastgesteld in de volgende testen:

1. In de NEDC typekeuringstest op de rollenbank, met de beide motorkalibraties, die wordt gestart met koude motor zijn de NO<sub>x</sub> emissies 199 en 145 mg/km relatief constant en liggen deze rondom de limietwaarde van 180 mg/km. Op de testbaan is deze NEDC test met koude start met beide motorkalibraties uitgevoerd met een omgevingstemperatuur van 24 en 18 °C en is de NO<sub>x</sub> emissie met motorkalibratie C2 gedaald van 1319 naar 376 mg/km.
2. In de RDE testen met warme start die uitgevoerd zijn op de openbare weg, daalt de NO<sub>x</sub> emissie na de update van de motorkalibratie van 1807-2170 naar 599-774 mg/km. Startcondities met motorkalibratie C2 met koude of warme motor hebben in RDE testen slechts zeer geringe invloed op de NO<sub>x</sub> emissieniveaus.
3. In UDC testen met koude start met motorkalibratie C1 die uitgevoerd zijn op de rollenbank en op de testbaan neemt de NO<sub>x</sub> emissie 1500 seconden na de koude start vrij abrupt toe van ongeveer 250 mg per ECE cyclus naar 1750-2750 mg per ECE cyclus. Met motorkalibratie C2 is deze NO<sub>x</sub> toename van ca. 170 naar 500 mg per ECE cyclus veel geringer.

De NO<sub>x</sub> emissies met de beide motorkalibraties liggen in een NEDC typekeuringstest op de rollenbank met koude start rond de limietwaarde van 180 mg/km. Onder dagelijkse praktijkomstandigheden op de openbare weg dalen de gemiddelde NO<sub>x</sub> emissies met motorkalibratie C2 naar ongeveer 700 mg/km (ca. 65% reductie ten opzichte van de 2000 mg/km met motorkalibratie C1).

**Deelconclusie 12:**

Net als motorkalibratie C1 heeft motorkalibratie C2 een niet constant emissiegedrag. De NO<sub>x</sub> emissies in UDC testen nemen met motorkalibratie C2 na ongeveer 1500 seconden toe van 170 naar 500 mg per ECE cyclus en tegelijkertijd neemt de toegevoerde hoeveelheid EGR af.

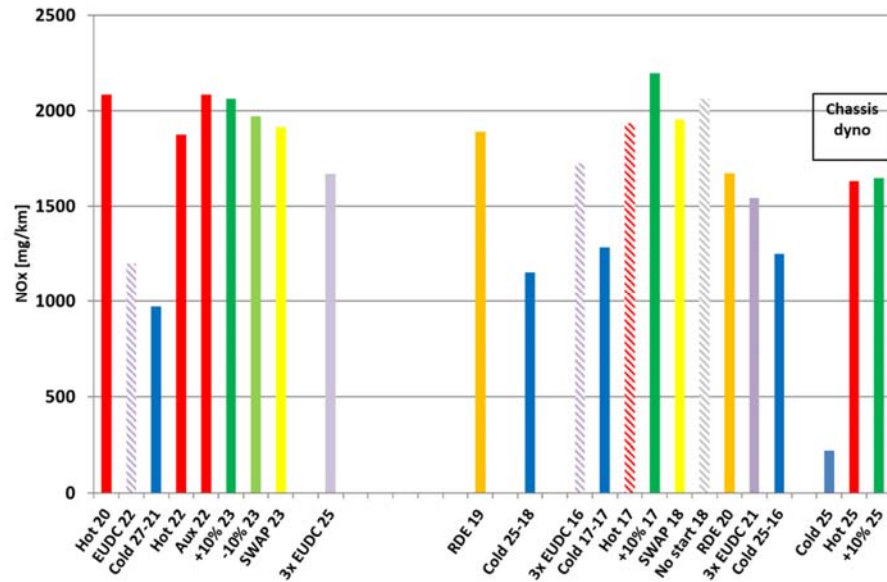
# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting</b> .....	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>6</b>
1.1	Achtergrond.....	6
1.2	Doelstellingen.....	7
1.3	Aanpak.....	8
1.4	Leeswijzer.....	8
<b>2</b>	<b>Technische achtergrond en duiding</b> .....	<b>9</b>
2.1	Emissietestmethoden.....	9
2.2	Typegoedkeuringstest op de rollenbank.....	9
2.3	Testcyclus in de typegoedkeuring.....	10
2.4	Rijweerstand en voertuigmassa.....	11
2.5	Preconditioneringstest en voertuigconditionering.....	12
2.6	Limietwaarden van de typegoedkeuringstest op de rollenbank.....	13
2.7	Overige testcycli.....	13
2.8	Testen op de weg, meetapparatuur en praktijkemissies.....	14
<b>3</b>	<b>Gegevens testvoertuig en onderzoekslocaties</b> .....	<b>16</b>
3.1	Voertuiggegevens.....	16
3.2	Meetapparatuur.....	17
3.3	Testlocaties.....	18
3.4	Testcycli.....	19
3.5	Brandstoffen.....	20
<b>4</b>	<b>Resultaten</b> .....	<b>21</b>
4.1	Bepaling van de rijweerstand van het testvoertuig op de testbaan.....	21
4.2	Onderzoek praktijkemissies op een testbaan en op de openbare weg.....	23
4.3	Controle van de invloed van SEMS en de driver aid op de meetresultaten.....	39
4.4	Verificatie van (praktijk)emissies op de rollenbank.....	39
4.5	Verificatie van emissies na update motorkalibratie.....	44
<b>5</b>	<b>Discussie</b> .....	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>Conclusies</b> .....	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>Afkortingen</b> .....	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>Referenties</b> .....	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>Ondertekening</b> .....	<b>59</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
	A Certificaten referentiebrandstof	
	B Resultaten emissietesten rollenbank	
	C Resultaten emissietesten testbaan	
	D Specificaties rollenbank	
	E Configuratie details van de motor	

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

In een eerder door RDW uitgevoerd emissieonderzoek dat in juli 2017 is gerapporteerd [RDW 2017], zijn eerste verkennende emissietesten op een Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel uitgevoerd. Deze emissietesten zijn op de testbaan bij de RDW in Lelystad uitgevoerd bij een omgevingstemperatuur van 16 tot 25 °C en ook zijn er testen op een rollenbank uitgevoerd bij 25 °C. De gemeten NO<sub>x</sub> emissies op de testbaan varieerden van 970 tot 2195 mg/km, zie Figuur 1-1. Deze blijken voor dit voertuigmodel 7 – 12 keer hoger te zijn dan de toegestane NO<sub>x</sub> emissies in de typegoedkeuringstest. Ook zijn er toen een drietal testen op de rollenbank uitgevoerd. Alleen in de NEDC typegoedkeuringstest werd een NO<sub>x</sub> emissie van 220 mg/km gemeten. In de andere twee testen bedroegen de NO<sub>x</sub> emissies respectievelijk 1630 en 1646 mg/km.



Figuur 1-1: NO<sub>x</sub> testresultaten van eerste verkennende metingen op een Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel in 2017. Bron: [RDW 2017].

De testresultaten zijn door de RDW besproken met de fabrikant Fiat Chrysler Automobiles (FCA) waarna het volgende is gerapporteerd [RDW 2017] :

*'Bij FCA is geconstateerd dat de waarden erg hoog waren ten opzichte van de goedkeuringstest. Er is voor de Jeep Wrangler voldoende aannemelijk gemaakt dat de door FCA genomen maatregelen nodig zijn geweest om de motor te beschermen. Bij de Jeep Grand Cherokee is sprake van een vele malen hogere NO<sub>x</sub>-uitstoot wanneer de NEDC-test wordt aangevangen meteen reeds opgewarmde motor dan wanneer dezelfde test wordt aangevangen met een koude motor. De noodzaak voor motorbescherming is hier nog onvoldoende aangetoond. Het Openbaar Ministerie (OM) is ingelicht over deze zaak.'*

*Op verzoek van de RDW gaat FCA voor de Jeep Grand Cherokee in juli 2017 een update uitrollen, met het doel de emissies in de praktijk te verlagen. Deze update zal worden beoordeeld door de RDW'.*

De RDW heeft TNO opdracht verleend voor de uitvoering van een emissie-onderzoek van een Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel met de originele en aangepaste motorkalibraties. De belangrijkste reden voor dit vervolgonderzoek is om het NO<sub>x</sub> emissiegedrag van dit voertuig rondom de typegoedkeuringstest voor de beide motorkalibraties in kaart te brengen. Het gemeten emissiegedrag met de originele motorkalibratie laat hoge NO<sub>x</sub> emissies onder praktijkcondities zien. Het feitelijke emissiegedrag in kaart brengen is een van de onderdelen die nodig is om te kunnen beoordelen of er sprake is van aanwezigheid van een illegale manipulatievoorziening. Benadrukt wordt dat dit TNO onderzoek geen uitspraak doet of het afwijkende gedrag gezien kan worden als een manipulatievoorziening (defeat device).

Dit rapport is een verslag van metingen aan het feitelijke emissiegedrag van één en dezelfde Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel met twee motorkalibraties: die van voor en na de software update. Het voertuigmodel heeft op 28 januari 2011 een Europese typegoedkeuring (e4 \* 715/2007 \* 692/2008A \* 0242 \* 00) van de Dienst voor Wegverkeer (RDW) verkregen. De aanduiding Euro 5a betekent dat de emissies aan bepaalde normwaarden moeten voldoen.

## 1.2 Doelstellingen

De hoofddoelstelling van dit onderzoek is het in kaart brengen van het NO<sub>x</sub> emissiegedrag van een Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel met originele motorkalibratie (C1) en met een door FCA aangepaste motorkalibratie (eerder aangeduid als 'software update' en in dit rapport als C2).

Hier toe kent dit onderzoek de volgende tien deeldoelstellingen:

- 1 Verificatie van uitlaatemissies in een typegoedkeuringstest op een rollenbank.
- 2 Verificatie van de rijweerstandcurve.
- 3 Bepaling van het effect van verschillende rijweerstandcurven op uitlaatemissies.
- 4 Bepaling van uitlaatemissies in een typegoedkeuringstest en andere emissietesten op een testbaan.
- 5 Onderzoek van de toegepaste EGR-regelstrategieën.
- 6 Onderzoek naar emissiegedrag in de opwarmfase.
- 7 Bepaling van praktijkemissies in Real Driving Emission (RDE) testen op de openbare weg.
- 8 Het vaststellen van de invloed van twee verschillende motorkalibraties op de voertuigemissies.
- 9 Het vaststellen van de invloed van verschillende omgevings- en koelwatertemperaturen op de voertuigemissies bij de twee motorkalibraties.
- 10 Het onderzoeken van het emissiegedrag van het voertuig met beide motorkalibraties in relatie tot (cumulatieve) parameters zoals bedrijfstijd, brandstofverbruik, afgelegde weg en toerental.

Benadrukt wordt dat het onderzoek niet als doel heeft te onderzoeken of een manipulatievoorziening (defeat device) in het voertuig aanwezig is.

Daarover wordt in dit rapport dus ook geen uitspraak gedaan. Het rapport draagt wel informatie aan voor de verdere behandeling van een dergelijke vraagstelling.

### 1.3 Aanpak

In dit onderzoek zijn de testactiviteiten uitgevoerd op één Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel. Het voertuig is getest met twee verschillende motorkalibraties. Het onderzoek is gebaseerd op emissietesten die zijn uitgevoerd op de testbaan van de RDE in Lelystad en op een rollenbank van de fa. Horiba te Oberursel. Ook zijn enkele zogenaamde RDE testen op de weg uitgevoerd. Het tijdschema van de uitgevoerde activiteiten is opgenomen in Tabel 1-1.

Tabel 1-1: Tijdschema onderzoeksactiviteiten.

Datum of periode	Activiteit
Maart 2018	Instrumentatie voertuig
April - Juli 2018	Uitvoering emissietesten op de testbaan deel 1
14 t/m 27-08-2018	Rollenbank testprogramma deel 1
28-08-2018	Software update motorkalibratie
29 t/m 31-08-2018	Rollenbank testprogramma deel 2
September-Oktober 2018	Uitvoering emissietesten op de testbaan deel 2
Nov 2018 - Jan 2019	Rapportage

### 1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk twee van dit rapport wordt, gegeven het specialistische karakter, eerst algemene informatie gegeven over de verschillende onderdelen van een emissietestprocedure.

Hoofdstuk drie beschrijft de gegevens van het geteste voertuig, de gebruikte testapparatuur, de testlocaties, testcycli en de gebruikte brandstof.

De testresultaten worden gerapporteerd in hoofdstuk 4. Na discussie in hoofdstuk 5 volgen de conclusies in hoofdstuk 6. Het rapport omvat verder Bijlagen A t/m E.



## 2 Technische achtergrond en duiding

Gegeven het specialistische karakter van de uitvoering van emissietesten bij wegvoertuigen worden in dit hoofdstuk de verschillende onderdelen van een emissietestprocedure toegelicht. Op een aantal plaatsen wordt in dit hoofdstuk een verbinding gelegd met het onderzochte voertuig (de Jeep Grand Cherokee). De informatie in dit hoofdstuk moet worden gelezen als achtergrond, de beschrijving van het feitelijke onderzoek staat in de hoofdstukken 1 en 3 t/m 6.

### 2.1 Emissietestmethoden

Emissietesten kunnen in testlaboratoria en op de weg worden uitgevoerd.

Deze twee testmethoden worden ingezet voor verschillende doeleinden.

- In testlaboratoria met een rollenbank kunnen de testcondities goed worden ingesteld en constant worden gehouden. De meetapparatuur staat in een vaste opstelling en dat resulteert in gedefinieerde meetcondities en daardoor is een relatief hoge meetnauwkeurigheid mogelijk. Dit geheel resulteert in een goede reproduceerbaarheid van emissietesten en maakt een vergelijking van testen in verschillende laboratoria mogelijk.
- Op de weg kunnen condities in korte tijd sterk variëren, dat wordt veroorzaakt door windkracht, rijrichting, hellingshoeken van het wegdek alsook buitentemperatuur en rijstijl (rustig en sportief). De testresultaten van wegstesten variëren door dit alles meer dan op een rollenbank. Het kenmerk van praktijkemissies op de weg is dat deze een grote spreiding kunnen hebben en dus moeilijk reproduceerbaar zijn.
- Op de weg kan wel gepoogd worden de laboratoriumtest na te bootsen. In dit onderzoek is daarvan gebruik gemaakt. Daarom is er veel aandacht gegeven aan de zaken die het verschil maken tussen de laboratoriumomstandigheden, en afwijkingen daarvan.

Toepassing van de wettelijke emissiemeetmethode op de weg betekent een verzwarende emissie-eisen. Tot 2017 werden voertuigen in een typegoedkeuring voor emissies alleen op een rollenbank getest, dit is ook het geval met de in dit onderzoek geteste Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel.

Nieuwe voertuigmodellen die vanaf 1 september 2017 op de markt komen met een zogenaamde Euro 6d temp typegoedkeuring moeten in de typegoedkeuring ook emissietesten op de weg (RDE testen) ondergaan. Maar, veel belangrijker, de fabrikant verklaart dat het Euro-6d voertuig voldoet aan deze RDE eisen in een breed bereik aan omstandigheden en inzet. Een onafhankelijke partij heeft de mogelijkheid dat te controleren, waarop de typekeuringsinstantie moet acteren.

In dit onderzoek zijn emissietesten op de rollenbank, op een testbaan en op de weg uitgevoerd.

### 2.2 Typegoedkeuringstest op de rollenbank

Een NEDC (zie paragraaf 2.3) typegoedkeuringstest voor bepaling van uitlaatgasemissies, die elk nieuw voertuigtype moet ondergaan, wordt uitgevoerd op een rollenbank, zie Figuur 2-1.

De reden hiervoor is dat de testcondities goed zijn gedefinieerd en dat een dergelijke test in principe door een willekeurig testlaboratorium uitgevoerd kan worden; de testresultaten van verschillende laboratoria zijn dan in principe gelijk, ofwel reproduceerbaar.

Een volledige procedure voor bepaling van voertuigemissies bestaat uit de volgende acht stappen:

1. Bepaling van de rijweerstandscurve van het voertuig op de weg (coast-down).
2. Installatie van het voertuig op de rollenbank
3. Opwarming van het voertuig in de uit te voeren NEDC testcyclus.
4. Afstelling van de rijweerstandscurve op de rollenbank.
5. Uitvoering van een preconditioneringscyclus.
6. Voertuigconditionering (soak) met stilstaand voertuig gedurende 6-30 uur in een geconditioneerde ruimte van 20-30 °C.
7. Uitvoering van de NEDC emissietest.
8. Controle van de rijweerstandscurve.



Figuur 2-1: Een Jeep Grand Cherokee op de rollenbank.

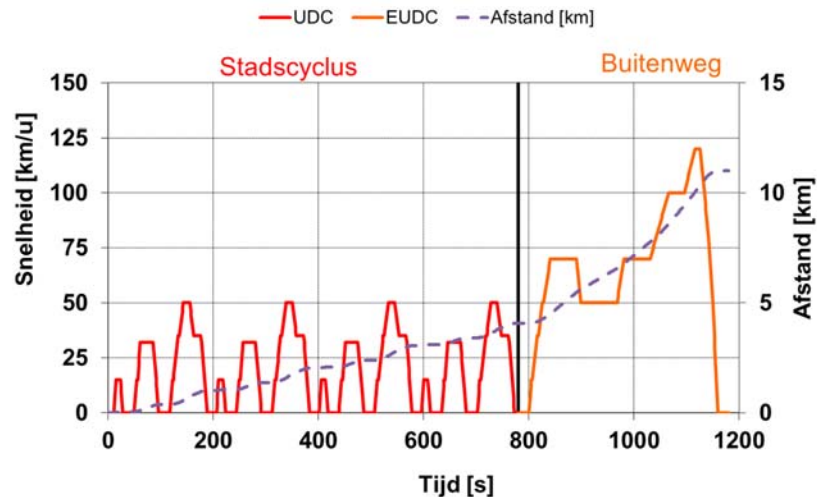
### 2.3 Testcyclus in de typegoedkeuring

Een gedefinieerde testcyclus in de typegoedkeuringstest is een voorwaarde voor reproduceerbare testresultaten. Voor de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel is de zogenaamde NEDC test (New European Driving Cycle) van toepassing. In Figuur 2-2 is het snelheidspatroon van de NEDC testcyclus weergegeven. Deze testcyclus wordt gestart met een koude motor en duurt 1180 seconden. Er wordt een afstand van 11 kilometer afgelegd. De geteste Jeep heeft een automatische versnellingsbak, het schakelen van de versnellingen in de emissietest vraagt geen actieve handeling van de testrijder.

Een NEDC test begint met een koude motor, de koelvloeistof- en olietemperatuur zijn dan tussen 20 en 30 °C. Men spreekt wel van een test met koude start. In dit onderzoek worden om uiteenlopende redenen soms ook wel tests met een zogenaamde 'warme start' uitgevoerd, de koelvloeistof- en olietemperatuur zijn dan ongeveer 80 °C.

De NEDC test bestaat uit een stad cyclus, de UDC (Urban Driving Cycle), en de buitenweg cyclus, de EUDC (Extra Urban Driving Cycle).

De UDC is zelf weer opgebouwd uit vier herhalingen van de ECE-15 test, die weer bestaat uit drie aparte acceleraties tot 15, 35 en 50 km/h. Een ECE-15 test is op 59 meter na, 1 kilometer lang. De EUDC test is op 45 meter na, 7 kilometer lang.



Figuur 2-2: NEDC testcyclus die toegepast wordt in de typegoedkeuring op de rollenbank.

## 2.4 Rijweerstand en voertuigmassa

De rijweerstand en de voertuigmassa van het voertuig worden op de rollenbank gesimuleerd en per voertuigtype ingesteld. Beide worden in de typegoedkeuringstest volgens wettelijke voorschriften/procedures bepaald.

Bepaling van de voertuigmassa gebeurt door middel van weging van het voertuig in een gedefinieerde conditie (bijv. met een volle brandstoftank, en toevoeging van een vast gewicht voor de bestuurder). Hieruit volgt de testmassa die wordt ingesteld op de rollenbank.

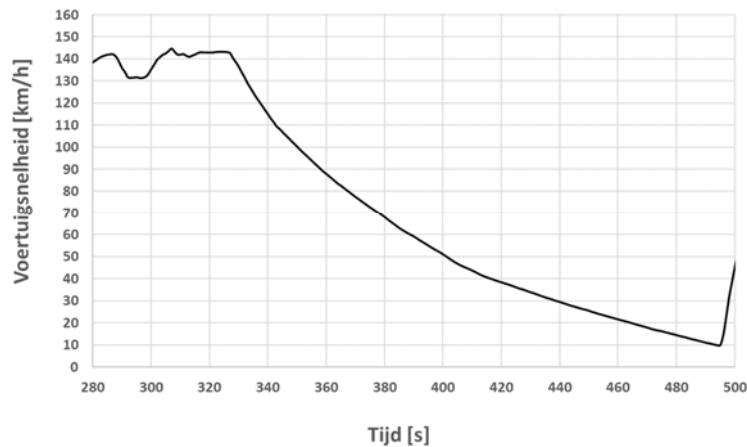
De rijweerstand bestaat uit een rolweerstand en luchtweerstand. Deze wordt op een vlak stuk weg bepaald door het voertuig vanaf hoge snelheid (130 km/h) uit te laten rollen tot een lage snelheid (10 km/h) en tegelijkertijd het snelheidsverloop in de tijd te meten. In Figuur 2-3 is een voorbeeld van de resultaten van een dergelijke snelheidsmeting weergegeven. Uit dit snelheidsverloop kan de rijweerstand worden berekend die vervolgens wordt ingesteld op de rollenbank door middel van drie parameters, een voorbeeld van deze parameters is weergegeven in Tabel 2-1. De totale rijweerstandskracht ( $F_{\text{totaal}}$ ) bij constante snelheden ( $v$ ) wordt in de volgende vergelijking berekend.

$$F_{\text{totaal}} = F_0 + F_1 \cdot v + F_2 \cdot v^2$$

Tabel 2-1: Voorbeeld van parameters voor instelling van de rijweerstandscurve op de rollenbank.

Parameter	Eenheid	Waarde
F0	[N]	100
F1	[N/(km/h)]	3.50
F2	[N/(km <sup>2</sup> /h <sup>2</sup> )]	0.035

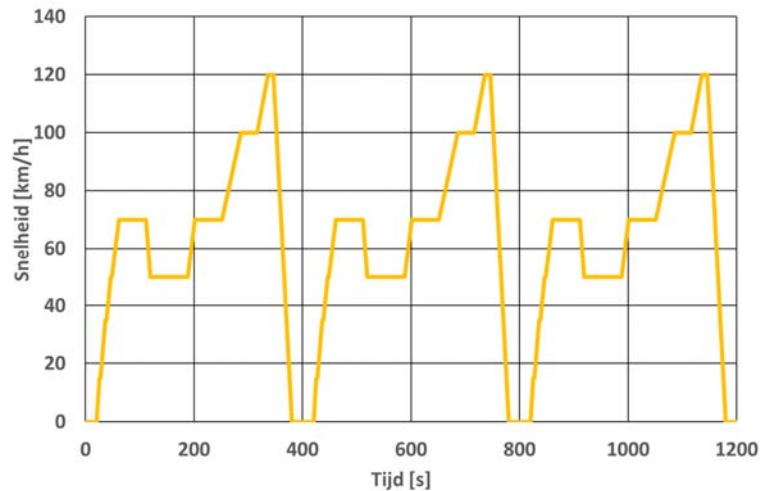
De bepaling van een rijweerstandscurve, buiten, volgens de wettelijk voorgeschreven procedure, levert over het algemeen relatief gunstige resultaten op omdat daarvoor de test vaak in ideale omstandigheden wordt uitgevoerd (de rijweerstandswaarden zijn relatief laag). Bij een meer praktijkgerichte bepaling van de rijweerstandscurve blijkt deze vaak substantieel hoger te zijn. Dit verschil is één van de oorzaken van de verschillen tussen emissies die in het laboratorium en op de weg met eenzelfde voertuig zijn gemeten.



Figuur 2-3: Voorbeeld van een testresultaat ten behoeve van de bepaling van de rijweerstand van een voertuig. Deze test wordt een aantal malen herhaald (hier niet weergegeven).

## 2.5 Preconditioneringstest en voertuigconditionering

In een typegoedkeuringstest op de rollenbank worden hoge eisen gesteld aan de reproduceerbaarheid en herhaalbaarheid van de emissietest. Ook dient de motor bij aanvang van de test koud te zijn. Om dit te kunnen realiseren zijn de preconditionering en – aansluitend - voertuigconditionering van het voertuig gedefinieerd. Preconditionering vindt plaats door het rijden van een testcyclus op de rollenbank voorafgaand aan de typegoedkeuringstest. Voor de Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel is een zogenaamde 3\*EUDC preconditioneringstest van toepassing, zie Figuur 2-4. Deze testcyclus duurt 1200 seconden waarbij een afstand van ongeveer 21 kilometer wordt 'gereden'.



Figuur 2-4: Testcyclus (3\* EUDC) voor de preconditionering van de Jeep Grand Cherokee.

Na de preconditionering wordt het voertuig in een conditioneringsruimte geplaatst met een geregelde temperatuur (20 tot 30 °C) en koelt het voertuig 6 tot 30 uur af.

