

## BIJLAGE III

## TESTPROCEDURE

## 1. INLEIDING

1.1. In deze bijlage worden de methoden beschreven voor de vaststelling van de uitstoot van verontreinigende gassen en deeltjes en rook door de te beproeven motoren. Er worden drie testcycli beschreven die worden toegepast overeenkomstig de bepalingen van punt 6.2 van bijlage I:

- de ESC-test die bestaat uit een cyclus van 13 verschillende statische toestanden,
- de ELR-test die bestaat uit transiënte belastingsstappen bij verschillende toerentallen, die integraal deel uitmaken van één testprocedure en tegelijkertijd worden uitgevoerd;
- de ETC-test die bestaat uit een serie transiënte toestanden per seconde.

1.2. De test wordt uitgevoerd met de op een proefbank geplaatste motor die is aangesloten op een dynamometer.

1.3. **Meetbeginsel**

De uitlaatemissies van de motor die gemeten moeten worden omvatten de gasvormige componenten (koolmonoxide, totaal koolwaterstoffen bij dieselmotoren alleen in de ESC-test; andere koolwaterstoffen dan methaan bij diesel- en gasmotoren alleen in de ETC-test; methaan bij gasmotoren alleen in de ETC-test en stikstofoxiden), de deeltjes (alleen bij dieselmotoren) en rook (alleen bij dieselmotoren in de ELR-test). Daarnaast wordt koolstofdioxide vaak als tracergas gebruikt om de verdunningsverhouding van partiële en volledige-stroomverdunningssystemen te bepalen. Op grond van goede technische praktijkgewoonten wordt aanbevolen de koolstofdioxide te meten, hetgeen een uitstekend middel is om meetproblemen tijdens de uitvoering van de proef vast te stellen.

1.3.1. *ESC-test*

Gedurende een voorgeschreven opeenvolging van werkingstoestanden van een warm gelopen motor worden de hoeveelheden van de bovengenoemde uitlaatgasemissies continu onderzocht door bemonstering uit het ruwe uitlaatgas. De testcyclus geschiedt bij een aantal toerentallen en vermogens die het normale werkingsgebied van dieselmotoren dekken. In elke toestand wordt de concentratie van elk verontreinigend gas, de uitlaastroom en het afgegeven vermogen bepaald en de gemeten waarden gewogen. Het deeltjesmonster wordt verdund met voorbehandelde omgevingslucht. Tijdens de gehele testprocedure wordt één monster genomen en verzameld op geschikte filters. Het gewicht van elke verontreinigende stof die per kilowattuur wordt uitgestoten wordt berekend overeenkomstig aanhangsel 1 van deze bijlage. Bovendien worden de NO<sub>x</sub> gemeten op drie meetpunten binnen het door de technische dienst gekozen meetgebied<sup>(1)</sup> en de gemeten waarden worden vergeleken met de waarden die berekend zijn in die toestanden van de testcyclus waarbij de geselecteerde meetpunten een rol speelden. De NO<sub>x</sub>-controle zorgt voor de effectiviteit van de emissiebestrijding van de motor binnen het normale werkingsgebied van de motor.

1.3.2. *ELR-test*

Gedurende een voorgeschreven belastingresponsietest wordt de rook van een warm gelopen motor gemeten met behulp van een opaciteitsmeter. De test bestaat uit het belasten van de motor bij een constant toerental van 10 tot 100 % belasting bij drie verschillende motortoerentallen. Bovendien laat men de motor draaien bij een vierde belasting die door de technische dienst wordt gekozen<sup>(1)</sup> en de waarde wordt vergeleken met de waarde van de voorgaande belastingstoestanden. De opaciteit wordt bepaald met behulp van het middelingsalgoritme dat is beschreven in aanhangsel 1 van deze bijlage.

<sup>(1)</sup> De meetpunten moeten worden gekozen met behulp van goedgekeurde statistische willekeurigheidsmethoden.