In de praktijk wordt de preconditioneringstest vaak op de dag voorafgaand aan de emissietest uitgevoerd en vindt de voertuigconditionering gedurende de nacht voorafgaand aan de typegoedkeuringstest plaats.

## 2.6 Limietwaarden van de typegoedkeuringstest op de rollenbank

De Europese wetgeving van wegvoertuigen die opgesteld is in de richtlijnen EC 715/2007 en EC 692/2008 stelt o.a. limietwaarden aan CO, THC, NO<sub>x</sub>, PM en, vanaf Euro-5b, PN emissies in een typegoedkeuringstest. In Tabel 2-2 zijn de limietwaarden vermeld die van toepassing zijn op de onderzochte Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel.

Tabel 2-2: Limietwaarden voor de emissies van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel.

CO	NO <sub>x</sub>	THC+NO <sub>x</sub>	PM	PN
[mg/km]	[mg/km]	[mg/km]	[mg/km]	[#/km]
500	180	230	5.0	-

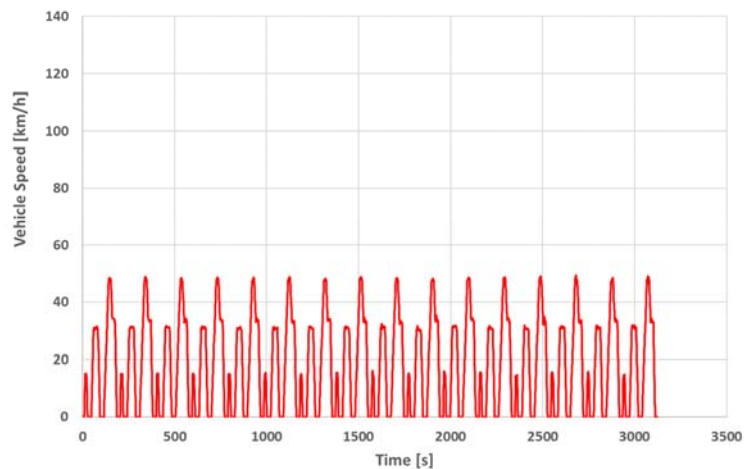
De CO<sub>2</sub> emissies zijn in voornoemde Europese richtlijnen niet gelimiteerd maar worden voor ieder voertuigtype wel gemeten en gespecificeerd. Voor de geteste Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel is de gespecificeerde CO<sub>2</sub> emissie in de NEDC testcyclus 218 g/km.

## 2.7 Overige testcycli

Naast NEDC testen zijn in dit onderzoek nog de volgende emissietesten uitgevoerd:

- Testen met constante rij snelheden (50, 80 100 en 120 km/h).
- UDC testen, zie Figuur 2-5.

De eerste 780 s van de NEDC testcyclus betreft een snelheidspatroon tot 50 km/h. Dit zogenaamde stadsdeel van de NEDC (zie Figuur 2-2) wordt aangeduid als de UDC test (Urban Driving Cycle). De UDC test bestaat uit vier gelijke delen (vier ECE test cycli met een duur van 195 s). Door deze ECE testen te herhalen kan een beeld van het emissiegedrag in de tijd worden verkregen. De UDC test is bij de uitgevoerde testen vier maal herhaald en bestaat in dit geval uit 16 ECE cycli met een totale duur van 3120 seconden.



Figuur 2-5: 4\* UDC testcyclus, 16 kilometer in totaal.

## 2.8 Testen op de weg, meetapparatuur en praktijkemissies

In de afgelopen decennia is gebleken dat praktijkemissies op de weg veel hoger kunnen zijn dan de emissies die in het laboratorium worden gemeten. Dit geldt met name voor CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissies. In 2017 heeft dit geleid tot nieuwe wetgeving die ook emissietesten op de weg voorschrijft. Het voertuig wordt dan uitgerust met speciale mobiele meetapparatuur, ook wel genoemd Portable Emission Measurement System (PEMS). De toegepaste testcyclus is een zogenaamde Real Driving Emission (RDE) test. Een RDE test duurt 90-120 minuten en wordt uitgevoerd in de stad, op buitenwegen en op snelwegen.

PEMS meetapparatuur heeft verschillende uitlaatgasanalysatoren en de bediening hiervan is zeer complex en tijdrovend. TNO heeft een eenvoudiger meetsysteem ontwikkeld, het zogenaamde Smart Emission Measurement System (SEMS). Dit systeem is gebaseerd op een combinatie van bestaande sensoren en een zelf ontwikkelde datalogger. Het SEMS systeem wordt inmiddels door TNO al meerdere jaren voor veel emissiemetingen ingezet en is ook toegepast in dit project.

De kwaliteit van de testen met mobiele meetapparatuur op de weg is minder dan die van rollenbankmetingen maar is effectief te gebruiken, zeker in combinatie met een validatie op de rollenbank. Regelmatig wordt dit voor SEMS ook gecontroleerd in correlatie-experimenten, waarin SEMS samen met gecertificeerde laboratoriumapparatuur wordt gebruikt. Een mobiele meetopstelling maakt het meten van praktijkemissies goed mogelijk.

In vergelijking met rollenbanktesten kunnen de emissies zoals gemeten bij testen op de weg sterker variëren, dit wordt onder andere veroorzaakt door de volgende elementen:

- Op de weg kunnen de condities variëren. De belangrijkste condities zijn: het type wegdek, de hellingshoek van een weg, de bochtradius, de windkracht en windrichting, de buitentemperatuur, de luchtvochtigheid en eventuele neerslag.
- Verder kunnen de rijomstandigheden in de praktijk sterk verschillen, te denken valt aan voertuigbelading, gebruik van het voertuig (airconditioning, elektrische verbruikers, ramen open of gesloten), rijstijl (rustig versus sportief), snelheid en de actuele verkeerssituatie.

Emissietesten op de weg zijn dus niet zo zeer slechter dan rollenbanktesten maar verschillen van rollenbanktesten en kennen meer variatie.

## 3 Gegevens testvoertuig en onderzoekslocaties

### 3.1 Voertuiggegevens

In Tabel 3-1 zijn de gegevens van de geteste Jeep Grand Cherokee weergegeven. Enkele motordetails worden weergegeven in Bijlage E. Het voertuig is gedurende de levensduur volgens de voorschriften van de fabrikant onderhouden. Aangezien het testvoertuig tijdens het testprogramma de leeftijdsgrens van vijf jaar is gepasseerd hoeft het voertuig, sinds januari 2018, niet aan de In-Service-Conformity eisen te voldoen. De kilometerstand is wel lager dan 100.000 km. Tijdens het rollenbankprogramma heeft FCA in aanwezigheid van TNO en RDW de software update van de motorkalibratie uitgevoerd, waarna een tweede set testen is uitgevoerd.



Tabel 3-1: Gegevens Jeep Grand Cherokee.

Merk	[-]	Jeep
Type	[-]	Grand Cherokee CRD
Klasse	[-]	Passagiersvoertuig
Voertuigklasse	[-]	M1G
Brandstof	[-]	Diesel
Chassisnummer	[-]	1C4RJFBM3CC339555
Slagvolume motor	[cm <sup>3</sup> ]	2,987
Max. Vermogen	[kW]	177
Versnellingsbak		Automatisch geschakeld.
Emissieklasse	[-]	Euro 5a
Typegoedkeuringsinstantie	[-]	e4*2007/46 * 0186*06
Richtlijn Typegoedkeuring	[-]	715/2007*692/2008A
Voertuigmassa leeg	[kg]	2,247
Kilometerstand	[km]	82,659
Datum eerste registratie	[dd-mm-jj]	17-01-13
Motorkalibratie 1, voor update		68079778AJ
Verificatienummer kalibratie 1		E65EEFED
Motorkalibratie 2, na update		68079778AM
Verificatienummer kalibratie 2		D1ECC1B4



## 3.2 Meetapparatuur

### 3.2.1 Rollenbank:

De gebruikte rollenbank bij Horiba Europe GmbH voldoet aan de wettelijke eisen voor een typegoedkeuring en is gecertificeerd volgens ISO 17025. De rollenbank bestaat uit twee rollen waarop de voor- en achteras van het voertuig worden geplaatst. Voor het meten van emissies wordt gebruikt gemaakt van een verdunningstunnel met Constant Volume Sampler (CVS), monsternamenzakken en uitlaatgasanalysatoren die zowel verdund als onverdund uitlaatgas analyseren. In Bijlage D zijn de detailspecificaties van de rollenbank weergegeven.



Figuur 3-1: Rollenbank en meetapparatuur voor het uitvoeren van een emissietest.

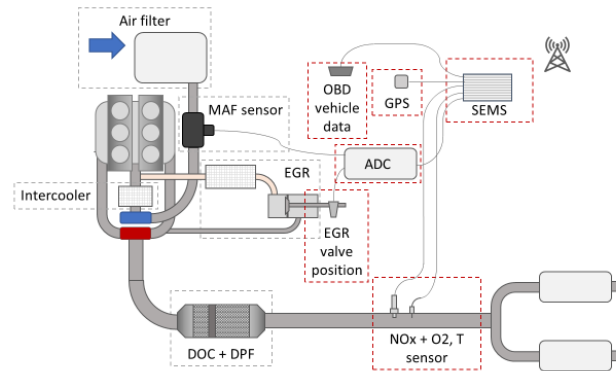
### 3.2.2 Mobiel meetsysteem SEMS

De metingen die zijn uitgevoerd op en nabij de RDW testbaan in Lelystad, zijn verricht met een SEMS emissiemeetsysteem. Figuur 3-2 toont schematisch de aansluiting van SEMS op de motor van de Jeep Grand Cherokee.

SEMS testresultaten zijn gebaseerd op gekalibreerde  $\text{NO}_x$   $\text{O}_2$  sensoren die in het uitlaatsysteem zijn gemonteerd en voertuigdata die van het OBD-systeem worden afgetakt. Tevens worden via een GPS ontvanger, die deel uitmaakt van SEMS, positiegegevens van het testvoertuig bepaald. Nadat de testdata via een mobiele dataverbinding in een database zijn opgeslagen vinden er correcties plaats, signaaluitlijning en berekeningen.

In het testprogramma op de rollenbank is dit SEMS meetsysteem gevalideerd.

Een belangrijk onderdeel van de  $\text{NO}_x$  reductie is de toepassing van EGR (Exhaust Gas Recirculation) in de motor waarbij een deel van het uitlaatgas aan de cilinder wordt teruggevoerd. Om inzicht te krijgen in de werking van de EGR is het positie signaal (analoge gelijkspanning) van de EGR-klep met behulp van een Analooq-Digitaal-Convertor (ADC) ingelezen in SEMS. Daarnaast zijn er ook motorsignalen gelogd die inzicht verschaffen over de werking van het EGR systeem.



Figuur 3-2: Schematische weergave van de motor van de Jeep Grand Cherokee en het TNO Smart Emission Measurement System (SEMS).

In bovenstaande figuur is de by-pass klep van de intercooler niet opgenomen. De intercooler wordt o.a. tijdens het regenereren van het roetfilter uitgeschakeld omdat dan een hoge uitlaatgastemperatuur in het roetfilter noodzakelijk is.

### 3.3 Testlocaties

#### 3.3.1 Rollenbank

Voor dit project is gebruik gemaakt van de rollenbank van Horiba Europe GmbH, gevestigd in Oberursel (Taunus) in Duitsland. Het testvoertuig is met een autotransport naar Horiba vervoerd.

#### 3.3.2 Test Centrum Lelystad (TCL)

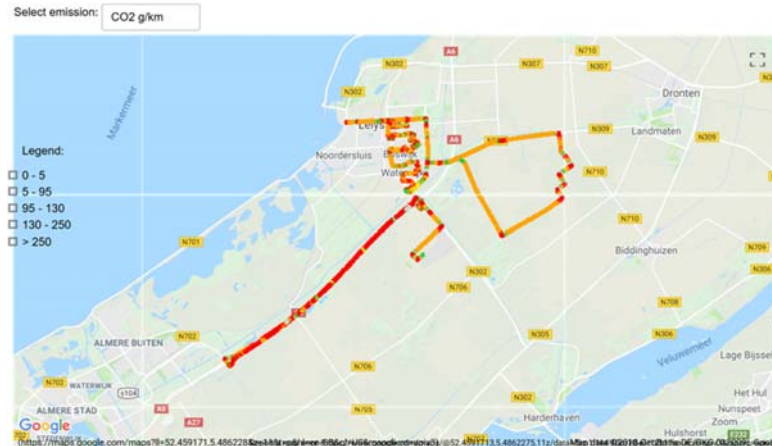
De eerste verkennende emissietesten zijn uitgevoerd op de testbaan van de RDW in Lelystad, zie Figuur 3-3. Deze heeft een lengte van 2.8 kilometer waarvan 1.4 kilometer rechte baan en 1.4 kilometer (kom)bochten.



Figuur 3-3: RDW Testbaan Lelystad (TCL).

### 3.3.3 RDE route Lelystad

In de omgeving van Lelystad heeft de RDW een RDE route ontwikkeld. Deze heeft een lengte van 87 kilometer en bevat een stadsdeel, buitenwegdeel en een snelwegdeel.



Figuur 3-4: RDE route Lelystad.

## 3.4 Testcycli

In dit onderzoek zijn testen uitgevoerd met de volgende testcycli:

- NEDC met koude motor start, zie paragraaf 2.3.
- NEDC met warme motor start, zie paragraaf 2.3.
- EUDC test met warme motor start, zie paragraaf 2.5.
- Constante snelheden (50, 80, 100 en 120 km/h).
- UDC test met koude motor start, zie paragraaf 2.7.
- UDC test met warme motor start, zie paragraaf 2.7.
- RDE test, zie paragraaf 3.3.3.

In Tabel 3-2 is een overzicht van parameters van de toegepaste testcycli opgenomen.

Tabel 3-2: Overzicht test cycli.

Test	Afstand [km]	Duur [s]	Gemiddelde Snelheid [km/h]
NEDC	11.0	1180	33.6
3* EUDC	20.8	1200	62.4
4* UDC	16.3	3120	18.7
ECE	1.0	195	18.7
RDE Lelystad	83.0	5617*	55.9

\*Indicatie. De duur van een RDE test is afhankelijk van de actuele verkeerssituatie.

Voor de uitvoering van de testen op de testbaan in Lelystad is door de RDW een zogenaamde 'drivers aid' in het testvoertuig gemonteerd. Een drivers aid instrueert de chauffeur over het te volgen snelheidsprofiel en schakelschema van een handgeschakelde versnellingsbak.

### **3.5 Brandstoffen**

In het rollenbankprogramma is de referentiebrandstof CEC-RF-06-08 B5 gebruikt, de certificaten zijn in Bijlage A opgenomen.

De emissietesten op de testbaan in Lelystad zijn met handelsbrandstof met EN590 specificatie uitgevoerd.

## 4 Resultaten

De resultaten van het emissieonderzoek zijn in dit hoofdstuk thematisch weergegeven met als doel de leesbaarheid van dit rapport te verhogen. Dit betekent dat resultaten van testen die op verschillende tijdstippen zijn uitgevoerd met elkaar worden vergeleken. In enkele gevallen worden resultaten van het eerder uitgevoerde verkennende RDW emissieonderzoek ook ingebracht.

### 4.1 Bepaling van de rijweerstand van het testvoertuig op de testbaan

In deze paragraaf wordt de doelstelling 2 van paragraaf 1.2 behandeld.

#### *Achtergrond:*

De emissietesten die in dit project op de testbaan zijn uitgevoerd, zijn deels herhaald op de rollenbank. Op een rollenbank dient de rijweerstandscurve van het testvoertuig te worden ingesteld. Als de op de testbaan vastgestelde rijweerstandscurve op de rollenbank wordt ingesteld, benaderen testcondities op de rollenbank de situatie op de testbaan. Zie ook paragraaf 2.4 voor meer achtergrondinformatie over de bepaling van een rijweerstandscurve.

Door de fabrikant is de rijweerstandscurve ook bepaald voorafgaand aan de typegoedkeuringstest, deze wordt in Figuur 4-2 en Tabel 4-1 aangeduid met 'OEM' of 'RL 1'.

#### *Uitvoering:*

In dit onderzoek is de rijweerstandscurve van het testvoertuig conform de wettelijke procedure bepaald. Deze wordt uitgevoerd op de rechte stukken wegdek van de testbaan en wordt in de resultaten aangeduid met 'TCL', zie Figuur 4-2.

Aan het einde van het testprogramma is de rijweerstandscurve van het testvoertuig over de gehele testbaan bepaald (inclusief de kombochten), zie Figuur 4-1. In dit geval is alle meetdata gefit m.b.v. de kleinste kwadratenmethode aan de tweedegraads rijweerstandscurve. De testbaan in Lelystad bestaat uit twee rechte stukken wegdek en twee kombochten, zie paragraaf 3.3.2. Zestien road load testen zijn uitgevoerd die op zes verschillende plaatsen op de testbaan zijn aangevangen; Met deze aanpak is een goede verdeling van de verschillende snelheden over de baanvakken gerealiseerd.

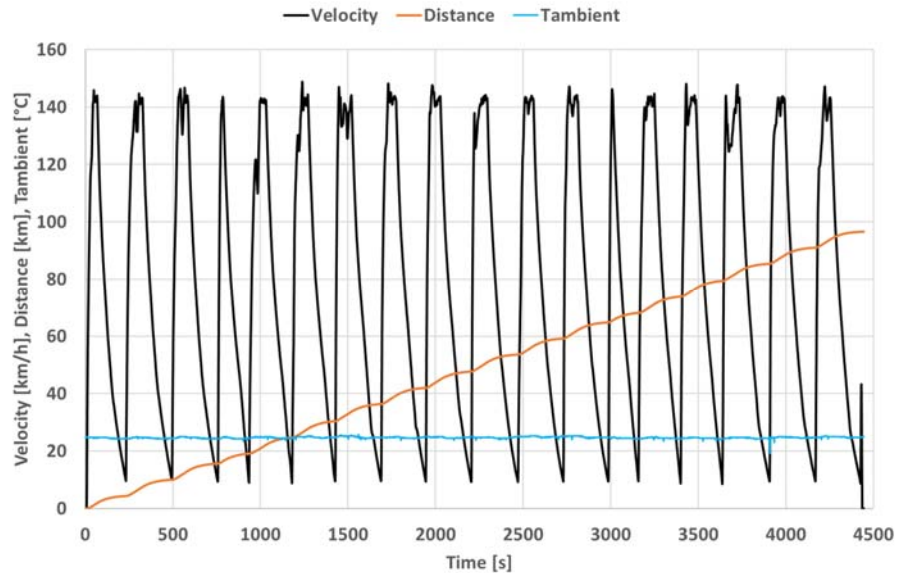
#### *Resultaat:*

De TCL rijweerstandscurve ligt vooral bij lagere snelheden hoger dan de OEM curve.

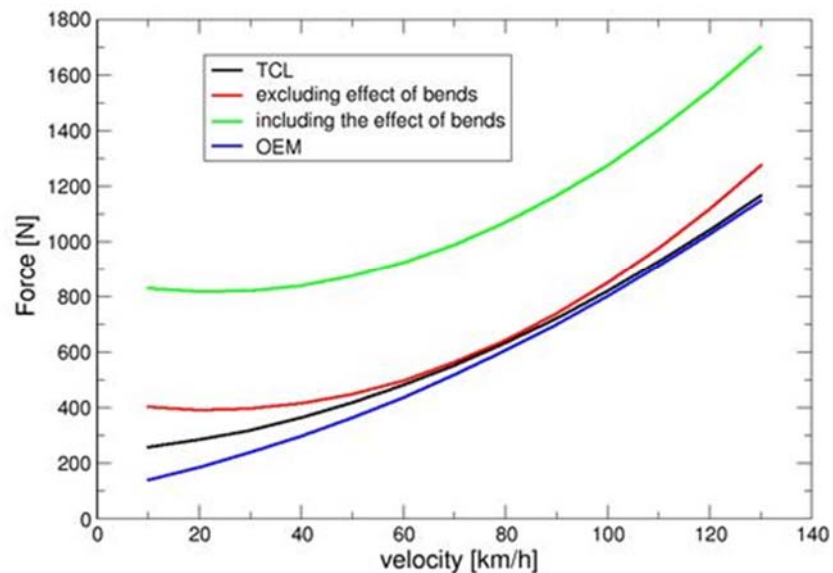
Mogelijke oorzaken van deze verhoogde rijweerstand zijn:

- Een wegdek met meer rijweerstand,
- Een hogere voertuigmassa,
- Meer frictie in de aandrijflijn van het testvoertuig dan in het voertuig van de typegoedkeuring,
- Banden met een hogere rolweerstand.

In Figuur 4-2 en Tabel 4-1 zijn de resultaten van deze rijweerstandscurven (in rood en groen) weergegeven. Door kombochten stijgt de gemiddelde rijweerstandskracht op de testbaan in Lelystad over het snelheidsinterval 10-130 km/h met ca. 400 N; Bij lagere snelheden betekent dit een verdubbeling van de rijweerstand.



Figuur 4-1: Road load testen van de Jeep Grand Cherokee op de testbaan in Lelystad, gestart op zes verschillende testbaanlocaties.



Figuur 4-2: Rijweerstandscurven van de Jeep Grand Cherokee onder verschillende condities.

Tabel 4-1: Coëfficiënten van de rijweerstandscurven van de Jeep Grand Cherokee.

Bron	Inertia	F0	F1	F2
	[kg]	[N]	[N/km]	[N/km <sup>2</sup> ]
OEM (RL1) blue	2270	102.5	3.50	0.0350
TCL (RL 2) black	2517	239.2	1.38	0.0443
TCL (RL 3) red	2491	432.3	-3.49	0.0768
TCL (RL 4) green	2491	857.3	-3.49	0.0768

*Deelconclusie 1:*

De rijweerstandscurve van het testvoertuig op de testbaan in Lelystad ligt globaal 0,5 tot 1,0 keer hoger dan de door de fabrikant vastgestelde rijweerstandscurve. Het absolute verschil in rijweerstandskracht is over het snelheidsbereik 10-130 km/h constant en is ongeveer 600-700 N. Dit verschil wordt grotendeels veroorzaakt door de kombochten in de testbaan.

## 4.2 Onderzoek praktijkemissies op een testbaan en op de openbare weg

### 4.2.1 Gemeten praktijkemissies voor de software update

In deze paragraaf wordt de doelstelling 4 van paragraaf 1.2 behandeld.

*Achtergrond:*

In het verkennende RDW onderzoek van 2017 zijn de emissies van een eerste Jeep Grand Cherokee in diverse testen op de testbaan gemeten bij een omgevingstemperatuur van 16 tot 25 °C. De gemeten NO<sub>x</sub> emissies variëren van 970 tot 2195 mg/km.

In twee RDE testen die een goed beeld geven van dagelijkse praktijkemissies is een NO<sub>x</sub> emissie van 1672 en 1889 mg/km gemeten, zie ook paragraaf 1.1.

*Uitvoering:*

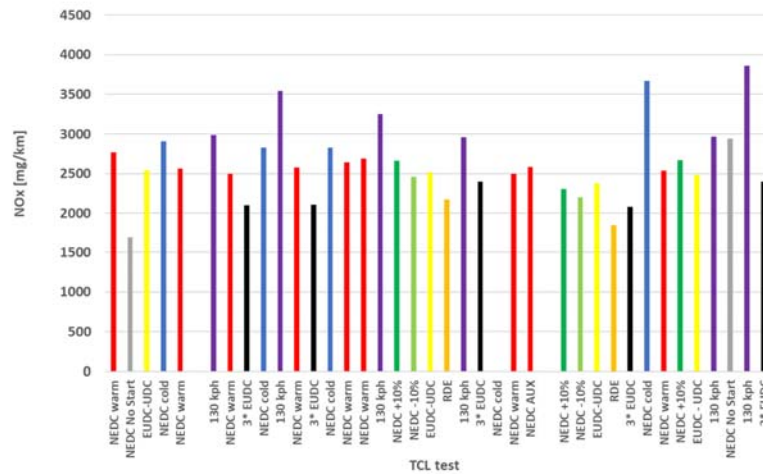
Dit emissieonderzoek is uitgevoerd op een tweede Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel. Als eerste zijn een aantal testen herhaald die op het eerste voertuig zijn uitgevoerd in het verkennende emissieonderzoek [RDW 2017].

*Resultaat:*

De verkennende emissietesten zijn uitgevoerd bij een omgevingstemperatuur van 5 tot 14 °C. Gemeten NO<sub>x</sub> emissies variëren van 1689 tot 3857 mg/km, zie Figuur 4-3. Deze figuur specificeert eveneens welke testcycli bij deze testen zijn gereden. In de twee gereden RDE testen is een NO<sub>x</sub> emissie van respectievelijk 1847 en 2171 mg/km gemeten.

*Deelconclusie 2:*

Er zijn twee Jeep Grand Cherokee Euro 5 dieselveertuigen met oorspronkelijke motorkalibratie C1 getest. De eerste in het RDW onderzoek van 2017 en de tweede in dit onderzoek. In beide gevallen overschrijden ze in emissietesten op de testbaan de NO<sub>x</sub> limietwaarde van 180 mg/km sterk (10-12 keer) en hebben ze een soortgelijk emissiegedrag.



Figuur 4-3: NO<sub>x</sub> emissies van eerste verkennende praktijkmetingen van de onderzochte Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel met motorkalibratie 1.

#### 4.2.2 Effecten van de omgevingstemperatuur op emissies

In deze paragraaf wordt de doelstelling 9 van paragraaf 1.2 behandeld en in het bijzonder de volgende onderzoeksvraag: In welke mate heeft de omgevingstemperatuur invloed op het emissiegedrag van het testvoertuig?

##### Achtergrond:

In Europa kunnen de buitentemperaturen gedurende het kalenderjaar sterk variëren. Aangezien de buitentemperatuur wordt gemeten door het voertuig is het de vraag in welke mate de motorafstelling hierdoor wordt beïnvloed.

##### Uitvoering:

Voor de beantwoording van deze vraag zijn op verschillende dagen met verschillende omgevingstemperaturen NEDC testen met een koude start uitgevoerd.

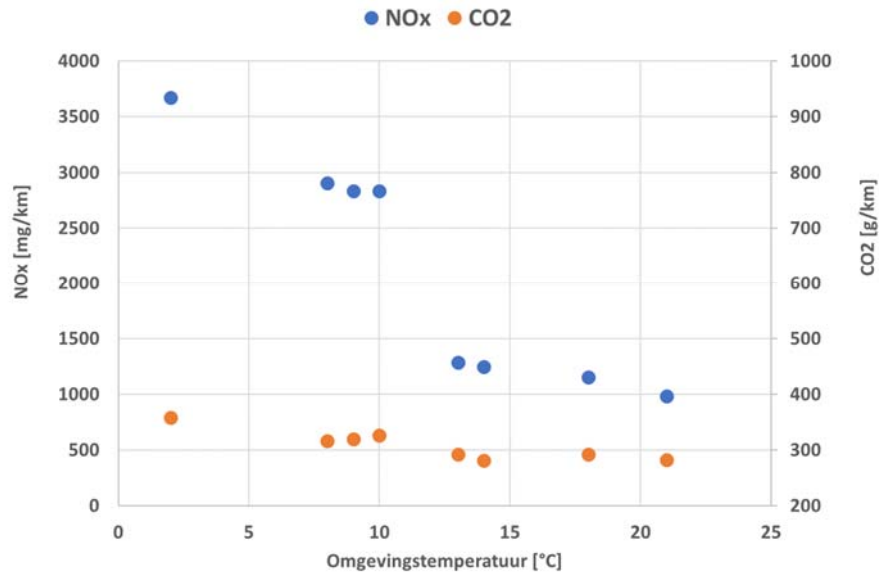
##### Resultaat:

In Tabel 4-2 en Figuur 4-4 zijn de emissieresultaten weergegeven. Bij de testen die in 2016 door de RDW op het eerste voertuig zijn uitgevoerd, bedroeg de omgevingstemperatuur 14-21 °C, bij het tweede in 2018 geteste voertuig was de omgevingstemperatuur 2-10 °C.

Tabel 4-2: NEDC testresultaten op de testbaan met motorkalibratie 1 van twee testvoertuigen bij verschillende omgevingstemperaturen.

Datum	Omgevingstemperatuur [°C]	CO <sub>2</sub> [g/km]	NO <sub>x</sub> [mg/km]
31-05-2016	21	282.5	983
02-06-2016	18	292.5	1152
03-06-2016	13	291.8	1283
06-06-2016	14	280.7	1249
14-03-2018	8	316.7	2908
15-03-2018	9	319.6	2832
16-03-2018	10	325.9	2833
21-03-2018	2	358.0	3670





Figuur 4-4: NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> emissies gemeten op de testbaan met motorkalibratie 1 bij verschillende omgevingstemperaturen.

#### *Deelconclusie 3:*

Uit de NEDC testen met koude start van de Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel met originele motorkalibratie C1, die op de testbaan bij verschillende omgevingstemperaturen zijn uitgevoerd, blijkt dat de NO<sub>x</sub> emissie van ca. 1000 naar meer dan 3500 mg/km stijgt als de omgevingstemperatuur daalt van 21 naar 2 °C; De bijbehorende CO<sub>2</sub> emissie stijgt dan van 281 naar 358 g/km. Hieruit blijkt dat de NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> emissies van de Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel met originele motorkalibratie sterk afhankelijk zijn van de omgevingstemperatuur.

#### 4.2.3 *Effecten op emissies bij een start met koude en warme motor*

In deze paragraaf worden de doelstellingen 5 en 9 van paragraaf 1.2 behandeld en in het bijzonder de volgende onderzoeksvragen: In welke mate heeft de thermische conditie of koelvloeistoftemperatuur bij het starten van de motor invloed op het emissiegedrag van het voertuig? Hoe gedraagt het EGR systeem zich als de NO<sub>x</sub> emissies van de motor variëren?

#### *Achtergrond:*

Het effect van de thermische conditie van een motor bij de start op de emissies van het voertuig, kan in kaart worden gebracht door identieke testen met verschillende koelvloeistoftemperaturen te starten, een zogenaamde 'koude' en 'warme' motor of koude en warme start. Testen met een koude start beginnen met een koelvloeistoftemperatuur van 25 °C of de actuele omgevingstemperatuur en bij testen met een warme start is de koelvloeistoftemperatuur dan 80-85 °C. Het gedrag van het EGR systeem is nader onderzocht door het meten van het positie signaal van de EGR klep. Dit positie signaal is een gelijkspanning en wordt uitgedrukt in millivolt (mV). Bij een lage gelijkspanning is de EGR klep gesloten en bij een hoge gelijkspanning is de EGR klep geopend.

*Uitvoering:*

In dit testprogramma zijn NEDC testen met koude en warme start na elkaar uitgevoerd, zowel op de testbaan als op de rollenbank.

*Resultaat:*

In Tabel 4-3 zijn de NO<sub>x</sub> emissies van NEDC testen met koude en warme start weergegeven. Bij omgevingstemperaturen beneden 14 °C zijn de NO<sub>x</sub> emissies in de testen met koude en warme start hoog (2538 – 3670 mg/km).

Bij omgevingstemperaturen tussen 20 en 24 °C daalt de NO<sub>x</sub> emissie in de NEDC test met koude start sterk (tot 970 - 1319 mg/km op de testbaan en tot 199 - 220 mg/km op de rollenbank); De NO<sub>x</sub> emissies bij een NEDC test met warme start zijn op de testbaan 1874 – 2195 mg/km en op de rollenbank 1630 en 1498 mg/km.

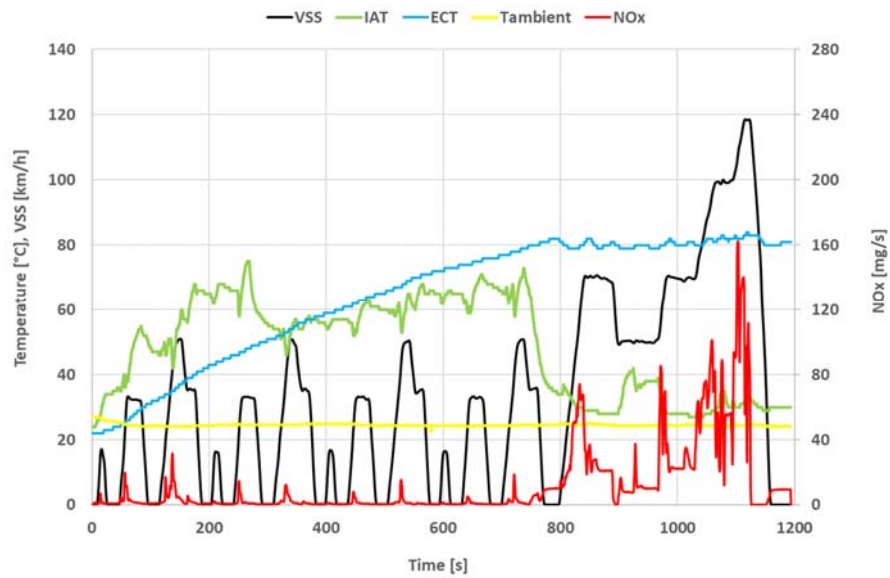
Tabel 4-3: NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> emissies van NEDC testen met koude en warme start op de rollenbank en testbaan met motorkalibratie 1.

Datum	T omgeving [°C]	CO <sub>2</sub> [g/km]	NO <sub>x</sub> [mg/km]	CO <sub>2</sub> [g/km]	NO <sub>x</sub> [mg/km]	Locatie
	<b>Koude en warme start</b>	<b>Koude start</b>		<b>Warme start</b>		
31-05-2016	20 en 20	283	970	254	1874	Testbaan
03-06-2016	17 en 17	292	1283	258	1935	Testbaan
05-08-2016	25 en 25	236	220	216	1630	Rollenbank
14-03-2018	8 en 14	317	2908	309	2568	Testbaan
15-03-2018	9 en 9	320	2832	299	2581	Testbaan
16-03-2018	10 en 8	326	2833	306	2644	Testbaan
21-03-2018	2 en 2	358	3670	286	2538	Testbaan
22-05-2018	24 en 24	309	1319	283	2195	Testbaan
15-08-2018	23 en 23	242	199	214	1498	Rollenbank

De oorzaak van de grote verschillen in NO<sub>x</sub> emissies in de NEDC testen met koude en warme start zijn nader onderzocht. In Figuur 4-5 - Figuur 4-7 zijn de grafieken van NEDC testen weergegeven met het NEDC snelheidsprofiel (VSS), de koelvloeistoftemperatuur (ECT), de temperatuur in de inlaat van de motor (IAT), de omgevingstemperatuur (T<sub>ambient</sub>), het positie signaal van de EGR klep en de NO<sub>x</sub> emissies.

In de NEDC test met koude start met een NO<sub>x</sub> emissie van 1319 mg/km, daalt de temperatuur in de inlaat (IAT) van de motor na 750 seconden van ca. 70 naar 30 °C, wordt de EGR klep op dat moment gedeeltelijk gesloten (zie Figure 4-6) en tegelijkertijd stijgt de NO<sub>x</sub> emissie substantieel, zie Figuur 4-5; De daling van IAT vindt plaats na 750 seconden en dit wordt mogelijk veroorzaakt door de (gedeeltelijke) uitschakeling van het EGR systeem.

Bij een ingeschakeld EGR systeem wordt relatief warm (> 80 °C) uitlaatgas met de inlaatlucht van de motor gemengd; De temperatuur van de inlaatlucht van de motor (IAT) stijgt onder deze conditie en de NO<sub>x</sub> emissies dalen.



Figuur 4-5: NEDC test met motorkalibratie 1 en koude start van 22-05-2018 op de testbaan. Na 750 seconden daalt de temperatuur (IAT) in de inlaat van de motor en stijgen de  $\text{NO}_x$  emissies substantieel.

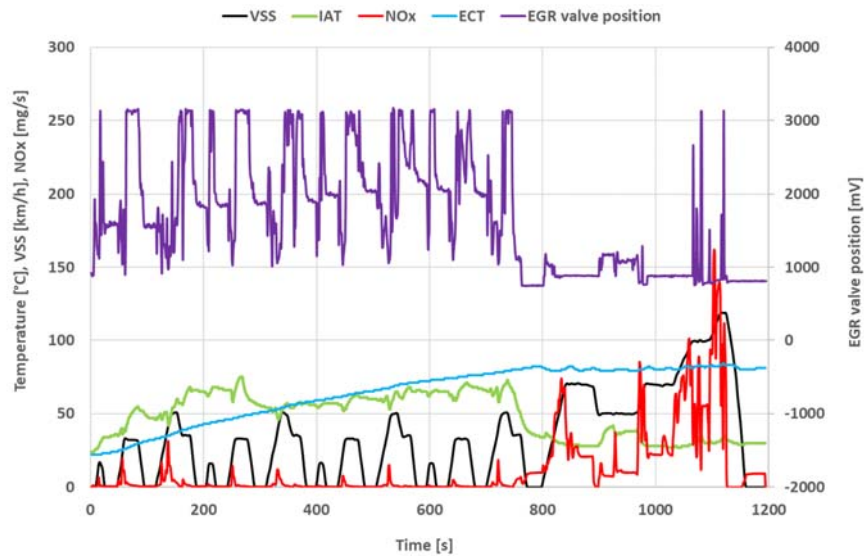
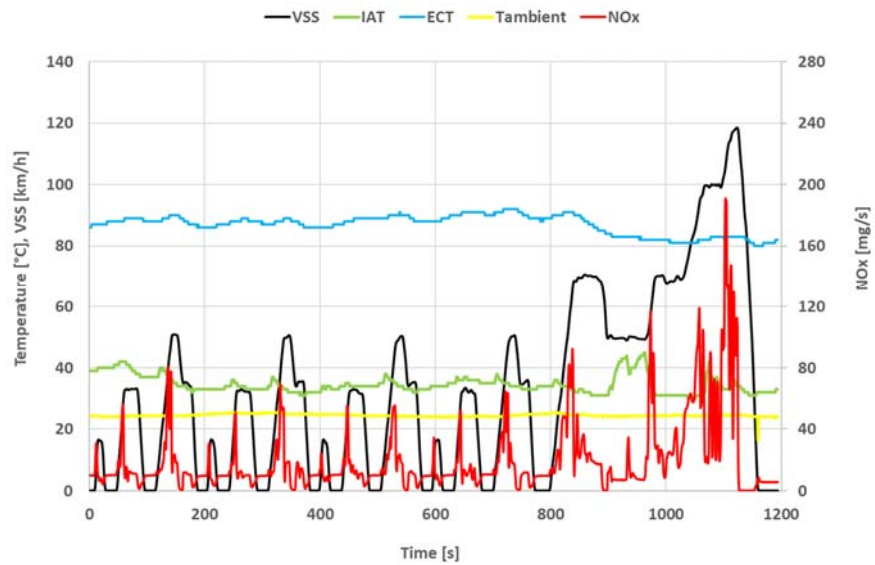


Figure 4-6: NEDC test met motorkalibratie 1 en koude start van 22-05-2018 op de testbaan. Na 750 seconden daalt de temperatuur (IAT) in de inlaat van de motor en stijgen de  $\text{NO}_x$  emissies substantieel. Dit wordt veroorzaakt door de (gedeeltelijke) uitschakeling van het EGR systeem. Het positie signaal van de EGR klep varieert gedurende de eerste 750 s tussen 1000 en 3000 mV. Na 750 s is sprake van een relatief stabiel positie signaal van de EGR klep (veelal < 1000 mV).



Figuur 4-7: NEDC test met warme motor start van 22-05-2018 op de testbaan met motorkalibratie 1. De temperatuur (IAT) in de inlaat van de motor is 30 – 45 °C en relatief constant. De NO<sub>x</sub> emissies zijn in vergelijking met de NEDC test met koude start in de eerste 780 s substantieel hoger. Dit wordt veroorzaakt door de (gedeeltelijke) uitschakeling van het EGR systeem.

In de NEDC test met warme start met een NO<sub>x</sub> emissie van 2195 mg/km, is de temperatuur van de inlaatlucht (IAT) relatief constant en laag 30-45 °C, zie Figuur 4-7; De NO<sub>x</sub> emissies zijn in de eerste 780 s substantieel hoger dan in de test met koude start. Dit wordt veroorzaakt door een (gedeeltelijke) uitschakeling van het EGR systeem dat door het motormanagement systeem wordt aangestuurd.

NO<sub>x</sub> emissies van een dieselmotor met EGR technologie zijn van vele parameters afhankelijk. Naast de compressieverhouding van de motor, de inlaattemperatuur, de hoeveelheid en de temperatuur van het teruggevoerde uitlaatgas is de brandstofinspuiting een belangrijke parameter. Het gaat dan met name om de brandstofinspuitdruk, de hoeveelheid inspuitingen per verbrandingscyclus en het tijdstip van de brandstofinspuitingen.

#### *Deelconclusie 4:*

In NEDC testen met warme start, op de testbaan, en originele motorkalibratie C1 zijn de NO<sub>x</sub> emissies tot wel een factor twee hoger dan in een NEDC test op de testbaan met koude start (1874 versus 970 mg/km). Op de rollenbank is deze factor bijna acht (1498 versus 199 mg/km); Er zijn dus verschillen in NO<sub>x</sub> emissies in NEDC testen met koude en warme start en er zijn verschillen in NO<sub>x</sub> emissies gemeten op rollenbank en testbaan. Al deze verschillen worden primair veroorzaakt door de verschillende hoeveelheden uitlaatgas die terugstromen in de motor (EGR) ten gevolge van een actieve aansturing van de EGR-regelklep door het besturingssysteem van de motor. Mogelijk zijn nog andere parameters (zoals de strategie van de brandstofinspuiting) van invloed op de NO<sub>x</sub> emissies, deze zijn niet onderzocht.

#### 4.2.4 *Verloop emissiegedrag na start van de motor*

In deze paragraaf worden de deeldoelstellingen 5, 6 en 10 van paragraaf 1.2 behandeld en in het bijzonder de volgende onderzoeksvraag: In welke mate verandert het emissiegedrag van het voertuig na de start van de motor?

##### *Achtergrond:*

Het is een algemeen gegeven dat een motor na een koude start opwarmt en dat emissies in de opwarmfase veranderen. In het door de RDW eerder uitgevoerde onderzoek referentie [RDW 2017] zijn vragen ontstaan die betrekking hebben op het actief in- of uitschakelen van systemen na verloop van tijd, afgelegde weg of gecumuleerde parameters nadat de motor is gestart. Deze vragen staan in principe geheel los van de opwarming van een motor maar kunnen wel tegelijkertijd een rol spelen. Speciale aandacht is besteed aan het gedrag van het EGR systeem en hiervoor is net als in paragraaf 4.2.3 het positie signaal van de EGR klep gemeten.

##### *Uitvoering:*

Het opwarmgedrag van een motor is onderzocht met een testcyclus die niet varieert (constante snelheid) of wordt herhaald (ECE cycli). In dit onderzoek is o.a. gebruik gemaakt van UDC testen zoals beschreven in paragraaf 2.7. De ECE testcyclus duurt 195 seconden en wordt zestien keer herhaald. Deze test wordt verder aangeduid als 4\*UDC test.

Op de testbaan in Lelystad zijn zeven 4\*UDC testen met koude start, zes 4\*UDC testen met warme start en testen bij constante snelheden uitgevoerd met de originele motorkalibratie. Per ECE cyclus is de NO<sub>x</sub> emissie in mg berekend en in de staaftafelieken in Figuur 4-8 t/m Figuur 4-23, Figuur 4-17 en Figuur 4-22 weergegeven. Ook zijn testen bij constante snelheden uitgevoerd, zie Figuur 4-15 en Figuur 4-16.

Ter verificatie van de emissietesten op de testbaan zijn op de rollenbank 4\*UDC testen met koude start uitgevoerd met de originele motorkalibratie; In Figuur 4-18 t/m Figuur 4-21 zijn de resultaten weergegeven.

##### *Resultaat:*

Uit de 4\*UDC testen met koude start, zie Figuur 4-8 t/m Figuur 4-23, blijkt dat er sprake is van twee NO<sub>x</sub> niveaus, te weten minder dan 500 mg en meer dan 2000 mg per ECE cyclus. Gedurende een 4\*UDC test springt in bijna alle gevallen de NO<sub>x</sub> emissie plotseling van een laag naar een hoog niveau, maar dit vindt niet op vaste tijdstippen plaats. Het tijdstip van de NO<sub>x</sub> emissiesprong varieert van 120 tot ongeveer 1450 seconden na de koude start; Deze 4\*UDC testen zijn bij omgevingstemperaturen van 10 tot 27 °C uitgevoerd.

In Figure 4-10 zijn per ECE cyclus de NO<sub>x</sub> emissie, het luchtverbruik en gemiddelde ECT, IAT en positie signaal van de EGR klep van een 4\*UDC test weergegeven. In de achtste ECE cyclus daalt de IAT en het positie signaal van de EGR klep en stijgen de NO<sub>x</sub> emissie en het luchtverbruik per ECE cyclus.

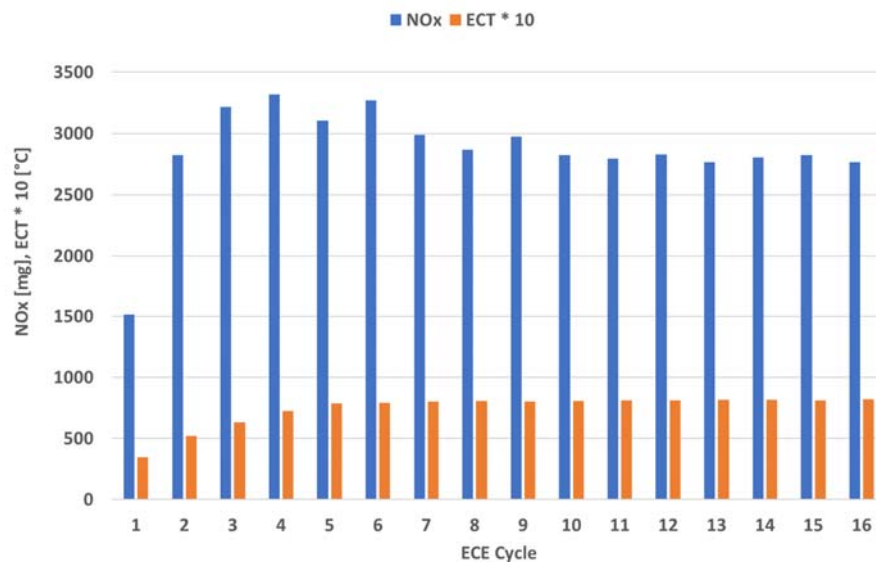
Uit de 4\*UDC testen met warme start, zie Figuur 4-22, blijkt dat de NO<sub>x</sub> emissies in de ECE cycli 2700-3000 mg zijn. Er is geen sprake van een sprong in NO<sub>x</sub> emissies, de EGR-regeling lijkt stabiel te zijn.

De testen bij constante snelheden (50 en 100 km/h), zie Figuur 4-15 en Figuur 4-16, leveren een divers beeld op. Bij 50 km/h, startend met een koude motor, en het bereiken van een koelvloeistof temperatuur van 80 °C nadat een afstand van 10 km is afgelegd, springt de NO<sub>x</sub> emissie van 2 naar 11-17 mg/s. Bij 100 km/h is de NO<sub>x</sub> emissie tijdens het opwarmen van de motor variabel. Eenmaal opgewarmd pendelt de NO<sub>x</sub> emissie tussen 10 en 50 mg/s, dit lijkt samen te hangen met de rijrichting van het voertuig op de testbaan. De cyclus van de inlaatlucht (IAT) heeft een duur van 100s en dit komt bij een snelheid van 100 km/h overeen met de lengte van de testbaan van 2,8 kilometer. Waarschijnlijk is er ten gevolge van de windrichting hier sprake van meer of minder effectieve EGR en/of inlaatlucht koeling

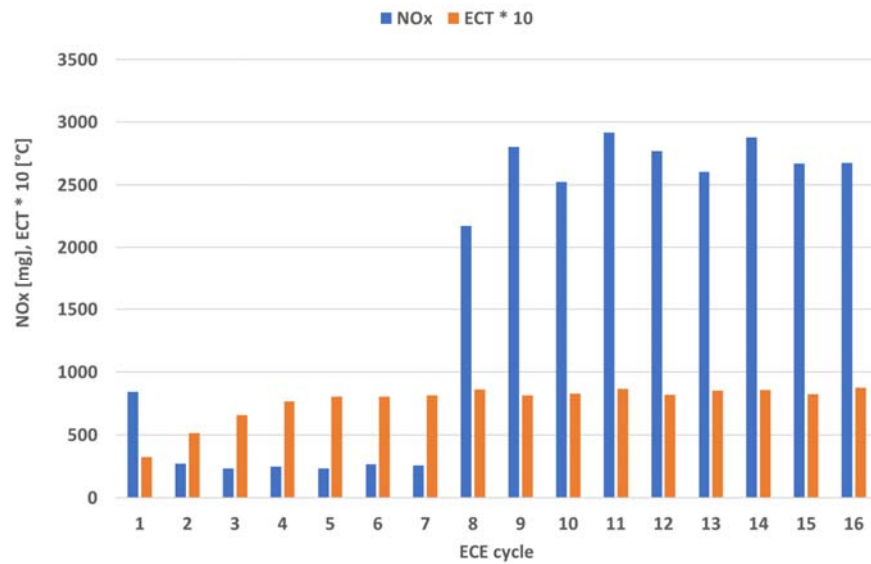
#### Analyse:

Het is op de testbaan niet gelukt het tijdstip van de NO<sub>x</sub> sprong in de 4\*UDC test te reproduceren. Mogelijk spelen de volgende zaken een rol: De 3\*EUDC preconditioneringstest, die voorafgaand aan iedere 4\*UDC test met koude start wordt uitgevoerd, eindigt op de testbaan en daarna is het testvoertuig naar de conditioneringsruimte gereden. Dit laatste stuk naar de conditioneringsruimte is ongedefinieerd, zowel wat betreft de snelheid als de afstand. Mogelijk spelen ook de verschillende omgevingstemperaturen waarbij de emissietesten zijn uitgevoerd een rol.