## 1.3.3. ETC-test

Gedurende een voorgeschreven transiënte cyclus werkingsomstandigheden van een warm gelopen motor, die nauwkeurig is afgestemd op voor het verkeer specifieke rijpatronen van vrachtwagens en bussen met een zware motor, worden de bovengenoemde verontreinigende stoffen onderzocht na verdunning van de totale uitlaatgasstroom met voorbehandelde omgevingslucht. Met gebruikmaking van feedback-signalen van het motorkoppel en -toerental door de motordynamometer, wordt het vermogen geïntegreerd naar de tijd van de cyclus hetgeen de arbeid van de motor gedurende de cyclus oplevert. De concentratie van NO<sub>x</sub> en HC wordt bepaald gedurende de cyclus door het analyseapparaat te integreren. De concentraties CO, CO<sub>2</sub> en NMHC kan worden bepaald door het analyseapparaat te integreren of door bemonstering met een bemonsteringszak. Voor de deeltjes wordt een evenredig monster met behulp van geschikte filters verzameld. De verdunde-uitlaatgasstroom kan gedurende de cyclus worden bepaald om de emissiewaarden van de massastroom verontreinigende stoffen te berekenen. De massa-emissiewaarden worden gerelateerd aan de motorarbeid op de in aanhangsel 2 van deze bijlage beschreven wijze, hetgeen de massa van elke verontreinigende stof oplevert die per kilowattuur wordt uitgestoten.

## 2. TESTVOORWAARDEN

2.1. **Motortestvoorwaarden**

2.1.1. De absolute temperatuur ( $T_a$ ) van de voor de motor bestemde lucht bij de inlaat van de motor uitgedrukt in Kelvin en de droge atmosferische druk ( $p_s$ ), uitgedrukt in kPa, moet worden gemeten en de parameter F wordt berekend op de volgende wijze:

a) bij dieselmotoren:

Motoren met natuurlijke aanzuiging en mechanische drukvulling:

$$F = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7}$$

Motoren met drukvulling met of zonder koeling van de inlaatlucht:

$$F = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5}$$

b) bij gasmotoren:

$$F = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1,2} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,6}$$

2.1.2. *Geldigheid van de test*

Om een test als geldig te erkennen moet de parameter F zodanig zijn dat:

$$0,96 \leq F \leq 1,06$$

2.2. **Motoren met tussenkoeler**

De vulluchttemperatuur moet worden geregistreerd en bij het opgegeven maximumvermogen behorende toerental en vollast binnen  $\pm 5$  K van de maximumvulluchttemperatuur als aangegeven in punt 1.16.3 van aanhangsel 1 van bijlage II liggen. De temperatuur van het koelmiddel moet ten minste 293 K (20 °C) bedragen.

Indien een laboratoriumsysteem of externe aanjager wordt gebruikt moet de vulluchttemperatuur binnen  $\pm 5$  K van de maximumvulluchttemperatuur als aangegeven in punt 1.16.3 van aanhangsel 1 van bijlage II liggen bij het toerental van het opgegeven maximumvermogen en vollast. De instelling van de tussenkoeler om aan de bovengenoemde voorwaarden te voldoen wordt niet geregeld en blijft gedurende de gehele testcyclus dezelfde.

**2.3. Luchtinlaatsysteem van de motor**

Er dient gebruik te worden gemaakt van een luchtinlaatsysteem dat een luchtinlaatrestrictie heeft binnen  $\pm 100$  Pa van de bovenste grens van de motor die draait met het toerental dat hoort bij het opgegeven maximumvermogen en vollast.

**2.4. Uitlaatsysteem van de motor**

Er dient gebruik te worden gemaakt van een uitlaatsysteem dat een uitlaattegendruk heeft binnen  $\pm 1\ 000$  Pa van de bovenste grens van de motor die draait met het toerental dat hoort bij het opgegeven maximumvermogen en vollast en een inhoud die binnen  $\pm 40\%$  van de door de fabrikant opgegeven inhoud ligt. Er mag gebruik worden gemaakt van een laboratoriumsysteem mits dit de werkelijke motorwerkingsomstandigheden simuleert. Het uitlaatsysteem dient te voldoen aan de voorschriften voor de uitlaatgasbemonstering overeenkomstig punt 3.4 van aanhangsel 4 van bijlage III en de punten 2.2.1, EP en 2.3.1, EP van bijlage V.