Veranderingen in de temperatuur van de inlaat (IAT) blijken direct gerelateerd aan het positie signaal van de EGR-klep. Als de EGR-klep (deels) sluit daalt IAT en neemt de MAF toe. Dit betekent dat de gemeten veranderingen van de IAT een gevolg zijn van het meer of minder toevoeren van EGR aan de inlaatlucht. Uiteraard werkt het ook omgekeerd, een EGR klep die wordt geopend doet de IAT stijgen.



Figuur 4-8: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus met motorkalibratie 1 van een 4\*UDC test met koude start, uitgevoerd op 28-03-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 26 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 10 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme start.



Figuur 4-9: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een 4\*UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 03-04-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 25 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 18-20 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme start.

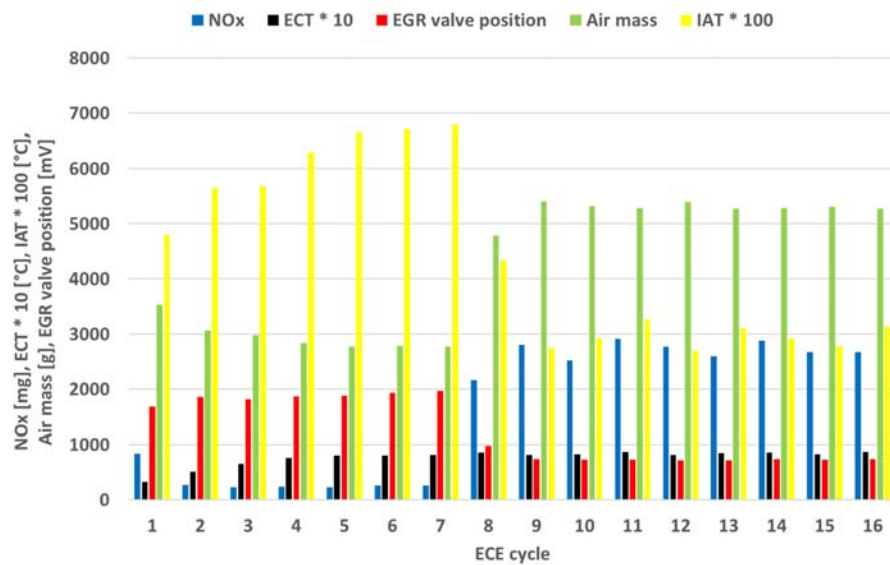
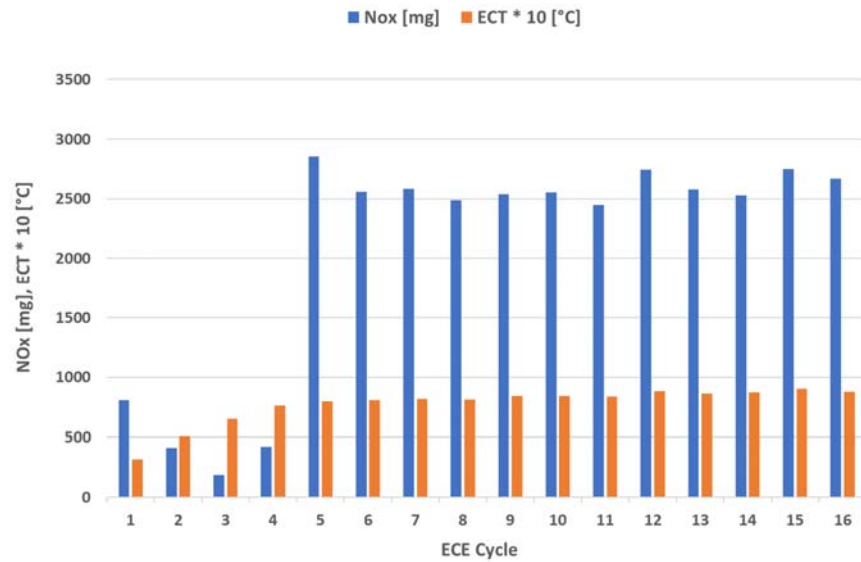
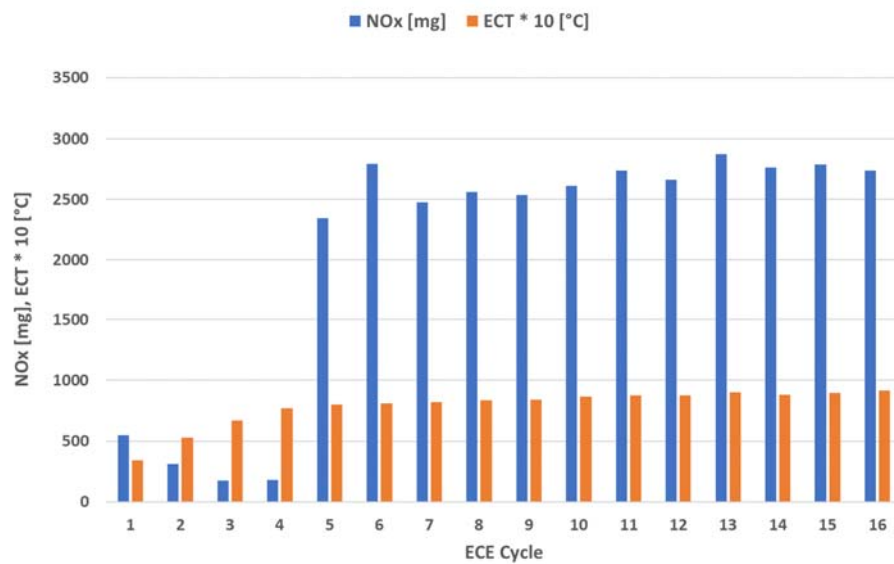


Figure 4-10: NO<sub>x</sub> emissie, luchtverbruik en gemiddelde ECT, IAT en positie signaal van de EGR klep per ECE cyclus van een 4\*UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 03-04-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 25 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 18-20 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme start.

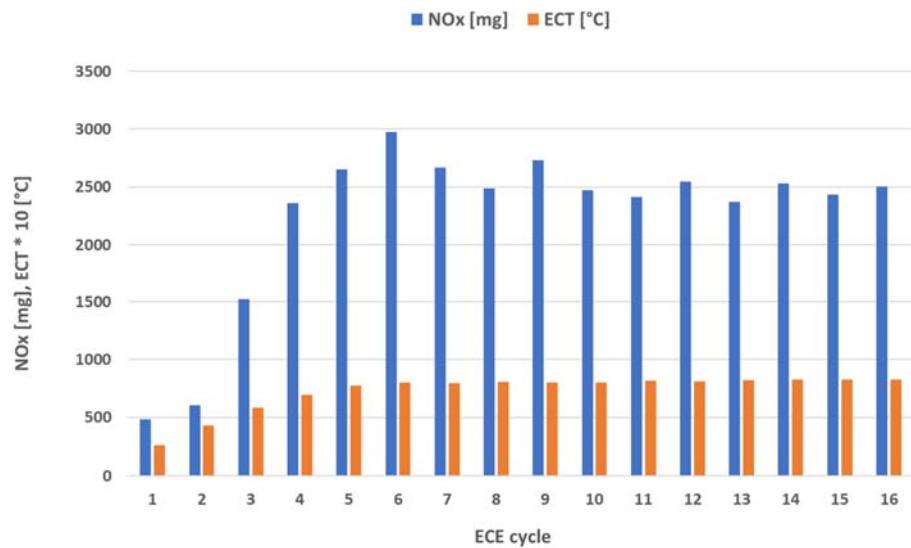


Figuur 4-11: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een 4\*UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 09-04-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 25 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 20 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme start.

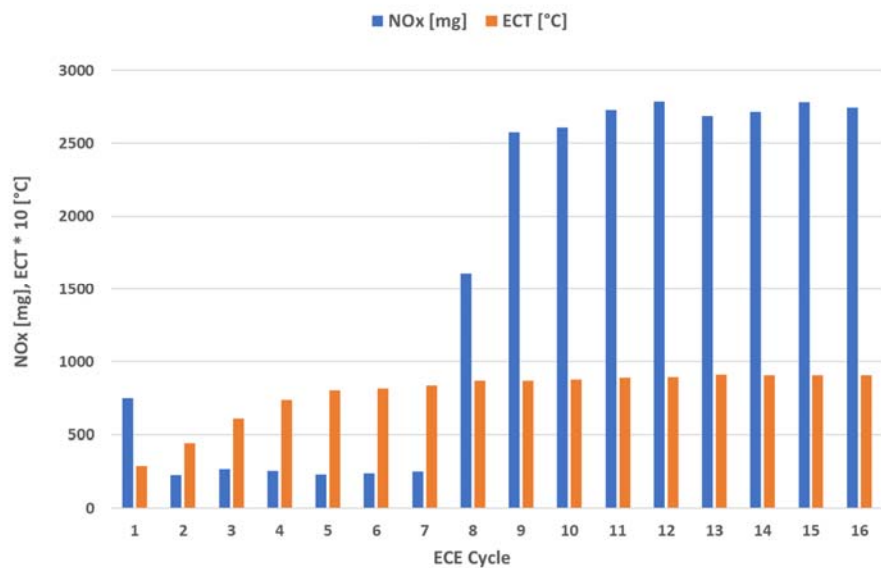


Figuur 4-12: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een 4\*UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 19-04-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 25 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 27 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme start.

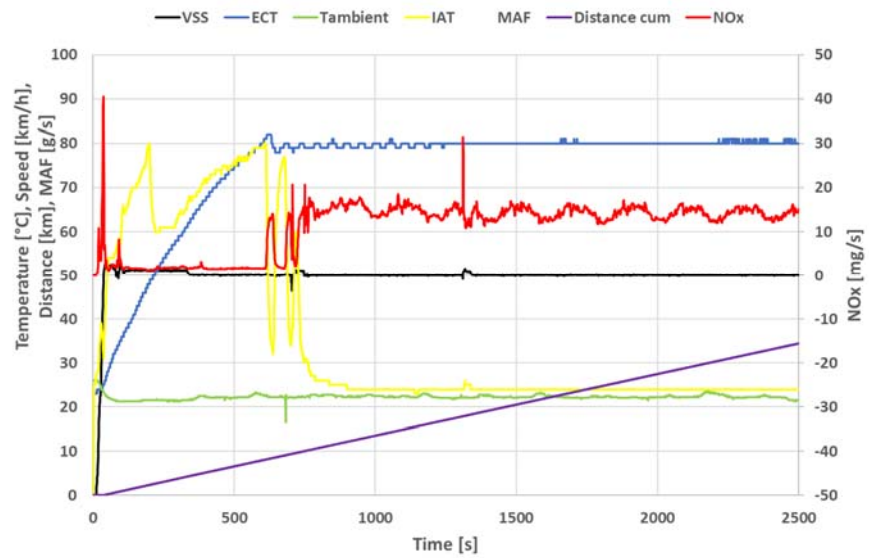




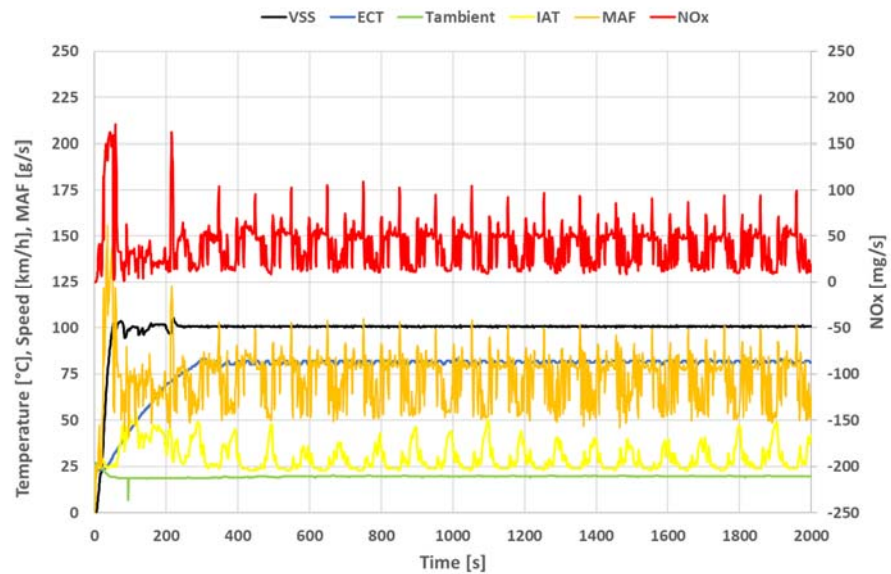
Figuur 4-13: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een 4\*UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 24-04-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 26 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 14 °C. Preconditionering 3\*EUUDC met warme start.



Figuur 4-14: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een 4\*UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 08-05-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 27 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 27 °C. Preconditionering 3\*EUUDC met warme start.



Figuur 4-15: NO<sub>x</sub> emissies bij een koude start met motorkalibratie 1 en een constante snelheid van 50 km/h. Tijdens de oplopende koelwatertemperatuur (ECT is 20 – 80 °C) is de NO<sub>x</sub> emissie minder dan 2 mg/s. Bij opgewarmde motor (ECT is 80 °C) is de NO<sub>x</sub> emissie 11 – 17 mg/s.

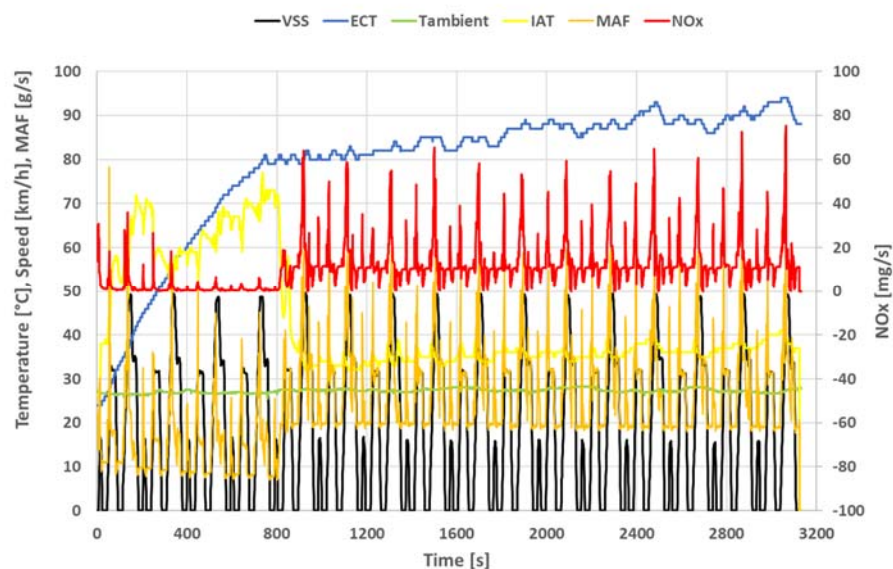


Figuur 4-16: NO<sub>x</sub> emissies bij een koude start met motorkalibratie 1 en een constante snelheid van 100 km/h. Tijdens de oplopende koelwatertemperatuur (ECT is 20 – 80 °C) is de NO<sub>x</sub> emissie variabel. Bij opgewarmde motor (ECT is 80 °C) pendelt de NO<sub>x</sub> emissie tussen 10 en 50 mg/s.

*Welke motorcondities veranderen ten tijde van de sprong in NO<sub>x</sub> emissie?*

In Figuur 4-17 wordt een aantal parameters van de 4\*UDC test van 19-04-2018 weergegeven. Bij t = 800 seconden, bij het verlaten van het NEDC snelheidscurve, blijkt de inlaatluchttemperatuur van de motor (IAT) te dalen van 70 naar 35 °C en stijgt de NO<sub>x</sub> emissie substantieel. Dit komt overeen met het verloop van de NO<sub>x</sub> emissie van Figuur 4-12. De oorzaak van de sprong in NO<sub>x</sub> emissie in 4\*UDC testen is primair gelegen in de verandering van de hoeveelheid EGR. Soortgelijk emissiegedrag is vastgesteld in NEDC testen met koude en warme start, zie Tabel 4-3.

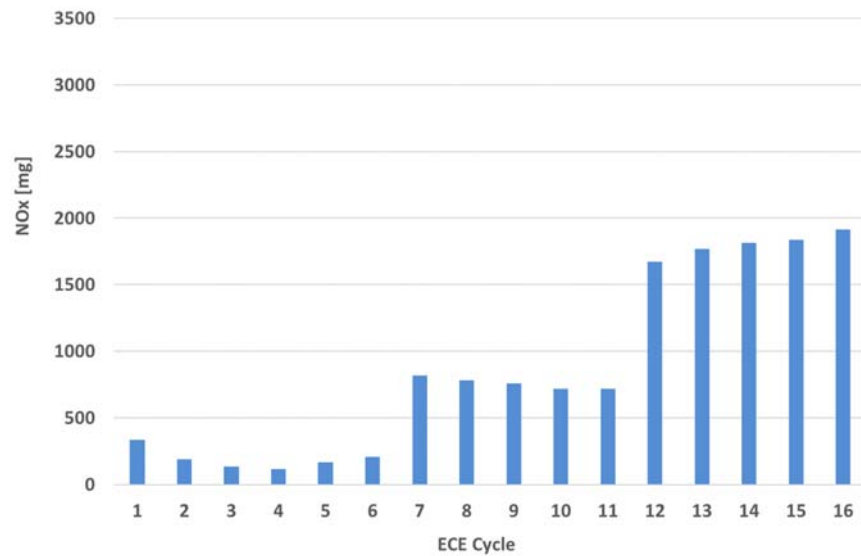
De achterliggende wijze van aansturing van het EGR systeem op de verschillende tijdstippen in 4\*UDC testen met koude motor start is niet gevonden.



Figuur 4-17: Diverse parameters van een 4\*UDC test met koude start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 19-04-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 25 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 27 °C.

*Verificatie van het emissiegedrag op de rollenbank.*

Het verloop van het emissiegedrag na een koude start van de motor is ook op de rollenbank in 4\*UDC testen gemeten met twee verschillende rijweerstandscurven (RL1 en RL2) bij een constante omgevingstemperatuur van 23 °C. In Figuur 4-18 t/m Figuur 4-21 zijn de testresultaten weergegeven. Behalve in de eerste test van 16-08-2018 is er in de overige testen eenzelfde NO<sub>x</sub> emissieverloop herkenbaar als bij de testen op de testbaan. Na verloop van tijd nemen de NO<sub>x</sub> emissies opeens zeer sterk toe, bij de laatste drie testen vindt dit in de achtste ECE cyclus plaats. Alleen in de eerste 4\*UDC test van 16-08-2018 is sprake van een ander verloop van de NO<sub>x</sub> emissies, maar het eindniveau (ongeveer 1800 mg/km) is gelijk. Mogelijk is de afwijkende preconditioneringscyclus (NEDC met warme motor start in plaats van 3\*EUDC met warme motor start) hier de reden van.



Figuur 4-18: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 16-08-2018 op de rollenbank met rollenbankinstellingen volgens fabrieksopgave (RL1) bij een omgevingstemperatuur van 23 °C. Preconditionering NEDC met warme motor start.

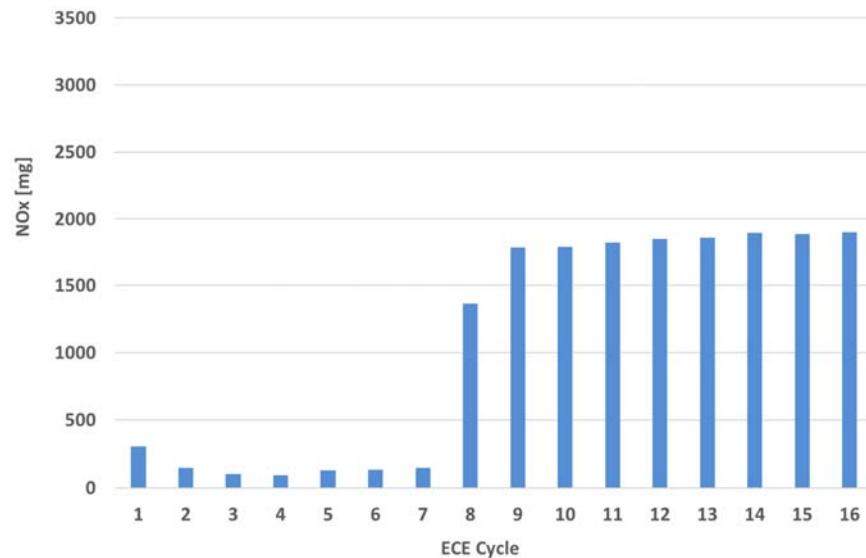
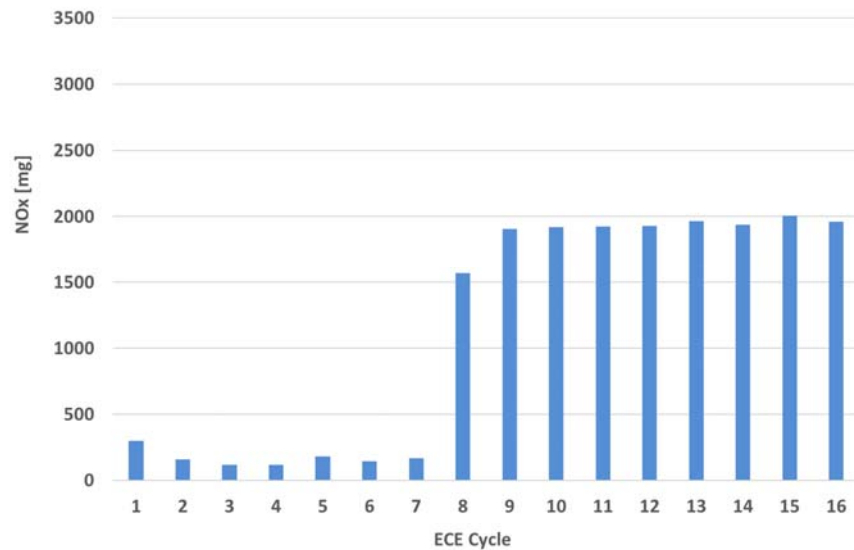
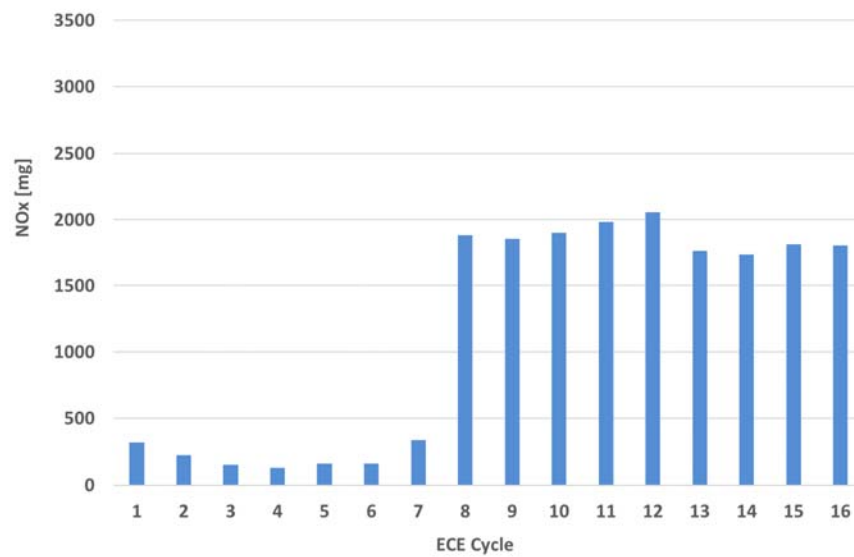


Figure 4-19: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 23-08-2018 op de rollenbank met rollenbankinstellingen volgens fabrieksopgave (RL1) bij een omgevingstemperatuur van 23 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme motor start.

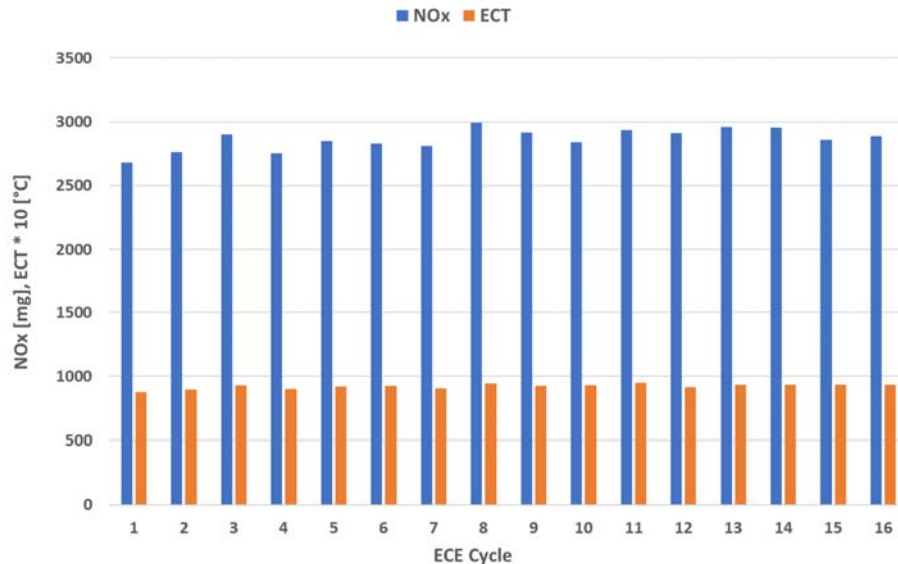


Figuur 4-20: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 21-08-2018 op de rollenbank met aangepaste rollenbankinstellingen (RL2) bij een omgevingstemperatuur van 23 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme motor start.



Figuur 4-21: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 24-08-2018 op de rollenbank met aangepaste rollenbankinstellingen (RL2) bij een omgevingstemperatuur van 23 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme motor start.

In Figuur 4-22 zijn de resultaten van een 4\*UDC test op de testbaan met warme motor start weergegeven. In deze test is de NO<sub>x</sub> emissie op een niveau tussen 2682 en 2969 mg per ECE cyclus; het EGR systeem lijkt permanent (grotendeels) uitgeschakeld. Dit valt af te leiden uit het feit dat de NO<sub>x</sub> emissies in alle ECE test cycli 2650 – 3000 mg zijn.



Figuur 4-22: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een 4\*UDC test met warme motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 19-04-2018. De test werd gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 28-30 °C. Preconditionering 4\*UDC met koude start.

#### Deelconclusie 5:

In UDC testen met motorkalibratie C1 en koude start blijkt na verloop van tijd de NO<sub>x</sub> emissie abrupt te stijgen van ongeveer 250 tot 1750-2750 mg per ECE cyclus. Een soortgelijke NO<sub>x</sub> sprong is gemeten in een test bij constante snelheid van 50 km/h. Deze sprong in NO<sub>x</sub> emissie wordt primair veroorzaakt door de toegepaste wijze van aansturing van het EGR systeem dat de hoeveelheid EGR regelt. Het tijdstip van deze plotselinge stijging van de NO<sub>x</sub> emissie varieert in de verschillende testen, de oorzaak hiervan is onbekend. Mogelijk zijn andere motorparameters (zoals de strategie van de brandstofinspuiting) ook van invloed op de NO<sub>x</sub> emissies, deze zijn niet onderzocht.

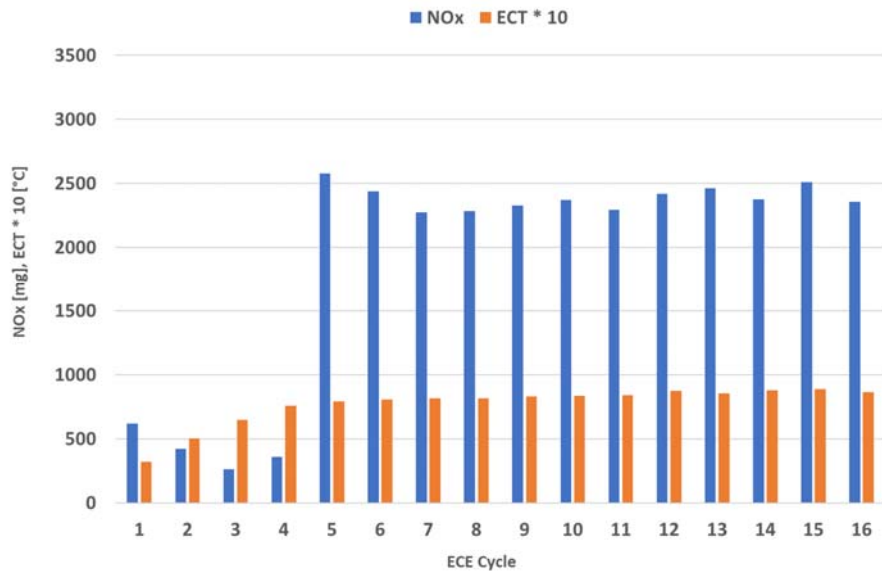
In UDC testen met warme start zijn de NO<sub>x</sub> emissies constant op een niveau tussen 2700 en 3000 mg per ECE cyclus en lijkt de EGR-regeling stabiel te functioneren.

#### Deelconclusie 6:

UDC testen met een koude motor start die op de testbaan en op de rollenbank zijn uitgevoerd vertonen een soortgelijk verloop van NO<sub>x</sub> emissies. De NO<sub>x</sub> emissies nemen na een aantal ECE cycli opeens toe van ca. 200 tot wel 2000 mg per ECE cyclus. De absolute NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> emissies op de rollenbank zijn wel enigszins lager dan op de testbaan; Deze lagere emissies op de rollenbank worden primair veroorzaakt door de lagere motorbelasting in de rollenbanktesten die mogelijk ook met andere motorafstellingen gepaard gaan ten opzichte van dezelfde test op de testbaan (denk aan brandstofinspuitstrategie).

### 4.3 Controle van de invloed van SEMS en de driver aid op de meetresultaten

De mogelijke invloed van het SEMS meetsysteem en de driver aid (een instrument dat de chauffeur instrueert over het te volgen snelheidspatroon) op het NO<sub>x</sub> emissiegedrag is onderzocht door in de 4\*UDC test van 25-04-2018 SEMS en de driver aid op een externe batterij aan te sluiten (in plaats van de batterij van het voertuig). Uit het testresultaat, zie Figuur 4-23, blijkt dat ook in deze test de NO<sub>x</sub> sprong optreedt. Dit betekent dat het energieverbruik van een op de voertuigbatterij aangesloten SEMS en driver aid systemen geen invloed lijken te hebben op het emissiegedrag van dit voertuig.



Figuur 4-23: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van een 4\*UDC test met koude motor start met motorkalibratie 1, uitgevoerd op 25-05-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 25 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 25 °C. SEMS en de driver aid waren aangesloten op een externe voeding. Preconditionering 3\*EUDC met warme start.

#### Deelconclusie 7:

Het NO<sub>x</sub> emissiegedrag van het geteste voertuig wordt niet beïnvloed door het type voedingsbron voor het gebruikte emissiemeetsysteem SEMS en de driver aid. Het elektrisch voeden van SEMS en de driver aid vanuit de batterij van het voertuig of vanuit een externe batterij lijkt geen meetbare invloed te hebben op de NO<sub>x</sub> emissie.

### 4.4 Verificatie van (praktijk)emissies op de rollenbank

Het grootste deel van dit onderzoek is uitgevoerd op de testbaan van de RDW; Deze testresultaten zijn geverifieerd door bepaalde testen op de rollenbank te herhalen. Ook de emissies in een typegoedkeuringstest zijn met een rollenbankmeting geverifieerd.

#### 4.4.1 Verificatie emissies in een NEDC typekeuringstest

In deze paragraaf wordt de deeldoelstelling 1 van paragraaf 1.2 behandeld en in het bijzonder de volgende onderzoeksvraag: In welke mate voldoet het geteste voertuig aan de Euro 5a limietwaarden?

##### Achtergrond:

Een voertuigfabrikant dient In Service Conformity (ISC) testprogramma's met een beperkt aantal voertuigen van een bepaald model uit te voeren door uitvoering van NEDC typegoedkeuringstesten. ISC-programma's zijn bedoeld om te controleren of voertuigen aan de geldende emissie-eisen voldoen. Voertuigen jonger dan vijf jaar of met een maximale kilometerstand van 100,000 km moeten aan de ISC-eisen voldoen. De geteste Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel is op 17 januari 2013 tenaamgesteld en werd in augustus 2018 op de rollenbank bij een kilometerstand van 85,181 km getest.

##### Uitvoering:

Het voertuig is op de rollenbank getest in diverse testcycli waaronder de NEDC testcyclus. De testen zijn uitgevoerd met referentiebrandstof en met verschillende rijweerstandscurven. Voorafgaand aan de NEDC testen zijn preconditioneringstesten op de rollenbank (3\* EUDC) uitgevoerd en vervolgens is het voertuig gedurende meer dan 6 uur geconditioneerd in een ruimte met een temperatuur van 23 °C. De temperatuur van de rollenbankruimte was tijdens de testen 23 °C.

##### Resultaat:

Tabel 4-4 toont de Euro 5a limietwaarden, de resultaten van de NEDC typegoedkeuringstest van dit voertuigmodel (OEM Type approval) en een NEDC testresultaat. Met de OEM road load (RL1) is de NEDC NO<sub>x</sub> emissie 199 mg/km, dit is 11% hoger dan de limietwaarde. Tegelijkertijd is de CO<sub>2</sub> emissie van 241 g/km 7% hoger dan de door de fabrikant gemeten waarde van 225 g/km. De door de fabrikant gedeclareerde CO<sub>2</sub> emissie is 218 g/km. De gemeten CO<sub>2</sub> emissie van 241 g/km duidt op een relatief hogere motorbelasting in de NEDC test van dit onderzoek en dit heeft ook tot gevolg dat de NO<sub>x</sub> emissies hoger zijn dan de gemeten waarden in de typegoedkeuring.

Alhoewel de NO<sub>x</sub> limietwaarde van 180 mg/km na 85,181 km in een test met iets verhoogde motorbelasting 11% wordt overschreden, kan daarom worden gesteld dat het voertuig met motorcalibratie 1 in lijn presteert met de metingen van de typegoedkeuring.

Tabel 4-4: Limietwaarden en meetwaarden in NEDC emissietesten met koude start met motorkalibratie 1.

	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	THC+NO <sub>x</sub>	PM	PN
	[g/km]	[mg/km]	[mg/km]	[mg/km]	[mg/km]	[/km]
Euro 5a limietwaarde	-	500	180	230	5.0	-
NEDC RL 1*	225	228	142	170	1.0	-
NEDC RL 1	241	393	199	156	0.4	8.0 * 10 <sup>8</sup>

\*OEM Type approval



**Deelconclusie 8:**

In een NEDC test met originele motorkalibratie C1 die volgens de typegoedkeuringseisen is uitgevoerd, is de CO<sub>2</sub> emissie 241 g/km Dit is 7% hoger dan de gemeten typegoedkeuringswaarde. De gemeten NO<sub>x</sub> emissie is 199 mg/km, dit is 11% boven de Euro 5 limietwaarde. Er is dus sprake van een geringe overschrijding van de Euro 5 limietwaarden.

**4.4.2 Effecten van verschillende rijweerstanden op de emissies**

In deze paragraaf wordt de doelstelling 3 van paragraaf 1.2 behandeld en in het bijzonder de volgende onderzoeksvraag: Wat is het effect van verschillende rijweerstandcurven op uitlaatemissies?

**Achtergrond:**

In een rollenbanktest wordt de totale rijweerstand en de massa van een voertuig gesimuleerd door de rollenbank. Daarvoor wordt de rijweerstandscurve van het testvoertuig eerst op de weg bepaald en vervolgens ingesteld op de rollenbank. Het is een bekend gegeven dat rijweerstandscurven die volgens de testprocedure in de typegoedkeuring worden bepaald laag uitvallen.

In paragraaf 4.1 zijn de rijweerstandscurven van het testvoertuig weergegeven. Er blijkt sprake van een zeer substantieel verschil tussen de rijweerstandscurve van de fabrikant en de vastgestelde rijweerstandscurve op de testbaan van de RDW. Aangezien dit testprogramma zowel op de rollenbank als op de weg is uitgevoerd is het gewenst een goed beeld van eventuele verschillen in testresultaten te hebben.

**Uitvoering:**

Het testvoertuig is op de rollenbank getest met de rijweerstandscurve van de fabrikant (RL 1) en met een rijweerstandscurve die op de rechte stukken van de testbaan in Lelystad (RL 2) is bepaald.

Ter vergelijking is een resultaat toegevoegd van een test die op de testbaan is uitgevoerd (RL 4).

**Resultaat:**

In Tabel 4-5 zijn resultaten van twee NEDC testen met twee verschillende rijweerstandscurven op de rollenbank (RL 1 en RL 2) en een NEDC test op de testbaan in Lelystad (RL 4) weergegeven. Bij een toename van de rijweerstand (RL 1 naar RL 2) neemt de CO<sub>2</sub> emissie toe van 241 naar 246 g/km. Ook neemt de NO<sub>x</sub> emissie toe van 199 naar 290 mg/km.

Op de testbaan in Lelystad is de rijweerstand relatief hoog, dit resulteert in de NEDC test in een CO<sub>2</sub> emissie van 283 g/km en een NO<sub>x</sub> emissie van 983 mg/km.

Tabel 4-5: Meetwaarden in NEDC emissietesten met motorkalibratie 1 met verschillende rollenbankinstellingen en op de RDW testbaan (RL 4) bij omgevingstemperaturen van 23 en 21 °C.

	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	THC+NO <sub>x</sub>	PM	PN
	[g/km]	[mg/km]	[mg/km]	[mg/km]	[mg/km]	[/km]
NEDC RL 1	241	393	199	156	0.4	8.0 * 10 <sup>8</sup>
NEDC RL 2	246	308	290	194	0.4	5.2 * 10 <sup>10</sup>
NEDC RL 4*	283	-	983	-	-	-

\*Testresultaat van verkennend emissieonderzoek 2016

*Deelconclusie 9:*

Uit de resultaten van NEDC testen met originele motorkalibratie C1 op de rollenbank bepaald met verschillende rijweerstandscurven en op de testbaan, blijkt dat de CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissies (sterk) toenemen als de rijweerstand toeneemt. Op de testbaan wordt met de hoogste rijweerstand getest. Een toename van de rijweerstand heeft een toename van de motorbelasting tot gevolg en dit leidt in dit testprogramma tot een verhoging van de CO<sub>2</sub> emissie van 241 naar 283 g/km (+ 17%), de NO<sub>x</sub> emissie stijgt op dat moment van 199 naar 983 mg/km (+ 394%).

**4.4.3** *Vergelijk van SEMS emissieresultaten met rollenbank emissieresultaten*

In deze paragraaf worden de deeldoelstelling 7 van paragraaf 1.2 behandeld en in het bijzonder de volgende onderzoeksvraag: Wat is de kwaliteit van SEMS in vergelijking met de meetresultaten van de rollenbank?

*Achtergrond:*

De meetsystemen van de rollenbankopstelling verschillen van het mobiele meetsysteem SEMS. De wettelijk gedefinieerde methode op de rollenbank wordt uitgevoerd met een verdunningstunnel met constant debiet en een bemonstering met een continue volumestroom. Dit uitlaatgas wordt in zakken verzameld en achteraf geanalyseerd in uitlaatgasanalysatoren. SEMS is uitgerust met een NO<sub>x</sub>-O<sub>2</sub> sensor in de uitlaat en maakt via het On Board Diagnostics (OBD) systeem gebruik van sensoren die in het voertuig zijn gemonteerd. Beide meetsystemen zijn in dit onderzoek toegepast.

*Uitvoering:*

In een aantal rollenbanktesten is een validatie van SEMS met de meetapparatuur van de rollenbank uitgevoerd. Beide meetsystemen waren tegelijkertijd in bedrijf.

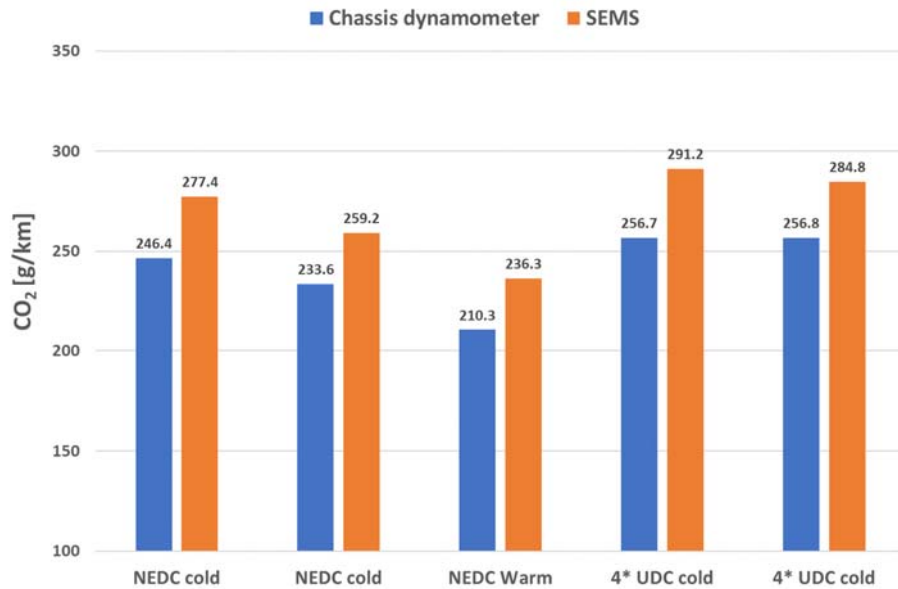
*Resultaat:*

In Figuur 4-24 zijn de CO<sub>2</sub> emissies van vijf verschillende emissietesten weergegeven. De gemeten SEMS CO<sub>2</sub> emissies zijn 11-13% (gemiddeld 12%) hoger dan die gemeten bij de wettelijk rollenbankmethode.

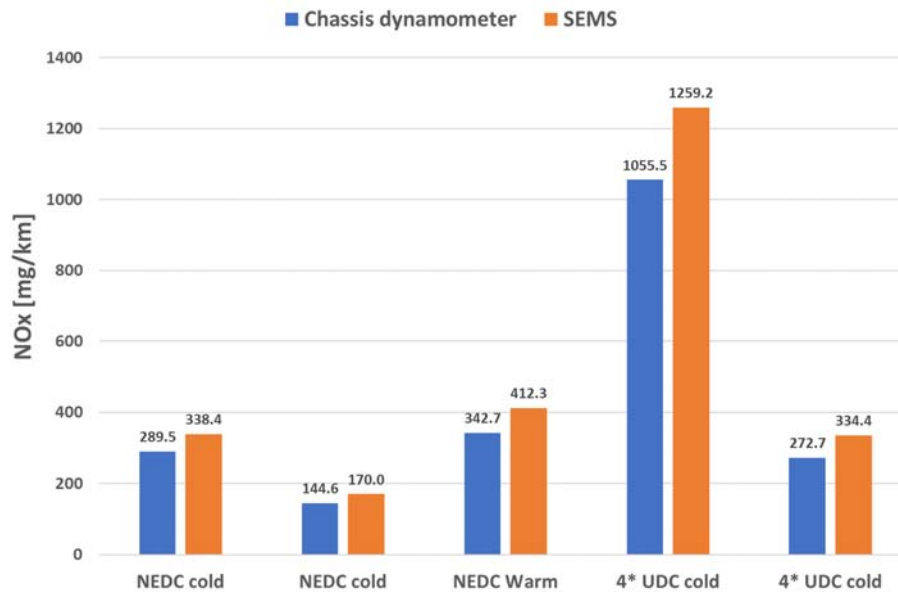
In Figuur 4-25 zijn de NO<sub>x</sub> emissies weergegeven. De gemeten SEMS NO<sub>x</sub> emissies zijn 17-23% (gemiddeld 19%) hoger dan gemeten met de wettelijke rollenbankmethode.

*Analyse:*

In NEDC en UDC testen die zijn herhaald, worden gelijke verschillen in CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissies gemeten. Alle gemeten SEMS CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissies zijn hoger dan de emissies van de rollenbank en deze afwijking is per component redelijk constant. Dit alles duidt op een systematische afwijking van SEMS en een goede herhaalbaarheid.



Figuur 4-24: CO<sub>2</sub> emissies van verschillende rollenbanktesten gemeten met meetapparatuur van de rollenbank (chassis dynamometer) en met SEMS.



Figuur 4-25: NO<sub>x</sub> emissies van vijf rollenbanktesten, gemeten met meetapparatuur van de rollenbank (chassis dynamometer) en met SEMS.

*Deelconclusie 10:*

De door het meetsysteem SEMS gemeten absolute CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissies van deze Jeep Grand Cherokee zijn hoger dan de opgegeven waarde die op basis van de wettelijke meetmethode op een rollenbank zijn bepaald. De relatieve afwijkingen zijn voor CO<sub>2</sub> 11-13% en voor NO<sub>x</sub> 17-23% en deze zijn redelijk constant over sterk verschillende emissieniveaus van de vijf uitgevoerde testen. Voor de deelconclusies in dit onderzoek hebben de genoemde afwijkingen van het SEMS systeem geen gevolgen omdat alle metingen met SEMS zijn uitgevoerd en de gemeten afwijkingen bij de verschillende emissieniveaus constant zijn.

#### 4.5 Verificatie van emissies na update motorkalibratie

In deze paragraaf worden de deeldoelstellingen 8 en 10 van paragraaf 1.2 behandeld en in het bijzonder de volgende onderzoeksvraag: Wat is het effect van een nieuwe motorkalibratie op de emissies van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel?

*Achtergrond:*

In 2017 heeft de fabrikant gemeld dat een verbeterde motorkalibratie voor dit voertuigmodel beschikbaar komt. In de loop van het rollenbankprogramma, dat plaats vond in augustus 2018, heeft de fabrikant een nieuwe motorkalibratie in het testvoertuig geïnstalleerd. De fabrikant meldde mondeling dat het EGR-kenveld is uitgebreid waardoor in meer bedrijfsomstandigheden grotere hoeveelheden EGR worden toegevoerd. De toelichting bevatte geen informatie over aanpassingen van startcondities van de EGR regeling van de motor.

*Uitvoering:*

Tijdens het rollenbankprogramma heeft de fabrikant het testvoertuig met de originele motorkalibratie gecontroleerd en is het voertuig geheel in orde bevonden. Daarna is de nieuwe motorkalibratie (voor identificatienummers zie Tabel 3-1) geïnstalleerd en is een actieve roetfilterregeneratie uitgevoerd. De regeneratie van het roetfilter vond plaats met een stilstaand voertuig bij een motortoerental van 3000 1/min en duurde ongeveer 20 minuten.

Vervolgens zijn op de rollenbank, op de testbaan en op de openbare weg een aantal emissietesten met deze nieuwe motorkalibratie uitgevoerd die in de volgende paragrafen 4.4.1 en 4.4.2 worden gerapporteerd.

##### 4.5.1 *Rollenbank*

In Tabel 4-6 en Figuur 4-26 zijn NO<sub>x</sub> emissies van verschillende NEDC testen weergegeven die zijn uitgevoerd op de rollenbank. Met de rijweerstandscurven (RL1 en RL2), de startcondities c en w (koude en warme motor) en de motorkalibraties (c1 en c2) is gevarieerd.

Ten gevolge van een toename van de rijweerstand (RL 1 naar RL2) stijgt de NO<sub>x</sub> emissie in een NEDC test met koude start met motorkalibratie 1 van 199 naar 290 mg/km en de CO<sub>2</sub> emissie van 241 naar 246 g/km.

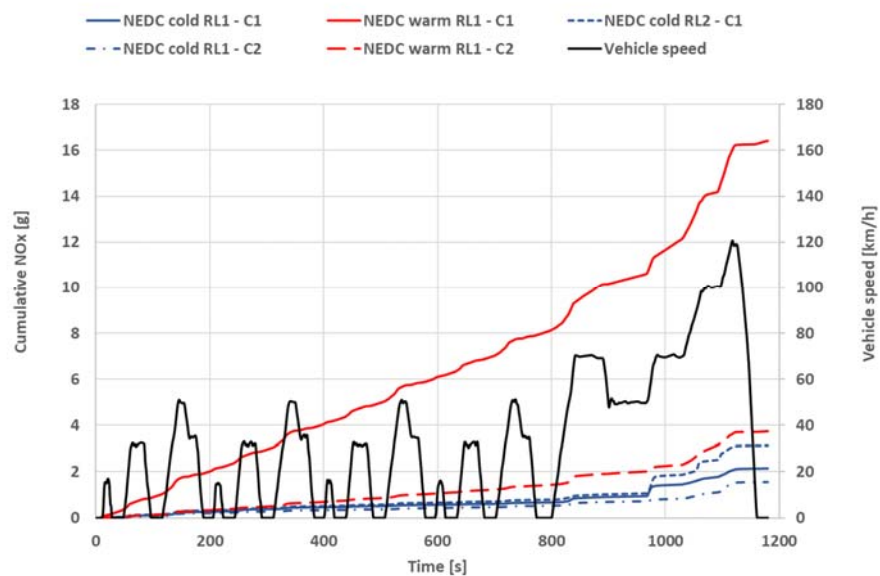
Ten opzichte van een test met een koude start stijgt de NO<sub>x</sub> emissie bij een warme start (c naar w) met motorkalibratie 1 in een NEDC test van 199 naar 1498 mg/km en de CO<sub>2</sub> emissie daalt van 241 naar 214 g/km.

Motorkalibratie 2 doet de NO<sub>x</sub> emissie in een NEDC test met koude start dalen van 199 naar 145 mg/km (-27%).

In een NEDC test met motorkalibratie 2 met warme start daalt, ondanks de hogere rijweerstand ten opzichte van de test met motorkalibratie 1, de NO<sub>x</sub> emissie van 1498 naar 343 mg/km (-77%). In Figuur 4-26 zijn de cumulatieve NO<sub>x</sub> emissies van NEDC testen grafisch weergegeven.

Tabel 4-6: NEDC testresultaten met koude en warme start (c & w), twee verschillende rijweerstandscurven (RL1 and RL2) en twee verschillende motorkalibraties (c1 & c2).