Indien de motor is uitgerust met een uitlaatgasnabehandeling sinrichting moet de uitlaatpijp dezelfde diameter hebben als de in de praktijk gebruikte over een lengte van ten minste 4 pijpdiameters vanaf het begin van het expansiegedeelte waarin de nabehandeling sinrichting is aangebracht in de richting van de motor. De afstand tussen de flens met uitlaatspruitstuk of de turbocompressoruitlaat en de uitlaatgasnabehandeling sinrichting moet dezelfde zijn als die bij de constructie in het voertuig of binnen de afstandspecificaties van de fabrikant liggen. De uitlaattegendruk of restrictie moet aan dezelfde criteria voldoen als hierboven en mag worden ingesteld met een klep. Het nabehandeling gedeelte mag worden verwijderd gedurende een dummytest en gedurende het bepalen van de motorkarakteristiek en worden vervangen door een gelijkwaardig gedeelte met een niet-werkzame katalysatorconstructie.

**2.5. Koelsysteem**

Er dient gebruik te worden gemaakt van een motorkoelsysteem met voldoende capaciteit om de motor op de normale door de fabrikant voorgeschreven temperaturen te houden.

**2.6. Smeerolie**

De specificaties van de smeerolie die tijdens de test worden gebruikt moeten worden vastgelegd en tezamen met de resultaten van de proef worden vermeld overeenkomstig punt 7.1 van aanhangsel 1 van bijlage II.

**2.7. Brandstof**

Er dient gebruik te worden gemaakt van de in bijlage IV aangegeven referentiebrandstof.

De brandstoftemperatuur en het meetpunt dienen te worden aangegeven door de fabrikant binnen de grenzen van punt 1.16.5 van aanhangsel 1 van bijlage II. De brandstoftemperatuur mag niet lager liggen dan  $306\text{ K}$  ( $33\text{ }^\circ\text{C}$ ) indien de waarde niet is aangegeven dient deze  $311\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $38\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ ) bij de inlaat van de brandstofleiding te zijn.

Voor aardgas- en LPG-motoren moeten de brandstoftemperatuur en het meetpunt binnen de grenzen liggen die gegeven zijn in bijlage II, aanhangsel 1, punt 1.16.5 of, indien de motor niet een basismotor is, in bijlage II, aanhangsel 3, punt 1.16.5.

**2.8. Beproeving van uitlaatgasnabehandelingssystemen**

Indien de motor is uitgerust met een uitlaatgasnabehandeling systeem moeten de tijdens de testcyclus (cycli) gemeten emissies representatief zijn voor de emissies in de praktijk. Indien dit niet kan worden gerealiseerd met één enkele testcyclus (bv. bij deeltjesfilters met periodieke regeneratie) moeten verscheidene testcycli worden uitgevoerd en de testresultaten worden gemiddeld en/of gewogen. De motorfabrikant en de technische dienst komen op basis van een degelijke technische beoordeling overeen welke methode precies gekozen wordt.

## Aanhangsel 1

## ESC- EN ELR-TESTCYCLUSSEN

## 1. MOTOR- EN DYNAMOMETERAFSTELLING

1.1. **Bepaling van de motortoerentallen A, B en C**

De motortoerentallen A, B en C dienen door de fabrikant te worden opgegeven overeenkomstig de volgende voorwaarden:

Hetzelfde toerental  $n_{hi}$  moet worden bepaald op basis van 70 % van het opgegeven netto maximumvermogen  $P(n)$  als bepaald overeenkomstig punt 8.2 van aanhangsel 1 van bijlage II. Het hoogste motortoerental waarbij deze waarde op de vermogenscurve voorkomt wordt gedefinieerd als  $n_{hi}$ .

Het laagste toerental  $n_{lo}$  wordt bepaald op basis van 50 % van het opgegeven netto maximumvermogen  $P(n)$ , als vastgesteld overeenkomstig punt 8.2 van aanhangsel 1 van bijlage II. Het laagste motortoerental waarbij dit vermogen op de vermogenscurve voorkomt wordt gedefinieerd als  $n_{lo}$ .