	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	THC+NO <sub>x</sub>	PM	PN
	[g/km]	[mg/km]	[mg/km]	[mg/km]	[mg/km]	[/km]
NEDCc RL1c1	241	393	199	156	0.4	8.0 * 10 <sup>8</sup>
NEDCc RL2c1	246	308	290	194	0.4	5.2 * 10 <sup>10</sup>
NEDCc RL1c2	234	439	145	184	0.2	6.7 * E <sup>10</sup>
NEDCw RL1c1	214	26	1498	1525	0.4	2.5 * 10 <sup>10</sup>
NEDCw RL2c2	210	27	343	349	0.3	1.7 * 10 <sup>8</sup>

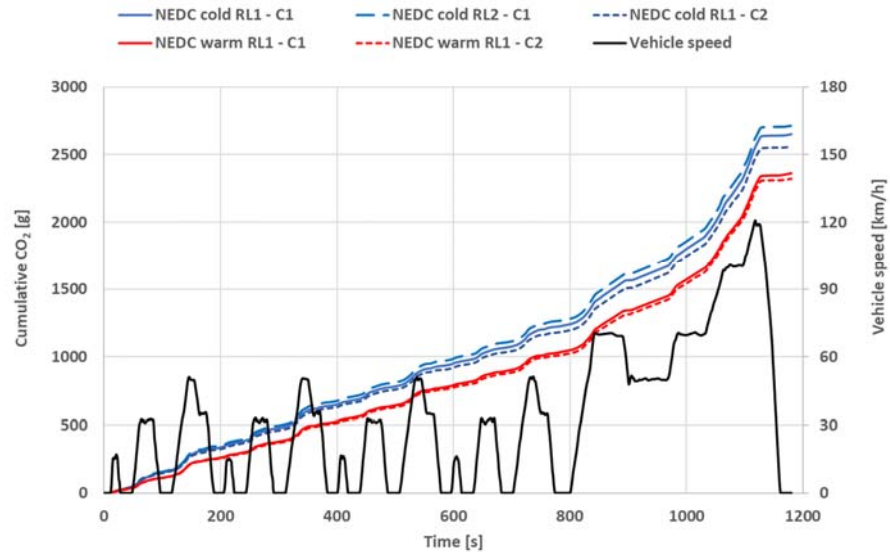


Figuur 4-26: Cumulatieve weergave van NO<sub>x</sub> emissies van NEDC testen met koude en warme start (c & w), twee verschillende rijweerstandscurven (RL1 en RL2) en twee verschillende motorkalibraties (c1 & c2).

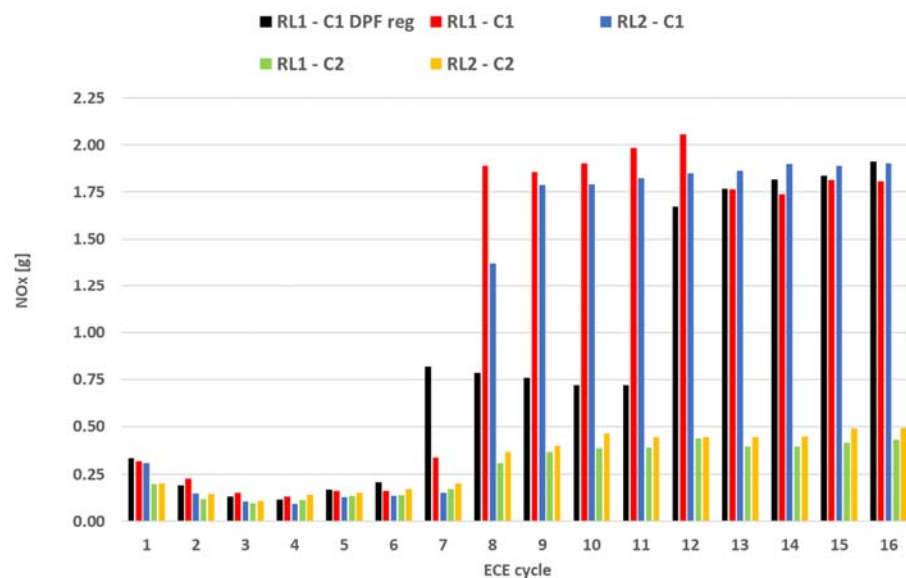
In Figuur 4-27 zijn de cumulatieve CO<sub>2</sub> emissies van de uitgevoerde NEDC testen weergegeven. Hieruit blijkt dat de optredende verschillen ten gunste van de verschillende motorkalibraties bij de CO<sub>2</sub> emissies veel geringer zijn dan de verschillen bij de NO<sub>x</sub> emissies.

In Figuur 4-28 zijn de NO<sub>x</sub> emissies van UDC testen per ECE cyclus weergegeven met motorkalibraties 1 en 2. In de eerste UDC test met motorkalibratie 1 is een roetfilterregeneratie opgetreden en is er in ECE cycli 7 t/m 11 sprake van lagere NO<sub>x</sub> emissies.

Na ongeveer acht ECE cycli is bij motorkalibratie 1 sprake van een NO<sub>x</sub> toename met een factor 8-10 (van ca. 0.2 naar 2.0 g per ECE cyclus). In geval van motorkalibratie 2 is de NO<sub>x</sub> toename rond ECE cyclus 8 een factor 2 (van ca. 0.2 naar 0.4 g per ECE cyclus).



Figuur 4-27: Cumulatieve weergave van CO<sub>2</sub> emissies van NEDC testen met koude en warme start (c & w), twee verschillende rijweerstandscurven (RL1 en RL2) en twee verschillende motorkalibraties (c1 & c2).

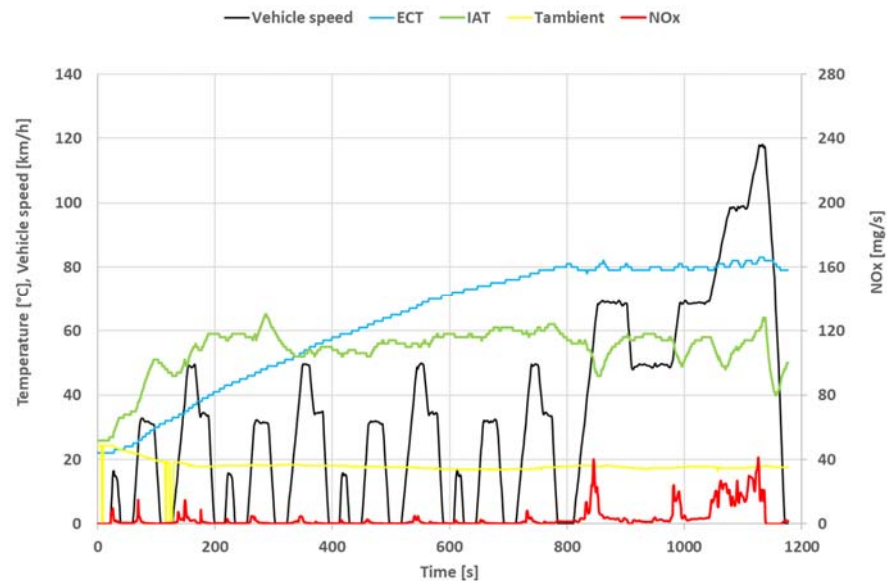


Figuur 4-28: NO<sub>x</sub> emissies per ECE cyclus van UDC testen met koude start, uitgevoerd op de rollenbank met twee motorkalibraties (c1 & c2), rollenbankinstellingen (RL1, RL2) bij een omgevingstemperatuur van 23 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme start. Een roetfilterregeneratie vond plaats in de eerste test (zwart).

#### 4.5.2 Testbaan en openbare weg

Met motorkalibratie 2 zijn op de testbaan een aantal testen uitgevoerd.

In Figuur 4-29 zijn het verloop van diverse parameters en de NO<sub>x</sub> emissies van een NEDC test met koude start weergegeven. De NO<sub>x</sub> emissie is 376 mg/km en het EGR systeem is in de gehele test actief (IAT > 50 °C). In vergelijking met de NEDC test met motorkalibratie 1 (zie Figuur 4-5) met een NO<sub>x</sub> emissie van 1319 mg/km wordt duidelijk dat het verschil in NO<sub>x</sub> emissie vooral in het EUDC deel (van 780 tot 1180 s) ontstaat.

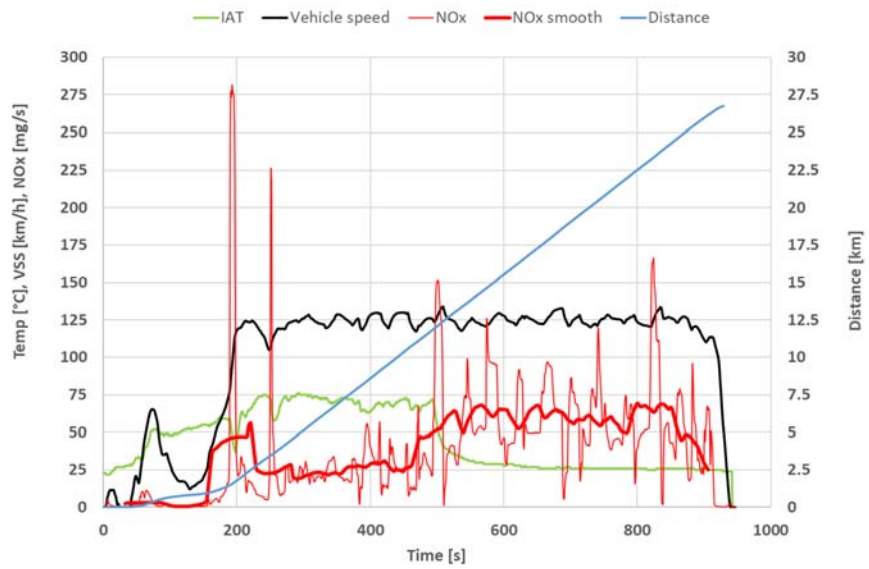


Figuur 4-29: NEDC test met motorkalibratie 2 en koude start van 18-10-2018 op de testbaan, de omgevingstemperatuur is 18 °C. De inlaattemperatuur is in vrijwel de gehele test 50-60 °C, dit duidt op een actief EGR systeem. CO<sub>2</sub> = 312 g/km en NO<sub>x</sub> = 376 mg/km.

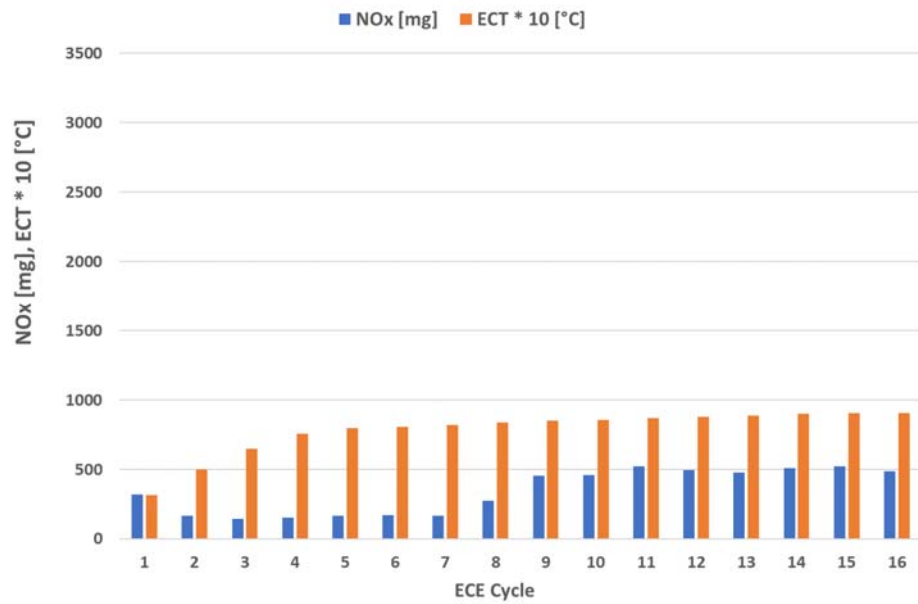
Ook zijn met motorkalibratie 2 op de testbaan de NO<sub>x</sub> emissies bij een constante snelheid gemeten. In Figuur 4-30 blijkt na ongeveer 300 seconden, nadat een afstand van 12 kilometer is afgelegd bij een constante snelheid van 125 km/h, de inlaattemperatuur (IAT) te dalen van ongeveer 70 naar 25 °C en neemt de NO<sub>x</sub> emissie toe van 25 tot 50-65 mg/s; Deze verhoging van NO<sub>x</sub> emissies wordt primair veroorzaakt door een verlaging van de toegevoerde hoeveelheid EGR.

Verder zijn op de testbaan UDC testen met motorkalibratie 2 uitgevoerd.

In Figuur 4-31 zijn per ECE cyclus de NO<sub>x</sub> emissies weergegeven. Na 1500 s stijgt de NO<sub>x</sub> emissie per ECE cyclus van ca. 170 naar 500 mg. Ondanks deze stijging naar 500 mg per ECE cyclus ligt deze emissie laag ten opzichte van de gemeten NO<sub>x</sub> emissie van 2500 mg in ECE cycli met motorkalibratie 1. Uit Figuur 4-32 blijkt de inlaattemperatuur (IAT) te dalen van bijna 70 naar 60 °C en tegelijkertijd neemt de NO<sub>x</sub> emissie per ECE cyclus toe van 170 naar 500 mg. Ook dit duidt op een vermindering van de toegevoerde hoeveelheid EGR.

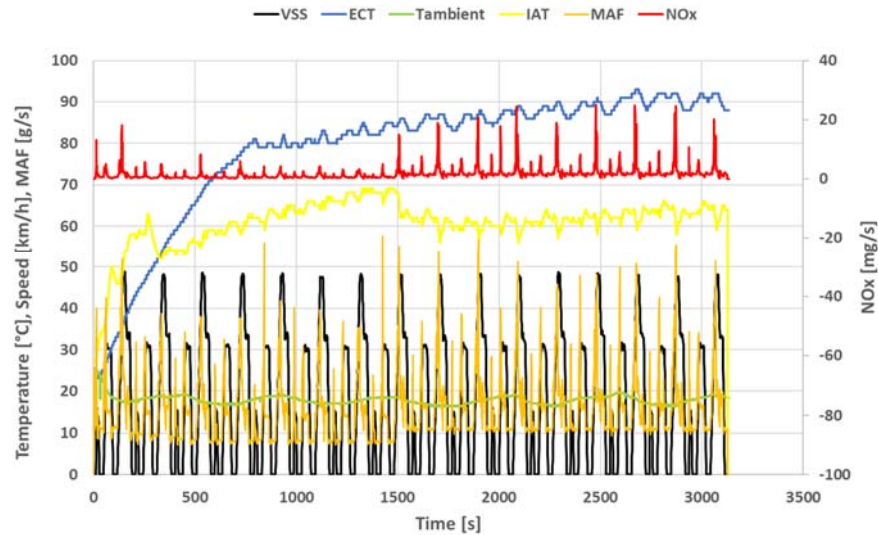


Figuur 4-30: Test bij een constante snelheid van 125 km/h met motorkalibratie 2 en koude start van 23-10-2018 op de testbaan. De inlaattemperatuur is tot  $t = 500$ s rond  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Daarna daalt de inlaattemperatuur naar  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  en stijgt de  $\text{NO}_x$  emissie van ongeveer 25 naar 50-65 mg/s. Dit duidt op een daling van de hoeveelheid EGR.



Figuur 4-31:  $\text{NO}_x$  emissies per ECE cyclus met motorkalibratie 2 van een 4\*UDC test met koude start, uitgevoerd op 24-10-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Preconditionering 3\*EUDC met warme start.





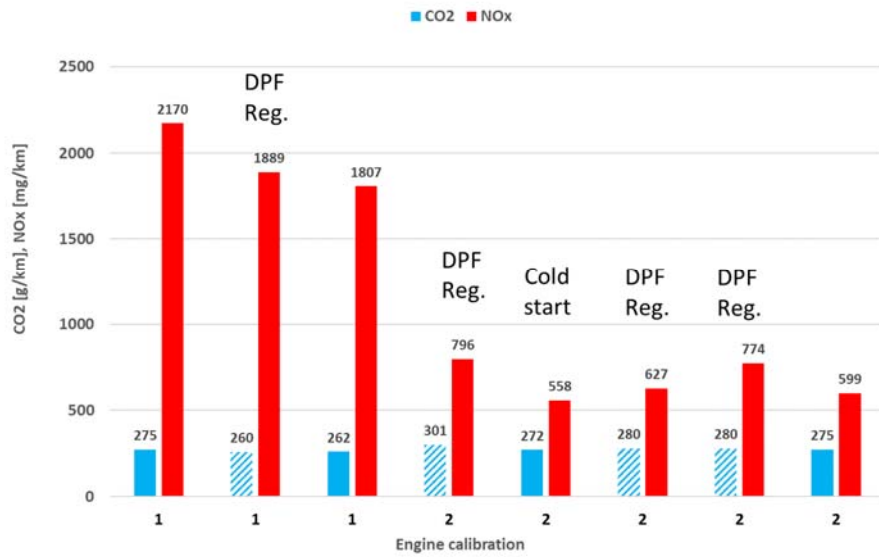
Figuur 4-32: 4\*UDC test met koude start met motorkalibratie 2, uitgevoerd op 24-10-2018. De test werd gestart in een conditioneringsruimte van 25 °C en gereden op de testbaan van de RDW met een omgevingstemperatuur van 18 °C. Preconditionering 3\*EUDC met warme start. Na 1500 s daalt de inlaattemperatuur van 70 naar 60 °C en stijgt de NO<sub>x</sub> emissie.

In Tabel 4-7 en Figuur 4-33 zijn de CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissieresultaten van RDE testen weergegeven die met twee motorkalibraties zijn uitgevoerd. Met een warme start met motorkalibratie 1 zijn bij omgevingstemperaturen van 5.5 tot 23 °C NO<sub>x</sub> emissies van 1807-2170 mg/km gemeten. Met motorkalibratie 2 met warme start zijn bij omgevingstemperaturen van 11.6 tot 27.5 °C NO<sub>x</sub> emissies van 599-796 mg/km gemeten, dit is een verlaging van ongeveer 65-70% ten opzichte van de RDE testen met motorkalibratie 1. Het luchtverbruik is met motorkalibratie 2 per RDE test 200-214 kg en is ten opzichte van de RDE testen met motorkalibratie 1 een kwart gedaald (was 276-295 kg); Deze daling van het luchtverbruik is een gevolg van een toename van de gebruikte hoeveelheid EGR. Met motorkalibratie 2 lijkt het roetfilter in RDE testen frequenter te worden geregenereerd.

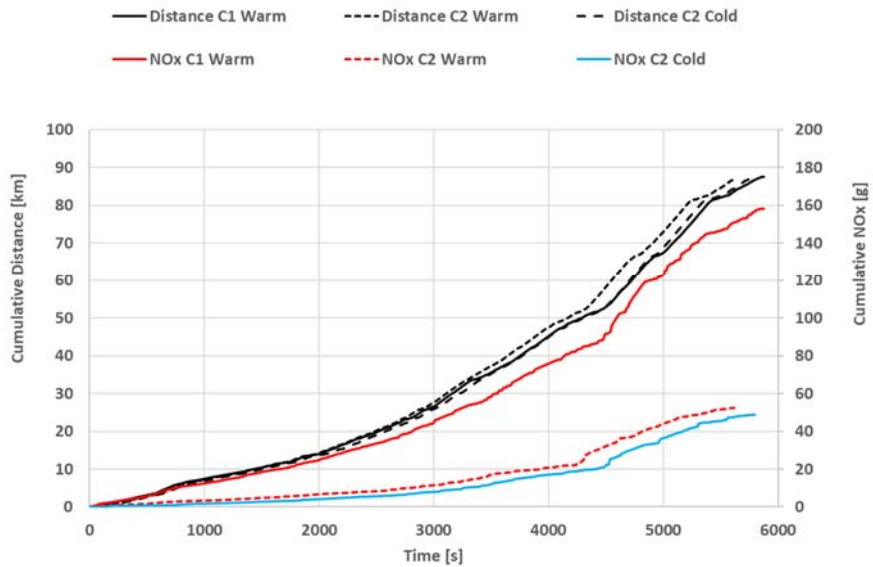
Tabel 4-7: CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en luchtverbruik resultaten van RDE testen van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel uitgevoerd in Lelystad met twee verschillende motorkalibraties.

Datum	Kalibratie Start	T omgeving	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Luchtverbruik
		[°C]	[g/km]	[mg/km]	[kg]
16-3-2018	1 – warm	5.5	275	2170	294.9
20-3-2018*	1 – warm	11.5	260	1889	286.3
20-6-2018	1 – warm	23	262	1807	276.1
2-10-2018*	2 – warm	11.6	301	796	213.9
3-10-2018	2 – koud	14.5	272	558	200.0
4-10-2018*	2 – warm	16	280	627	204.7
5-10-2018*	2 – warm	20	280	774	206.8
13-10-2018	2 - warm	27.5	275	599	202.6

\*Regeneratie van het roetfilter



Figuur 4-33: CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> resultaten van RDE testen van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel uitgevoerd in Lelystad met twee verschillende motorkalibraties.



Figuur 4-34: Cumulatieve NO<sub>x</sub> resultaten van RDE testen van de Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel uitgevoerd in Lelystad met twee verschillende motorkalibraties.

*Deelconclusie 11:*

De NO<sub>x</sub> emissies van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel zijn na de update van de motorkalibratie (C2) sterk gedaald.

Dit is vastgesteld in de volgende testen:

1. In de NEDC typekeuringstest op de rollenbank, met de beide motorkalibraties, die wordt gestart met koude motor zijn de NO<sub>x</sub> emissies 199 en 145 mg/km relatief constant en liggen deze rondom de limietwaarde van 180 mg/km. Op de testbaan is deze NEDC test met koude start met beide motorkalibraties uitgevoerd met een omgevingstemperatuur van 24 en 18 °C en is de NO<sub>x</sub> emissie met motorkalibratie C2 gedaald van 1319 naar 376 mg/km.
2. In de RDE testen met warme start die uitgevoerd zijn op de openbare weg, daalt de NO<sub>x</sub> emissie na de update van de motorkalibratie van 1807-2170 naar 599-774 mg/km. Startcondities met motorkalibratie C2 met koude of warme motor hebben in RDE testen slechts zeer geringe invloed op de NO<sub>x</sub> emissieniveaus.
3. In UDC testen met koude start met motorkalibratie C1 die uitgevoerd zijn op de rollenbank en op de testbaan neemt de NO<sub>x</sub> emissie 1500 seconden na de koude start vrij abrupt toe van ongeveer 250 mg per ECE cyclus naar
4. 1750-2750 mg per ECE cyclus. Met motorkalibratie C2 is deze NO<sub>x</sub> toename van ca. 170 naar 500 mg per ECE cyclus veel geringer.

De NO<sub>x</sub> emissies met de beide motorkalibraties liggen in een NEDC typekeurtest op de rollenbank met koude start rond de limietwaarde van 180 mg/km. Onder dagelijkse praktijkomstandigheden op de openbare weg dalen de gemiddelde NO<sub>x</sub> emissies met motorkalibratie C2 naar ongeveer 700 mg/km (ca. 65% reductie ten opzichte van de 2000 mg/km met motorkalibratie C1).

## 5 Discussie

*Zijn emissietesten van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel op de rollenbank en op de testbaan vergelijkbaar?*

Emissietesten op een rollenbank zijn goed gedefinieerd omdat de Europese emissiewetgeving van wegvoertuigen dit nauwkeurig beschrijft.

Dit geldt met name voor de volgende onderdelen:

- Voorgeschreven testapparatuur,
- Simulatie van de rijweerstandscurve en de voertuigmassa,
- Preconditionering van het voertuig,
- De omgevingstemperatuur en luchtvochtigheid in het testlaboratorium,
- Het ontbreken van externe invloeden (wind, neerslag, hellingen in het wegdek),
- Hoogwaardige testapparatuur die in iedere test wordt gekalibreerd.

Op de RDW testbaan in Lelystad is het volgen van de wettelijke voorschriften niet mogelijk. Omgevingscondities zijn verschillend en de testprocedures (zoals de preconditionering) zijn op sommige punten iets anders uitgevoerd dan op de rollenbank. Verder bestaat de testbaan uit twee rechte weggedelen en twee krombochten, dit leidt ten opzichte van de rollenbank tot zeer forse verschillen in de effectieve rijweerstandscurve. Daarnaast zijn de omgevingscondities zoals de buitentemperatuur en de windkracht en windrichting per dag verschillend. Ook heeft het toegepaste SEMS emissiemeetsysteem andere eigenschappen dan de meetapparatuur op de rollenbank.

De gemeten verschillen in CO<sub>2</sub> emissies van soortgelijke testen bij gelijke omgevingstemperaturen op de rollenbank en testbaan zijn verklaarbaar omdat het testvoertuig op de testbaan een hogere rijweerstand ondergaat dan op de rollenbank. Op de testbaan blijken de NO<sub>x</sub> emissies van soortgelijke testen echter altijd fors hoger te zijn dan op de rollenbank. Het zijn met name de al genoemde omgevingscondities en de effectieve rijweerstand die leiden tot zwaardere testcondities op de testbaan en de NO<sub>x</sub> emissies sterk doen stijgen ten opzichte van de emissies op de rollenbank.

*Wat zijn de overwegingen voor toepassing van uitlaatgasrecirculatie (EGR)?*

De Jeep Grand Cherokee is uitgerust met een EGR systeem dat een bepaalde hoeveelheid ongefilterd uitlaatgas onder bepaalde condities in de motor terug laat stromen. Uitlaatgasrecirculatie (Exhaust Gas Recirculation of EGR) wordt primair toegepast voor reductie van NO<sub>x</sub> emissies. Door toevoer van gekoeld uitlaatgas bij de inlaatlucht van de motor reduceert de beschikbare hoeveelheid zuurstof in de motor en dit heeft een verlaging van de NO<sub>x</sub> emissie tot gevolg.

*Welke veranderingen heeft motorkalibratie 2 gebracht?*

De fabrikant meldde mondeling dat nader praktijkonderzoek door middel van veldtesten heeft uitgewezen dat de veiligheidsmarges m.b.t. duurzaamheid in de nieuwe motorkalibratie kleiner zijn gemaakt. Het EGR kenvel is daarom in motorkalibratie 2 uitgebreid en de voorwaarden voor actieve toepassing van EGR zijn aangepast.

De resultaten van dit onderzoek wijzen uit dat de NO<sub>x</sub> praktijkemissies in motorkalibratie 2 sterk zijn gedaald ten opzichte van motorkalibratie 1 en de CO<sub>2</sub> praktijkemissies licht zijn toegenomen. De duurzaamheidseffecten van motorkalibratie 2 op de emissies zijn niet onderzocht, er zijn alleen momentane metingen uitgevoerd.

## 6 Conclusies

De Dienst voor Wegverkeer heeft TNO opdracht gegeven voor de uitvoering van een emissieonderzoek van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel. Doel van het onderzoek was om het emissiegedrag van een Jeep Grand Cherokee in kaart te brengen, gemeten met 2 verschillende motorkalibraties (C1 & C2). Daartoe zijn meerdere deeldoelstellingen geformuleerd en zijn emissiemetingen verricht op een testbaan van de RDW, op een rollenbank en op de openbare weg. Bij elkaar geven de resultaten van deze metingen een goed beeld van het emissiegedrag van het geteste voertuig en van de verschillen in emissies vóór en na de update van de motorkalibratie software. De uitgevoerde testen geven een beperkt inzicht in de toegepaste EGR regelstrategie. Onderstaand zijn de verschillende deelconclusies opgenomen die volgen uit de uitgevoerde metingen

### *Deelconclusie 1:*

De rijweerstandscurve van het testvoertuig op de testbaan in Lelystad ligt globaal 0,5 tot 10 keer hoger dan de door de fabrikant vastgestelde rijweerstandscurve. Het absolute verschil in rijweerstandskracht is over het snelheidsbereik 10-130 km/h constant en is ongeveer 600-700 N. Dit verschil wordt grotendeels veroorzaakt door de krombochten in de testbaan.

### *Deelconclusie 2:*

Er zijn twee Jeep Grand Cherokee Euro 5 dieselveertuigen met oorspronkelijke motorkalibratie C1 getest. De eerste in het RDW onderzoek van 2017 en de tweede in dit onderzoek. In beide gevallen overschrijden ze in emissietesten op de testbaan de NO<sub>x</sub> limietwaarde van 180 mg/km sterk (10-12 keer) en hebben ze een soortgelijk emissiegedrag.

### *Deelconclusie 3:*

Uit de NEDC testen met koude start van de Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel met originele motorkalibratie C1 die op de testbaan bij verschillende omgevingstemperaturen zijn uitgevoerd, blijkt dat de NO<sub>x</sub> emissie van ca. 1000 naar meer dan 3500 mg/km stijgt als de omgevingstemperatuur daalt van 21 naar 2 °C; De bijbehorende CO<sub>2</sub> emissie stijgt dan van 281 naar 358 g/km. Hieruit blijkt dat de NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> emissies van de Jeep Grand Cherokee Euro 5 diesel met originele motorkalibratie sterk afhankelijk zijn van de omgevingstemperatuur.

### *Deelconclusie 4:*

In NEDC testen met warme start, op de testbaan, en originele motorkalibratie C1 zijn de NO<sub>x</sub> emissies tot wel een factor twee hoger dan in een NEDC test op de testbaan met koude start (1874 versus 970 mg/km). Op de rollenbank is deze factor bijna acht (1498 versus 199 mg/km); Er zijn verschillen in NO<sub>x</sub> emissies in NEDC testen met koude en warme start en er zijn verschillen tussen rollenbank en testbaan. Al deze verschillen worden primair veroorzaakt door de verschillende hoeveelheden uitlaatgas die terugstromen in de motor (EGR) ten gevolge van een actieve aansturing van de EGR-regelklep door het besturingssysteem van de motor. Mogelijk zijn nog andere parameters (zoals de strategie van de brandstofinspuiting) van invloed op de NO<sub>x</sub> emissies, deze zijn niet onderzocht.

**Deelconclusie 5:**

In UDC testen met motorkalibratie C1 en koude start blijkt na verloop van tijd de NO<sub>x</sub> emissie abrupt te stijgen van ongeveer 250 tot 1750-2750 mg per ECE cyclus. Een soortgelijke NO<sub>x</sub> sprong is gemeten in een test bij constante snelheid van 50 km/h. De sprong in NO<sub>x</sub> emissie wordt primair veroorzaakt door een actieve aansturing van het EGR systeem dat de hoeveelheid EGR regelt. Het tijdstip van deze plotselinge stijging van de NO<sub>x</sub> emissie varieert in de verschillende testen, de oorzaak hier van is onbekend. Mogelijk zijn andere motorparameters (zoals de strategie van de brandstofinspuiting) ook van invloed op de NO<sub>x</sub> emissies, deze zijn niet onderzocht.

In UDC testen met warme start zijn de NO<sub>x</sub> emissies constant op een niveau tussen 2700 en 3000 mg per ECE cyclus en lijkt de EGR-regeling stabiel te functioneren.

**Deelconclusie 6:**

UDC testen met motorkalibratie C1 en een koude start die op de testbaan en op de rollenbank zijn uitgevoerd vertonen een soortgelijk verloop van NO<sub>x</sub> emissies. De NO<sub>x</sub> emissies nemen na een aantal ECE cycli opeens toe van ca. 200 tot wel 2000 mg per ECE cyclus. De absolute NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> emissies op de rollenbank zijn wel enigszins lager dan op de testbaan; Deze lagere emissies op de rollenbank worden primair veroorzaakt door de lagere motorbelasting in de rollenbanktesten die mogelijk ook met andere motorafstellingen gepaard gaan ten opzichte van dezelfde test op de testbaan (denk aan strategie van de brandstofinspuiting).

**Deelconclusie 7:**

Het NO<sub>x</sub> emissiegedrag van het geteste voertuig wordt niet beïnvloed door het energieverbruik van het gebruikte emissiemeetsysteem SEMS en de driver aid: Het elektrisch voeden van SEMS en de driver aid vanuit de batterij van het voertuig of vanuit een externe batterij lijkt geen meetbare invloed te hebben op de NO<sub>x</sub> emissie.

**Deelconclusie 8:**

In een NEDC test met originele motorkalibratie C1 die volgens de typegoedkeuringseisen is uitgevoerd is de CO<sub>2</sub> emissie 241 g/km, dit is 7% hoger dan de gemeten typegoedkeuringswaarde. De gemeten NO<sub>x</sub> emissie is 199 mg/km, dit is 11% boven de Euro 5 limietwaarde; Er is dus sprake van een geringe overschrijding van de Euro 5 limietwaarden.

**Deelconclusie 9:**

Uit de resultaten van NEDC testen met originele motorkalibratie C1 op de rollenbank bepaald met verschillende rijweerstandscurven en op de testbaan, blijkt dat de CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissies (sterk) toenemen als de rijweerstand toeneemt. Op de testbaan wordt met de hoogste rijweerstand getest. Een toename van de rijweerstand heeft een toename van de motorbelasting tot gevolg en dit leidt in dit testprogramma tot een verhoging van de CO<sub>2</sub> emissie van 241 naar 283 g/km (+ 17%), de NO<sub>x</sub> emissie stijgt op dat moment van 199 naar 983 mg/km (+ 394%).

**Deelconclusie 10:**

De door het meetsysteem SEMS gemeten absolute CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> emissies van deze Jeep Grand Cherokee zijn hoger dan de opgegeven waarde die op basis van de wettelijke meetmethode op een rollenbank zijn bepaald.

De relatieve afwijkingen zijn voor CO<sub>2</sub> 11-13% en voor NO<sub>x</sub> 17-23% en deze zijn redelijk constant over sterk verschillende emissieniveaus van de vijf uitgevoerde testen. Voor de deelconclusies in dit onderzoek hebben de genoemde afwijkingen van het SEMS systeem geen gevolgen omdat alle metingen met SEMS zijn uitgevoerd en de gemeten afwijkingen bij de verschillende emissieniveaus constant zijn.

*Deelconclusie 11:*

De NO<sub>x</sub> emissies van de Jeep Grand Cherokee Euro 5a diesel zijn na de update van de motorkalibratie (C2) sterk gedaald.

Dit is vastgesteld in de volgende testen:

1. In de NEDC typekeuringstest op de rollenbank, met de beide motorkalibraties, die wordt gestart met koude motor zijn de NO<sub>x</sub> emissies 199 en 145 mg/km relatief constant en liggen deze rondom de limietwaarde van 180 mg/km. Op de testbaan is deze NEDC test met koude start met beide motorkalibraties uitgevoerd met een omgevingstemperatuur van 24 en 18 °C en is de NO<sub>x</sub> emissie met motorkalibratie C2 gedaald van 1319 naar 376 mg/km.
2. In de RDE testen met warme start die uitgevoerd zijn op de openbare weg, daalt de NO<sub>x</sub> emissie na de update van de motorkalibratie van 1807-2170 naar 599-774 mg/km. Startcondities met motorkalibratie C2 met koude of warme motor hebben in RDE testen slechts zeer geringe invloed op de NO<sub>x</sub> emissieniveaus.
3. In UDC testen met koude start met motorkalibratie C1 die uitgevoerd zijn op de rollenbank en op de testbaan neemt de NO<sub>x</sub> emissie 1500 seconden na de koude start vrij abrupt toe van ongeveer 250 mg per ECE cyclus naar 1750-2750 mg per ECE cyclus. Met motorkalibratie C2 is deze NO<sub>x</sub> toename van ca. 170 naar 500 mg per ECE cyclus veel geringer.

De NO<sub>x</sub> emissies met de beide motorkalibraties liggen in een NEDC typekeuringstest op de rollenbank met koude start rond de limietwaarde van 180 mg/km. Onder dagelijkse praktijkomstandigheden op de openbare weg dalen de gemiddelde NO<sub>x</sub> emissies met motorkalibratie C2 naar ongeveer 700 mg/km (ca. 65% reductie ten opzichte van de 2000 mg/km met motorkalibratie C1).

*Deelconclusie 12:*

Net als motorkalibratie 1 heeft motorkalibratie 2 een niet constant emissiegedrag. De NO<sub>x</sub> emissies in UDC testen nemen met motorkalibratie C2 na ongeveer 1500 seconden toe van 170 naar 500 mg per ECE cyclus en tegelijkertijd neemt de toegevoerde hoeveelheid EGR af.



## 7 Afkortingen

ADC	Analoog Digitaal Converter
CO	Koolmonoxide
CO <sub>2</sub>	Kooldioxide
ECE	United Nations Economic Commission for Europe
ECT	Engine Coolant Temperature (Koelvloeistoftemperatuur)
EGR	Exhaust Gas Recirculation (Uitlaatgas recirculatie)
EUDC	Extra Urban Driving Cycle
IAT	Inlet Air Temperature
ISC	In Service Conformity
NO <sub>x</sub>	Stikstofoxiden
THC	Total Hydrocarbons
MAF	Mass Air Flow rate
NEDC	New European Driving Cycle
OBD	On Board Diagnostics
OEM	Original Equipment Manufacturer
PEMS	Portable Emission Measurement System
PM	Particulate Matter
PN	Particle Number
RDW	Dienst voor Wegverkeer
RDE	Real Driving Emissions
SEMS	Smart Emission Measurement System
TA	Type Approval
TCL	Test Centre Lelystad
TNO	Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
UDC	Urban Driving Cycle
VSS	Vehicle Speed Sensor

## 8 Referenties

[RDW 2017]      Programma Emissietesten RDW, Juli 2017, RDW

## 9 Ondertekening

Den Haag, 3 mei 2019

TNO

Peter J. van der Mark  
Projectleider

Gerrit Kadijk  
Auteur

# A Certificaten referentiebrandstof



ID: RF-06-08 B5

Haltermann Carless Deutschland GmbH  
Schlenkendeich 17 21107 Hamburg Germany

HORIBA EUROPE GMBH  
HANS-MESS-STRASSE 6  
61440 OBERURSSEL

Certificate 100000143945  
Date: 17.06.2018  
Customer PO: 4510755515  
Delivery Note: 80122222 000010  
Order No.: 85115574 000010  
Customer No.: 1750282

GMID: 283508  
Material: Diesel, CEC Legislative Fuel RF-06-08 B5 (EU-V Cert.)  
172 KG LINED STEEL DRUM 1A1  
Cust. Mat.:  
Batch: RF1103T476  
Orig. Batch:  
Sample No.: 30035518  
Analyzed: 17.06.2018  
Div. Qty: 172,0 KG  
Vehicle: OD-FT1610/WL-TL1123  
Ship from: Shipping Point Hamburg Hamburg 02 Germany

Feature	Units	Results	Limits Minimum	Maximum	Method
Cetane Number (CFR) (*)	(*)	52,2	52,0	54,0	DIN EN ISO 5165:1999-05
Density at 15°C	kg/m3	833,9	833,0	837,0	DIN EN ISO 3678:1999-11
Density @ 15degC	kg/m3	833,9	-	-	DIN EN ISO 12186:1997-11
Specific Gravity	0,8344 @ 15/15degC	-	-	-	DIN EN ISO 12186:1997-11
Distillation IBP	°C	206,2	246,0	-	DIN EN ISO 3405:2011-04
Dist. 80% v/v	°C	289,0	346,0	-	DIN EN ISO 3405:2011-04
Dist. 95% v/v	°C	347,0	346,0	350,0	DIN EN ISO 3405:2011-04
Distillation FBP	°C	356,1	-	370,0	DIN EN ISO 3405:2011-04
Flash Point	°C	90,0	85,0	-	DIN EN ISO 2719:2012-11
CFPP	°C	-20	-	-	DIN EN 116:2018-04
Viscosity at 40°C	mm2/s	3,043	2,300	3,300	DIN EN ISO 3104:1999-12
Aromatics, Poly (2+3)	% w	3,5	2,0	6,0	DIN EN 12916:2016-06
Aromatics, Total	% w	20,0	-	-	DIN EN 12916:2016-06
Aromatics, Mono	% w	16,4	-	-	DIN EN 12916:2016-06
Aromatics, Di	% w	3,5	-	-	DIN EN 12916:2016-06
Aromatics, Tri+	% w	0,1	-	-	DIN EN 12916:2016-06
Sulfur	mg/kg	< 3,0	-	10,0	DIN EN ISO 20846:2012-01
Corrosion - Copper	max. 1	1A	-	-	DIN EN ISO 2160:1995-04
Carbon Residue - 1	% w	< 0,10	-	0,26	DIN EN ISO 10570:2016-09
Ash Content (*)	% w	< 0,001	-	0,010	DIN EN ISO 6246:2005-01

Bitte der Gesellschaft: Hamburg, Ambergstrasse Hamburg \* HRB 118670 \* USt-ID-Nr./VAT-ID: DE216295666 \*  
 \* Handelsregister für Hans-Mess-Strasse, 61440 Oberursel, Hessen  
 Commerzbank AG \* Konto 8162128 \* Bankleitzahl 25040000 \* IBAN DE20 2504 0000 0015 0129 00 \* SWIFT Code COBADE33XXX



HORIBA EUROPE GMBH  
HANS-MESS-STRASSE 6  
61440 OBERURSSEL

Delivery Item/Date  
80122222 000010 / 21.06.2018

Feature	Units	Results	Limits Minimum	Maximum	Method
Water	mg/kg	52	-	200	DIN EN ISO 12937:2002-03
Water & Sediment	% (V)	< 0,010	-	-	ASTM D6304:2016
Strong Acid Number	mg KOH/g	< 0,02	-	0,02	ASTM D974:2016
Oxidation Stability (*)	g/m3	< 1	-	26	DIN EN ISO 12205:1996-01
Oxidation Stability	Hour	67,2	20,0	400	DIN EN 15751:2014-06
HFR (WSD)	µm	182	-	-	DIN EN ISO 12156-1:2016-11
FAHE	% (V)	5,3	4,5	6,5	DIN EN 14078:2014-09
Oxygen Content	% w	0,87	-	-	DIN EN 14078:2014-09
Hydrogen (*)	% w	calculated	-	-	RWL-HM-26
Carbon (*)	% w	85,84	-	-	RWL-HM-26
C/H Ratio (H=1)	(*)	8,37	-	-	RWL-HM-26
H/C Ratio (C=1)	(*)	0,187	-	-	RWL-HM-26
Net Heating Value (*)	MJ/kg	42,952	-	-	RWL-HM-27
Net Heating Value (*)	Btu/lb	18464	-	-	RWL-HM-27
Pour Point	°C	-44	-	-	ASTM D93:2005

(\*) : tested by subcontractor  
 (\*\*) : not accredited  
 (\*) : modified

The certificate is electronically generated and valid without signature.

The analyses were conducted in our DIN EN ISO/IEC 17025 accredited laboratory,  
 Robert Geisler, Phone + +49-40-33318-149

Bitte der Gesellschaft: Hamburg, Ambergstrasse Hamburg \* HRB 118670 \* USt-ID-Nr./VAT-ID: DE216295666 \*  
 \* Handelsregister für Hans-Mess-Strasse, 61440 Oberursel, Hessen  
 Commerzbank AG \* Konto 8162128 \* Bankleitzahl 25040000 \* IBAN DE20 2504 0000 0015 0129 00 \* SWIFT Code COBADE33XXX



*afgeleverd!*

Haltermann Straße 6, Ostermarschplatz 17, 21107 Hamburg, Germany

HORIBA EUROPE GMBH  
NIEDERLASSUNG OBERURSEL  
HANS-MESS-STRASSE 6  
61440 OBERURSEL

**Certificate 100000009514**

Date: 18.07.2012  
Customer PO: 4500816580  
Delivery Note: 80006449 000010  
Order No.: 000103061 000010  
Customer No.: 1750283

GMID: 283508  
Material: Diesel, CEC Legislative Fuel RF-06-08 B5 (EU-V Cert.)  
Cust. Mat.: 172 KG LINED STEEL DRUM 1A1  
Divy. Qty.: 172,0 KG  
Orig. Batch:  
Analyzed: 20.04.2012

*in Lager  
verbleiben  
20.04.12*

Vehicle: OD-SK 460/OD-SK 462  
Ship from: Shipping Point Hamburg Hamburg 02 Germany

Feature	Units	Results AD23030085	Limits Minimum	Maximum	Method
Cetane Number (CFR)		52,6	52,0	54,0	EN ISO 5165
Density @ 15degC	kg/m3	834	tested by subcontractor		EN ISO 3675
Density @ 15degC	kg/m3	834,1	833	837	EN ISO 12186
Specific Gravity @ 15/15degC		0,8346			EN ISO 12185
Distillation IBP	°C	195,1			EN ISO 3405
Dist. 50% v/v	°C	278,0	245,0		EN ISO 3405
Dist. 95% v/v	°C	348,8	345,0	350,0	EN ISO 3405
Distillation FBP	°C	360,2		370,0	EN ISO 3405
Flash Point	°C	84	55		EN ISO 2719
CFPP	°C	-20		-5	EN 116
Viscosity @ 40degC	mm2/s	2,875	2,300	3,300	EN ISO 3104
Aromatics, Poly (Z)	% w	4,0			EN 12916
Aromatics, Total	% w	21,4	2,0		EN 12916
Aromatics, Mono	% w	16,8			EN 12916
Aromatics, Di	% w	4,6			EN 12916
Aromatics, Tri+	% w	< 0,1			EN 12916
Sulfur	mg/kg	< 3,0		10,0	EN ISO 20845
Corrosion - Copper		1A			EN ISO 2160
Carbon Residue	% w	max. 1			
	% w	< 0,10		0,20	EN ISO 10370
Ash Content	% w	10% Dist. Residue			
	% w	< 0,001		0,010	EN ISO 6245
Water	mg/kg	tested by subcontractor			
Strong Acid Number	mg	< 0,01		0,02	ASTM D974
Oxidation Stability	g/m3	KOH/g		25	EN ISO 12205

Sitz der Gesellschaft: Hamburg, Amtsgericht Hamburg • HRB 118570 • Steueramtliche ID-Nr. 10228 • Geschäftsführer: Dr. Uwe Heide  
Commerzbank AG • Konto 812128 • Bankleitzahl 25040000 • IBAN DE20 2004 0000 0015 2128 00 • SWIFT Code COBADE33XXX



HORIBA EUROPE GMBH  
HANS-MESS-STRASSE 6  
61440 OBERURSEL

Delivery (consignee)  
80006449 000010 / 20.07.2012

Feature	Units	Results AD23030085	Limits Minimum	Maximum	Method
Oxidation Stability	h	75,0	20,0	-	EN 14112
HRRS (wsd 1,4)	µm	184			EN ISO 12156-1
FAME	% (V)	5,0	4,5	400	EN 14078
Oxygen Content	% w	0,63		5,5	EN 14078
Carbon	% w	calculated			ASTM D3343
Hydrogen	% w	85,92			ASTM D3343
C:H Ratio (H= 1)		13,45			ASTM D3343
H:C Ratio (C= 1)		modified			ASTM D3343
Net Heating Value	MJ/kg	0,157			ASTM D3338
Net Heating Value	Btu/lb	42,544			ASTM D3338
Net Heating Value		modified			ASTM D3338
Net Heating Value		13461			ASTM D3338
Net Heating Value		modified			ASTM D3338

The certificate is electronically generated and valid without signature.