De motortoerentallen A, B en C worden als volgt berekend:

$$\text{Toerental A} = n_{lo} + 25 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{Toerental B} = n_{lo} + 50 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{Toerental C} = n_{lo} + 75 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

De toerentallen A, B en C worden gecontroleerd volgens een van de volgende methoden:

- a) Er dienen extra meetpunten te worden gekozen gedurende de goedkeuringsproef voor het motorvermogen overeenkomstig Richtlijn 80/1269/EEG zodat  $n_{hi}$  en  $n_{lo}$  nauwkeurig worden bepaald. Het maximumvermogen,  $n_{hi}$  en  $n_{lo}$  wordt bepaald uit de vermogenscurve en de motortoerentallen A, B en C worden berekend overeenkomstig bovengenoemde bepalingen.
- b) De vollastcurve van de motor dient te worden uitgezet vanaf het maximumtoerental in onbelaste toestand tot het stationaire toerental, waarbij gebruik wordt gemaakt van ten minste vijf meetpunten per interval van 1 000 omwentelingen per minuut en meetpunten binnen  $\pm 50 \text{ min}^{-1}$  van het toerental bij het opgegeven maximumvermogen. Het maximumvermogen,  $n_{hi}$  en  $n_{lo}$  moet worden afgeleid uit deze kromme en de motortoerentallen A, B en C worden berekend overeenkomstig de bovenstaande bepalingen.

Indien de gemeten motortoerentallen A, B en C binnen  $\pm 3 \%$  liggen van de door de fabrikant opgegeven motortoerentallen, worden de opgegeven motortoerentallen gebruikt voor de emissieproef. Indien de tolerantie voor een motortoerental wordt overschreden, worden de gemeten motortoerentallen bij de emissietest gebruikt.

1.2. **Bepaling van de afstelling van de dynamometer**

Het maximumkoppel bij vollast moet proefondervindelijk worden vastgesteld om de waarden voor het koppel in de aangegeven testtoestanden onder netto-omstandigheden, als aangegeven in punt 8.2 van aanhangsel 1 van bijlage II, te berekenen. Het vermogen dat wordt opgenomen door de door de motor aangedreven apparatuur moet eventueel worden doorberekend. De dynamometerafstelling voor elke testtoestand wordt berekend met behulp van de volgende formule:

$$s = P(n) \times (L/100) \text{ indien beproefd onder netto-omstandigheden}$$

$$s = P(n) \times (L/100) + (P(a) - P(b)) \text{ indien niet beproefd onder netto-omstandigheden}$$

waarin:

$$s = \text{dynamometer-afstelling, kW}$$

$$P(n) = \text{netto-motorvermogen als aangegeven in punt 8.2 van aanhangsel 1 van bijlage II, kW}$$

$$L = \text{procentuele belasting als aangegeven in punt 2.7.1, \%}$$

$$P(a) = \text{het door de te monteren hulpapparatuur afgenomen vermogen als aangegeven in punt 6.1 van aanhangsel 1 van bijlage II}$$

$$P(b) = \text{het door te verwijderen hulpapparatuur afgenomen vermogen als aangegeven in punt 6.2 van aanhangsel 1 van bijlage II.}$$

## 2. UITVOERING VAN DE ESC-PROEF

Op verzoek van de fabrikant kan een dummytest worden uitgevoerd om de motor en het uitlaatsysteem voor de meetcyclus in de juiste toestand te brengen.

### 2.1. Gereedmaken van de bemonsteringsfilters

Elk filter(paar) moet ten minste een uur voor de test in een (niet-hermetisch) afgesloten petrischaaltje worden geplaatst waarna het geheel in een weegkamer wordt gezet om te stabiliseren. Aan het eind van de stabiliseringsperiode wordt elk filter(paar) gewogen en wordt het tarragewicht genoteerd. Het filter(paar) moet vervolgens in een gesloten petrischaaltje of filterhouder worden bewaard totdat deze nodig is voor de proef. Indien het filter(paar) niet wordt gebruikt binnen acht uur nadat het uit de weegkamer verwijderd is, wordt het voor gebruik gereconditioneerd en opnieuw gewogen.