Laboratory is accredited acc DIN EN ISO / IEC 17025, DAkkS D-PL-17640-01-00  
Christine Behrens, Phone + + 49-40-33318-136

Sitz der Gesellschaft: Hamburg, Amtsgericht Hamburg • HRB 118570 • Steueramtliche ID-Nr. 10228 • Geschäftsführer: Dr. Uwe Heide  
Commerzbank AG • Konto 812128 • Bankleitzahl 25040000 • IBAN DE20 2004 0000 0015 2128 00 • SWIFT Code COBADE33XXX

## B Resultaten emissietesten rollenbank

	Test type	Road Load	Calibration	Phase	HC [mg/km]	CO [mg/km]	CO2 [g/km]	NOx [mg/km]	NO [mg/km]	NMHC [mg/km]	CH4 [mg/km]	NMOCG [mg/km]	HC+NOx [mg/km]	FC [l/100km]	PM [mg/km]	PN [1/km]
15-8-2018	UDC cold	1	1	1	93.8	1068.0	308.1	172.1	119.9	75.9	10.6	88.0	265.9	11.77		2.15E+09
15-8-2018	EUDC	1	1	2	8.1	7.0	203.4	214.4	114.3	4.4	0.0	8.8	222.5	7.72		2.35E+07
15-8-2018	NEDC cold	1	1	1+2	39.3	393.0	241.5	199.1	116.3	30.4	10.1		238.4	9.20	0.37	7.96E+08
22-8-2018	UDC cold	2	1	1	72.1	832.0	317.2	200.7	136.7	53.2	12.5	63.2	272.8	12.10		1.43E+11
22-8-2018	EUDC	2	1	2	6.2	7.0	205.9	340.5	179.6	3.3	0.0	7.1	346.7	7.82		8.85E+07
22-8-2018	NEDC cold	2	1	1+2	30.2	307.5	246.4	289.5	163.7	21.4	10.0		319.8	9.38	0.37	5.20E+10
29-8-2018	UDC cold	1	2	1	95.1	1185.0	298.0	136.7	98.8	73.8	13.9	86.0	231.8	11.40		1.83E+11
29-8-2018	EUDC	1	2	2	7.5	13.0	196.8	149.1	76.4	2.0	1.2	6.5	156.6	7.48		2.44E+08
29-8-2018	NEDC cold	1	2	1+2	39.2	438.9	233.6	144.6	84.4	28.1	12.6	183.7	183.8	8.90	0.23	6.67E+10
15-8-2018	UDC warm	1	1	1	54.1	59.0	257.1	1989.0	1270.7	51.5	0.0	62.9	2043.1	9.77		5.21E+08
15-8-2018	EUDC	1	1	2	11.8	7.0	189.1	1216.0	630.7	11.5	0.0	15.9	1227.8	7.18		3.89E+10
15-8-2018	NEDC Warm	1	1	1+2	27.4	25.8	213.9	1497.7	864.0	26.1	1.4	1525.0	319.8	8.13	0.40	2.49E+10
29-8-2018	UDC warm	2	2	1	11.2	37.0	252.1	351.7	180.2	5.4	0.0	14.2	362.9	9.58		3.36E+08
29-8-2018	EUDC	2	2	2	2.5	22.0	186.3	338.0	158.4	0.7	0.0	5.0	340.5	7.08		7.94E+07
29-8-2018	NEDC Warm	2	2	1+2	5.8	27.2	210.3	342.7	166.3	2.4	3.8	348.5	348.5	7.99	0.27	1.73E+08

	Testtype	Road Load	Calibration	Phase	HC [mg/km]	CO [mg/km]	CO2 [g/km]	NOx [mg/km]	NO [mg/km]	NMHC [mg/km]	CH4 [mg/km]	NMNOG [mg/km]	HC-NOx [mg/km]	FC [l/100km]	PM [mg/km]	PN [1/km]
16-8-2018	UDC cold	1	1	1	117.4	1188.0	296.6	192.6	136.7	99.2	13.8	109.8	310.1	11.35		2.23E+09
16-8-2018	UDC cold	1	1	2	57.8	21.0	376.8	484.0	275.9	25.2	29.5	33.6	541.8	14.32		5.14E+10
16-8-2018	UDC cold	1	1	3	23.0	20.0	418.5	940.8	539.3	6.9	9.2	15.5	963.7	15.90		1.50E+12
16-8-2018	UDC cold	1	1	4	9.9	14.0	242.1	1803.2	851.9	6.3	0.0	12.5	1813.2	9.19		1.31E+11
16-8-2018	4* UDC cold	1	1	1-5	52.1	310.2	333.6	855.3	451.0	34.3	20.3	907.4	907.4	12.69	9.94	4.21E+11
23-8-2018	UDC cold	1	1	1	93.8	1205.0	292.0	159.1	111.8	73.8	13.2	85.6	252.9	11.17		3.28E+10
23-8-2018	UDC cold	1	1	2	23.0	14.0	256.4	421.9	246.1	12.3	1.8	22.0	444.9	9.74		6.16E+07
23-8-2018	UDC cold	1	1	3	30.4	14.0	240.7	1779.6	1035.2	26.9	0.0	36.2	1810.1	9.15		7.32E+07
23-8-2018	UDC cold	1	1	4	31.1	20.0	237.6	1859.8	1091.7	27.9	0.0	36.9	1890.8	9.03		5.71E+07
23-8-2018	4* UDC cold	1	1	1-5	44.5	313.5	256.7	1055.5	621.6	35.3	10.5	1099.9	1099.9	9.77	0.13	8.24E+09
21-8-2018	UDC cold	2	1	1	90.7	1076.0	295.4	172.7	117.4	72.2	15.8	80.1	263.5	11.29		7.16E+11
21-8-2018	UDC cold	2	1	2	21.1	17.0	261.9	492.1	279.6	11.3	4.9	17.3	513.3	9.95		1.83E+08
21-8-2018	UDC cold	2	1	3	26.1	12.0	247.7	1890.8	1079.3	23.0	0.0	29.2	1916.9	9.41		1.14E+08
21-8-2018	UDC cold	2	1	4	28.6	16.0	244.9	1935.6	1121.0	26.4	0.0	32.2	1964.2	9.31		1.00E+08
21-8-2018	4* UDC cold	2	1	1-5	41.6	279.1	262.4	1124.4	650.3	33.2	9.6	1166.0	1166.1	9.99	0.30	1.78E+11
24-8-2018	UDC cold	2	1	1	73.3	868.0	307.6	207.5	144.8	55.0	12.3	64.8	280.9	11.74		3.55E+09
24-8-2018	UDC cold	2	1	2	18.6	16.0	266.7	607.1	346.1	9.7	0.9	18.9	625.7	10.13		3.79E+07
24-8-2018	UDC cold	2	1	3	24.2	16.0	252.0	1925.6	1101.7	20.6	0.0	29.6	1949.9	9.57		2.89E+07
24-8-2018	UDC cold	2	1	4	20.5	21.0	248.4	1757.2	965.6	17.5	0.0	26.4	1777.7	9.44		1.89E+07
24-8-2018	4* UDC cold	2	1	1-5	34.0	227.7	268.5	1126.4	640.3	25.6	9.6	1160.4	1160.3	10.22	0.13	8.98E+08
30-8-2018	UDC cold	1	2	1	119.3	1516.0	289.3	126.8	92.6	94.5	16.7	109.2	246.1	11.09		9.89E+10
30-8-2018	UDC cold	1	2	2	18.6	25.0	254.6	182.7	96.3	7.6	0.1	19.2	201.3	9.67		1.28E+08
30-8-2018	UDC cold	1	2	3	15.5	18.0	243.3	382.1	188.3	9.8	0.0	21.1	397.7	9.24		1.27E+08
30-8-2018	UDC cold	1	2	4	13.7	12.0	239.8	397.7	190.1	8.1	0.0	18.9	411.3	9.11		1.22E+08
30-8-2018	4* UDC cold	1	2	1-5	41.8	393.0	256.8	272.7	141.9	30.0	13.6	314.5	314.5	9.78	0.28	2.48E+10
31-8-2018	UDC cold	2	2	1	86.4	1067.0	303.1	145.4	100.7	63.3	14.2	76.7	231.8	11.59		7.68E+09
31-8-2018	UDC cold	2	2	2	15.5	109.0	269.8	215.6	106.9	4.2	1.4	15.0	231.1	10.26		6.61E+07
31-8-2018	UDC cold	2	2	3	11.8	16.0	259.4	428.1	195.5	5.3	0.0	15.9	439.9	9.85		5.36E+07
31-8-2018	UDC cold	2	2	4	11.2	19.0	260.2	461.7	219.3	5.5	0.0	15.9	472.9	9.89		4.23E+07
31-8-2018	4* UDC cold	2	2	1-5	31.2	303.5	273.2	312.2	156.3	19.6	13.2	343.4	343.4	10.40	0.28	1.97E+09

## C Resultaten emissietesten testbaan

No	Calibration		Start	Date	Tambient	Time	CO2	NOx
			Cold/warm		[°C]		[g/km]	[mg/km]
1	1		warm	12-3-2018		16:15	333	2695
2	1	NEDC warm	warm	13-3-2018	8	9:12	320	2771
3	1	NEDC No Start	warm	13-3-2018	8	13:05	407	1689
4	1	EUDC-UDC	warm	13-3-2018	7	13:28	307	2543
5	1	NEDC cold	cold	14-3-2018	8	7:47	317	2908
6	1	NEDC warm	warm	14-3-2018	14	13:49	309	2568
7	1		warm	14-3-2018	14	14:11	291	2468
8	1	130 kph	warm	14-3-2018	14	14:52	367	2992
9	1	NEDC warm	warm	14-3-2018	14	15:17	287	2498
10	1	3* EUDC	warm	14-3-2018	14	15:39	247	2104
11	1	NEDC cold	cold	15-3-2018	9	7:03	320	2832
12	1	130 kph	warm	15-3-2018	9	8:07	385	3539
13	1	NEDC warm	warm	15-3-2018	9	8:13	299	2581
14	1	3* EUDC	warm	15-3-2018	10	8:49	254	2108
15	1	NEDC cold	cold	16-3-2018	10	7:09	326	2833
16	1	NEDC warm	warm	16-3-2018	8	7:32	306	2644
17	1	NEDC warm	warm	16-3-2018	7	7:54	310	2692
18	1	130 kph	warm	16-3-2018	7	9:25	390	3257
19	1	NEDC +10%	warm	16-3-2018	7	9:39	310	2667
20	1	NEDC -10%	warm	16-3-2018	7	10:01	287	2457
21	1	EUDC-UDC	warm	16-3-2018	7	10:33	298	2521
22	1	RDE	warm	16-3-2018	6	12:48	275	2171
23	1	130 kph	warm	16-3-2018	5	15:04	365	2963
24	1	3* EUDC	warm	16-3-2018	5	15:15	268	2397
25	1	NEDC cold	cold	20-3-2018	10	7:51	-	-
26	1	NEDC warm	warm	20-3-2018	9	8:13	288	2501
27	1	NEDC AUX	warm	20-3-2018	9	8:35	296	2584
28	1		warm	20-3-2018	10	9:53	307	2131
29	1	NEDC +10%	warm	20-3-2018	11	10:05	279	2303
30	1	NEDC -10%	warm	20-3-2018	12	10:27	260	2199
31	1	EUDC-UDC	warm	20-3-2018	11	11:10	273	2377
32	1	RDE	warm	20-3-2018	11	12:34	254	1847
33	1	3* EUDC	warm	20-3-2018	12	14:26	238	2083
34	1	NEDC cold	cold	21-3-2018	2	7:31	358	3670
35	1	NEDC warm	warm	21-3-2018	2	7:52	286	2538
36	1	NEDC +10%	warm	21-3-2018	5	8:14	303	2671
37	1	EUDC - UDC	warm	21-3-2018	7	8:36	287	2483
38	1	130 kph	warm	21-3-2018	9	9:52	354	2968
39	1	NEDC No Start	warm	21-3-2018	9	10:17	330	2944
40	1	130 kph	warm	27-3-2018	13	11:39	416	3857
41	1	3* EUDC	warm	27-3-2018	12	11:56	253	2399



No	Calibration		Start	Date	Tambient	Time	CO2	NOx
			Cold/warm		[°C]		[g/km]	[mg/km]
42	1	4* UDC	cold	28-3-2018	13	08:12	365	3002
43	1	120 kph	warm	28-3-2018	11	10:03	306	2179
44	1	4* UDC	warm	28-3-2018	10	10:14	339	2801
45	1	130 kph	warm	30-3-2018	9	7:03	398	3442
46	1	3* EUDC	warm	30-3-2018	8	7:23	256	2114
47	1	4* UDC	cold	3-4-2018	19	13:21	369	1731
48	1	130 kph	warm	3-4-2018	19	15:02	351	2313
49	1	4* UDC	warm	3-4-2018	20	15:15	341	2792
50	1	120 kph	warm	3-4-2018	20	16:34	316	1814
51	1	3* EUDC	warm	3-4-2018	20	16:40	237	1797
52	1	4* UDC	cold	9-4-2018	21	14:51	348	2157
53	1	4* UDC	warm	9-4-2018	20	16:01	415	2293
54	1	3* EUDC	warm	9-4-2018	19	16:56	234	1790
55	1	50* kph	cold	10-4-2018	22	13:17	159	875
56	1	50* kph	warm	10-4-2018	23	14:23	150	1032
57	1	120* kph	cold	11-4-2018	21	16:18	368	2305
58	1	3* EUDC	warm	11-4-2018	21	16:31	238	1756
59	1	100* kph	cold	13-4-2018	19	13:20	246	1402
60	1	100* kph	warm	13-4-2018	19	14:30	243	1401
61	1	180* -180 kph	warm	18-4-2018	26	12:55	415	3474
62	1	3* EUDC	warm	18-4-2018	26	13:17	232	1823
63	1	4* UDC	cold	19-4-2018	27	10:45	336	2130
64	1	4* UDC	warm	19-4-2018	29	12:53	316	2946
65	1	3* EUDC	warm	19-4-2018	30	13:48	239	1934
66	1	4* UDC	cold	24-4-2018	15	08:19	361	2310
67	1	4* UDC	warm	24-4-2018	15	09:55	343	2503
68	1	3* EUDC	warm	24-4-2018	15	10:50	259	2097
69	1		cold	7-5-2018	28	19:13	302	1532
70	1	3* EUDC	warm	7-5-2018	27	19:37	262	1876
71	1	4* UDC	cold	8-5-2018	27	10:38	354	1684
72	1	120* kph	warm	8-5-2018	30	15:37	334	2110
73	1	3* EUDC	warm	8-5-2018	30	16:13	254	1891
74	1		cold	9-5-2018	27	13:59	319	703
75	1	3* EUDC	cold	11-5-2018	16	08:33	297	2095
76	1		cold	22-5-2018	24	13:58	309	1319
77	1		warm	22-5-2018	24	14:22	283	2195
78	1	3* EUDC	warm	22-5-2018	24	14:50	254	1717
79	1	4* UDC	cold	23-5-2018	-	-	-	-
80	1	4* UDC	warm	23-5-2018	-	-	-	-
81	1	3* EUDC	warm	23-5-2018	27	15:43	253	1775
82	1	4* UDC	cold	25-5-2018	25	13:33	352	1954
83	1	120* kph	warm	25-5-2018	25	15:20	337	2364
84	1	4* UDC	warm	25-5-2018	26	15:32	321	2510
85	1	3* EUDC	warm	25-5-2018	26	16:26	246	1645
86	1		warm	20-6-2018	23	11:08	262	1807

No	Calibration		Start	Date	Tambient	Time	CO2	NOx
			Cold/warm		[°C]		[g/km]	[mg/km]
87	2	130* kph	cold	1-10-2018	12	10:42	405	886
88	2	RDE	warm	2-10-2018	13	11:40	301	796
89	2	RDE	cold	3-10-2018	15	11:53	272	558
90	2	RDE	warm	4-10-2018	16	11:35	280	627
91	2	RDE	warm	5-10-2018	20	14:42	280	774
92	2	4* UDC	cold	13-10-2018	24	11:30	423	578
93	2	RDE	warm	13-10-2018	28	13:09	275	599
94	2	3* EUDC	warm	13-10-2018	27	15:07	315	861
95	2	NEDC	cold	16-10-2018	19	09:32	295	288
96	2	130* kph	warm	16-10-2018	25	13:57	358	956
97	2	Co* Coast	warm	16-10-2018	25	14:10	305	1581
98	2	3* EUDC	warm	16-10-2018	24	15:25	253	475
99	2	NEDC	cold	18-10-2018	18	13:27	312	376
100	2	3* EUDC	warm	18-10-2018	17	13:51	257	464
101	2	130* kph	warm	23-10-2018	16	14:11	404	1320
102	2	3* EUDC	warm	23-10-2018	16	14:29	268	477
103	2	4* UDC	cold	24-10-2018	18	12:13	365	358
104	2	3* EUDC	warm	24-10-2018	18	13:27	263	473

## D Specificaties rollenbank



Horiba Europe GMBH voert in haar laboratorium emissietesten uit volgens ISO 17025 standaarden en is daarvoor gecertificeerd.

De volgende meetapparatuur is in de testruimte geïnstalleerd:

### **Chassis Test Cell**

#### **Air conditioning**

Weiss Umwelttechnik  
cooling performance 150 kW  
air circulation 30.000 m<sup>3</sup>/h  
fresh air 2.000 m<sup>3</sup>/h  
CVS-dilution air 1.200 m<sup>3</sup>/h  
waist air 2.000 – 4.000 m<sup>3</sup>/h

#### **Chassis Dynamometer**

VULCAN II EMS-CD48L 4WD  
max. speed 200 km/h  
max. capacity/power 2 x 155 kW  
wheel base 1800 – 3400 mm  
max. axle load 2.500 kg  
Fan LTG VQF 500/1250

**Exhaust Measurement Equipment****MEXA ONE D1-EGR**

Exhaust gas analyser,  
Undiluted (direct) for:  
O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>/NO, THC and CH<sub>4</sub>,  
separate EGR-Analyser

**MEXA ONE C2-OV**

Exhaust gas analyser,  
dilute bag & continuous measurement  
for: O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>/NO, THC, CH<sub>4</sub>.

**Heated Bag Cabinet**

with 3 x 4 emission bags for ambient air-, gasoline- and diesel measuring.

**MEXA 2100 SPCS**

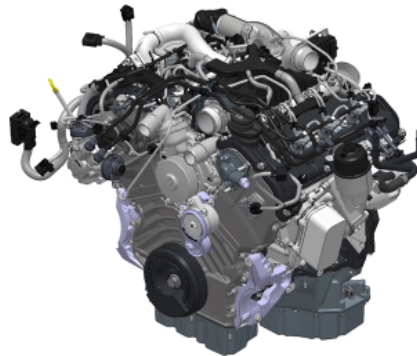
Measures solid particle number concentration in raw engine exhaust gas in real time, within a specified particle size range (UN/ECE Regulation).

- o **Horiba MEXA ONE D1-EGR**, Exhaust Gas Analysing System for direct measurement  
(1-line) with following analysers: O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>/NO, THC, CH<sub>4</sub> and separate EGR-Analyser.
- o **Horiba MEXA ONE C2-OV**, Exhaust Gas Analysing System for dilute bag & continuous measurement with following analysers: O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>/NO, THC, CH<sub>4</sub>.
- o **Horiba MEXA 2100 SPCS**, Solid Particle Counting System.
- o **Horiba MEXA ONE CVS**, Constant Volume Sampler System, 6 m<sup>3</sup>/min to 18 m<sup>3</sup>/h.
- o **Horiba DLS 7000**, Particulate Measuring System with Dilution Tunnel DLT 18.
- o Different temperature and pressure regulators (according to the test application), max. 16 temperature inputs (Type K) and 8 voltage- and current analog inputs.
- o **Horiba VETS One**, Host Computer and evaluation of measuring data with DIVA.
- o **Horiba PWS-ONE**, Particle measurement and conditioning chamber with micro balance and robot.

## E Configuratie details van de motor



### A630 - V6 3.0L "Tomcat" ENGINE PRESENTATION



**VM Service**

Cento - 01 Dicembre 2010

1



### A630 EU.5 Technical Features & Performance



- Model: **JEEP Grand Cherokee (WK)**
- Type: SUV
- Application: Longitudinal
- Power&Torque: 176 kW (240CV) & 540 Nm
- Transmission: A580 (ATX)
- Emissions: Euro 5
- SOP: February 2011
- Production site: US



- Model: **CHRYSLER 300C (LX)**
- Type: Passenger Car
- Application: Longitudinal
- Power&Torque: 176 kW (240CV) & 550 Nm
- Transmission: A580 (ATX)
- Emissions Euro 5
- SOP: October 2011
- Site of production: US

2



## Main Features



The 3.0L V6 Diesel Engine with common-rail direct injection is built at VM Motori engines plant in Cento Italy. The main engine features are CGI block, dual overhead camshafts chain driven, central injectors and four valves per cylinder.

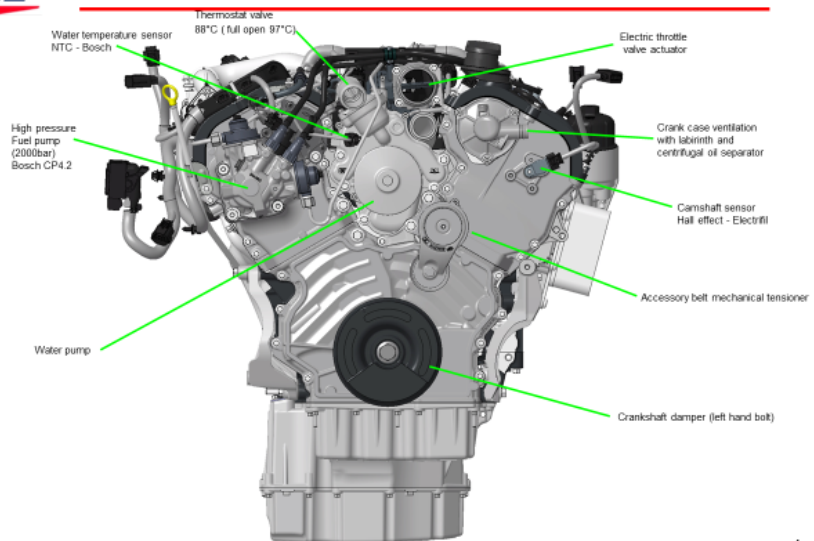
Additional features are:

- Turbocharged and intercooler
- Finger Follower Actuated Valves with - Hydraulic Adjusters
- Oil Jet Cooled Pistons
- Swirl Intake Ports
- Water cooled exhaust gas recirculation Compliance with EURO V emission regulations
- Chain-driven double overhead camshafts per bank of cylinders, with 24 valves.

3



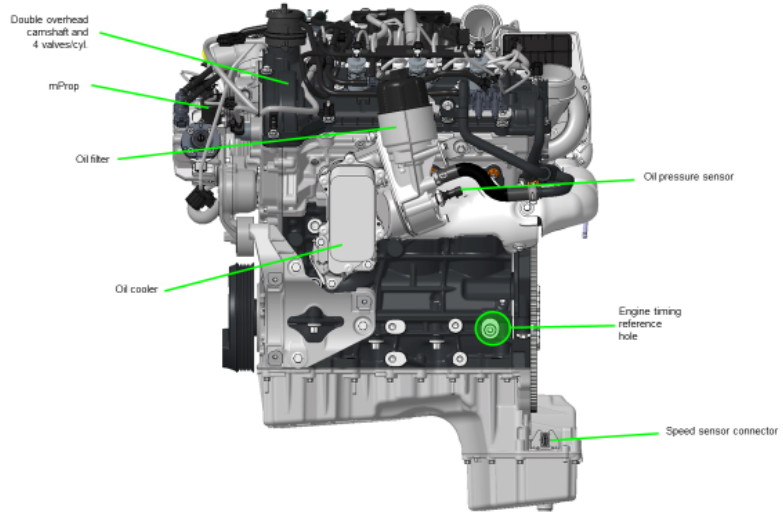
## A630 EU.5 Engine Overview – FRONT VIEW



4



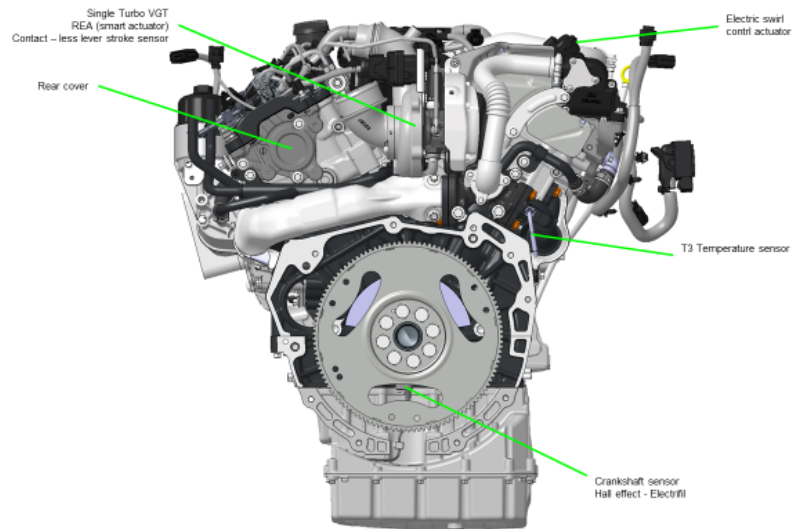
### A630 EU.5 Engine Overview – RIGHT VIEW



5



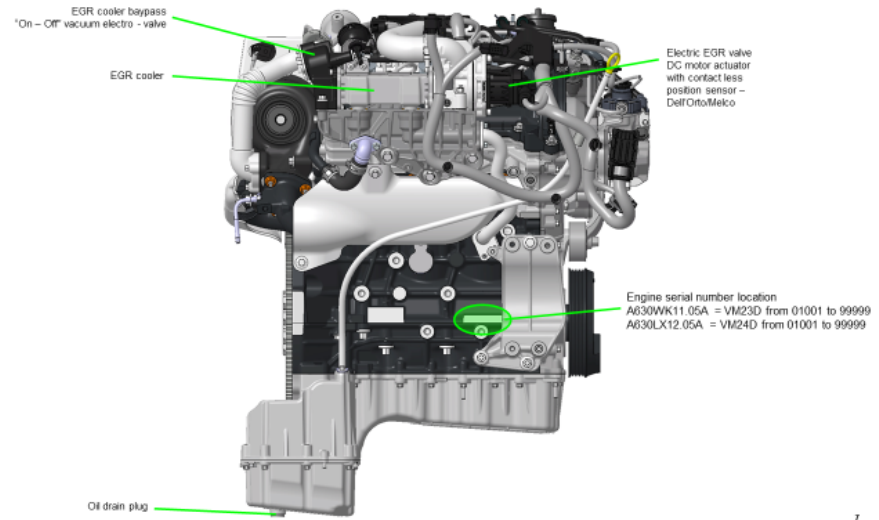
### A630 EU.5 Engine Overview – REAR VIEW



6



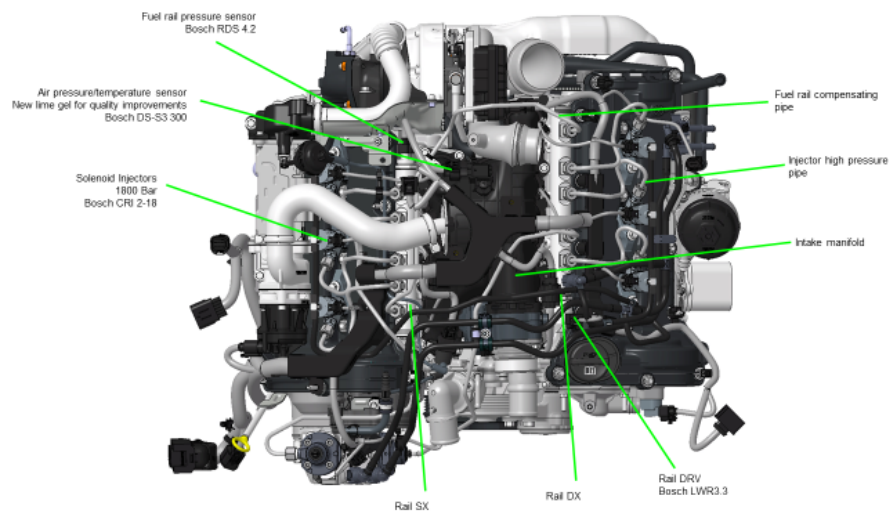
### A630 EU.5 Engine Overview – LEFT VIEW



7



### A630 EU.5 Engine Overview – TOP VIEW



8





## Egr System

EGR System with water cooled EGR Cooler and BY-PASS Valve.

Electrical EGR and Pneumatic BY-PASS Valve.

Sourcing Status: Supplier Selected Dellorto (for EGR System), Fondalmecc (for the Bracket Assy).