### 2.2. Installatie van de meetapparatuur

De instrumenten en de bemonsteringssondes moeten volgens de voorschriften worden aangebracht. Wanneer gebruik wordt gemaakt van een volledige-stroomverduunningssysteem voor de verduunning van het uitlaatgas moet het einde van de uitlaatpijp op het systeem worden aangesloten.

### 2.3. Starten van het verduunningssysteem en de motor

Het verduunningssysteem en de motor moeten in werking worden gesteld en zodanig warm worden dat alle temperaturen en drukken bij het maximumvermogen gestabiliseerd zijn overeenkomstig de aanbevelingen van de fabrikant en goede technische praktijkgewoonten.

### 2.4. Starten van het deeltjesbemonsteringssysteem

Het deeltjesbemonsteringssysteem wordt in werking gesteld; het functioneert via een omloopsysteem. Het achtergrondniveau van de deeltjes in de verduunningslucht kan worden bepaald door de verduunningslucht door de deeltjesfilters te voeren. Indien gefilterde verduunningslucht wordt gebruikt, kan een meting vóór of na de test worden verricht. Indien de verduunningslucht niet gefilterd wordt, kunnen metingen worden verricht aan het begin en aan het eind van de cyclus en de waarden worden gemiddeld.

### 2.5. Afstelling van de verduunningsverhouding

De verduunningslucht moet zodanig worden afgesteld dat de temperatuur van het verdunde uitlaatgas, gemeten onmiddellijk vóór het primaire filter in elke toestand 325 K (52 °C) of minder bedraagt. De totale verduunningsverhouding (q) mag niet minder bedragen dan 4.

Bij systemen waarbij de CO<sub>2</sub>- of NO<sub>x</sub>-concentratie wordt gebruikt voor de regeling van de verduunningsverhouding, moet het CO<sub>2</sub>- of NO<sub>x</sub>-gehalte van de verduunningslucht worden gemeten aan het begin en aan het eind van elke test. De meetresultaten van de CO<sub>2</sub>- of NO<sub>x</sub>-achtergrondconcentratie vóór en na de test moeten respectievelijk binnen 100 ppm of 5 ppm van elkaar liggen.

### 2.6. Controle van de analyseapparatuur

De analyseapparatuur voor de emissiemetingen wordt op de 0-stand gekalibreerd en het schaalbereik ingesteld.

### 2.7. Testcyclus

#### 2.7.1. De volgende uit 13 fasen bestaande cyclus moet worden gevolgd, waarbij de dynamometer is aangesloten op de te beproeven motor:

Fasenummer	Motortoerental	Belastingspercentage	Wegingsfactor	Lengte van de fase
1	stationair	—	0,15	4 minuten
2	A	100	0,08	2 minuten
3	B	50	0,10	2 minuten
4	B	75	0,10	2 minuten
5	A	50	0,05	2 minuten
6	A	75	0,05	2 minuten
7	A	25	0,05	2 minuten
8	B	100	0,09	2 minuten
9	B	25	0,10	2 minuten
10	C	100	0,08	2 minuten
11	C	25	0,05	2 minuten
12	C	75	0,05	2 minuten
13	C	50	0,05	2 minuten

#### 2.7.2. Testcyclus

De testcyclus wordt aangevangen. De test wordt uitgevoerd in de volgorde van de in punt 2.7.1 genoemde fasenummers.

De motor moet gedurende de voorgeschreven tijd in elke fase lopen, waarbij veranderingen in het motor-toerental en belasting binnen de eerste 20 sec. moeten verdwijnen. Het aangegeven toerental moet binnen  $\pm 50 \text{ min}^{-1}$  worden gehouden en het aangegeven koppel binnen  $\pm 2\%$  van het maximumkoppel bij het toerental van de test.

Op verzoek van de fabrikant mag de testcyclus een voldoende aantal malen worden herhaald om meer deeltjesmassa op het filter te bemonsteren. De fabrikant dient een uitvoerige beschrijving van de gegevens-evaluatie en berekeningsprocedures te verstrekken. De gasvormige emissies behoeven slechts bij de eerste cyclus te worden vastgesteld.

#### 2.7.3. Responsie van het analyseapparaat

De output van het analyseapparaat moet worden geregistreerd met een papierbandschrijver of worden vastgelegd met een gelijkwaardig gegevensverzamelstelsel waarbij het uitlaatgas tijdens de gehele proef door de analyseapparatuur stroomt.

#### 2.7.4. Deeltjesbemonstering

Er wordt gebruikgemaakt van een paar filters (primair en secundair filter, zie bijlage III, aanhangsel 4) voor de volledige testprocedure. Er moet rekening worden gehouden met de voor de testprocedure aangegeven wegingsfactoren voor een bepaalde toestand door een monster te nemen dat evenredig is met de uitlaattgasstroom gedurende elke afzonderlijke fase van de cyclus. Dit kan worden verwezenlijkt door de bemonsteringsstroom, de bemonsteringstijd of de verdunningsverhouding dienovereenkomstig bij het stellen zodat aan het criterium voor de effectieve wegingsfactoren in punt 5.6 is voldaan.

De bemonsteringstijd per fase moet ten minste 4 seconden voor elke 0,01 van de wegingsfactor bedragen. De bemonstering moet in elke fase op een zo laat mogelijk moment plaatsvinden. De deeltjesbemonstering mag niet eerder dan 5 seconden voor het einde van elke fase worden beëindigd.

#### 2.7.5. Toestand van de motor

Het motortoerental en de motorbelasting, de inlaatluchttemperatuur en de onderdruk, de uitlaattemperatuur en de tegendruk, de brandstofstroom en de lucht of uitlaattgasstroom, de vulluchttemperatuur, de brandstoftemperatuur en de vochtigheidsgraad dienen gedurende iedere fase te worden geregistreerd, waarbij aan de eisen ten aanzien van het toerental en de belasting moet worden voldaan gedurende de periode van deeltjesbemonstering, maar in ieder geval gedurende de laatste minuut van elke fase.

Alle verdere gegevens die nodig zijn voor de berekening dienen te worden geregistreerd (zie punt 4 en 5).

2.7.6. *Controle van NO<sub>x</sub> binnen het meetgebied*

De NO<sub>x</sub>-controle binnen het meetgebied moet onmiddellijk na beëindiging van toestand 13 plaatsvinden.

De motor moet voor een periode van 3 minuten voor de aanvang van de metingen in toestand 13 worden gehouden. Er dienen drie metingen te worden verricht op verschillende plaatsen binnen het door de technische dienst geselecteerde meetgebied <sup>(1)</sup>. De meettijd bedraagt telkens 2 minuten.

De meetprocedure is identiek met die voor de NO<sub>x</sub>-meting in toestand 13 en dient te worden uitgevoerd overeenkomstig de punten 2.7.3, 2.7.5 en 4.1 van dit aanhangsel en punt 3 van aanhangsel 4 van bijlage III.

De berekening wordt uitgevoerd overeenkomstig punt 4.

2.7.7. *Hercontrole van de analyseapparatuur*

Na de emissietest wordt een nulgas en hetzelfde kalibratiegas gebruikt voor een hercontrole. De test wordt aanvaardbaar geacht indien het verschil tussen de resultaten voor en na de proef minder dan 2 % van de kalibratiegaswaarde bedraagt.

3. ELR-TESTCYCLUS

3.1. **Installatie van de meetapparatuur**

De opaciteitsmeter en indien van toepassing de bemonsteringssondes moeten worden aangebracht achter de uitlaatdemper of, indien aanwezig, de nabehandelingsinrichting overeenkomstig de algemene installatieprocedures als aangegeven door de fabrikant van de instrumenten. Bovendien moeten de voorschriften van punt 10 van ISO IDS 11614 indien van toepassing in acht worden genomen.

Alvorens controles worden uitgevoerd voor de nul- en volledige-schaalinstelling moet de opaciteitsmeter op temperatuur worden gebracht en gestabiliseerd overeenkomstig de aanbevelingen van de fabrikant van het instrument. Indien de opaciteitsmeter is uitgerust met een luchtspoelsysteem om rookaanslag op de lenzen van de meter te voorkomen moet dit systeem eveneens worden geactiveerd en afgesteld overeenkomstig de aanbevelingen van de fabrikant.

3.2. **Controle van de opaciteitsmeter**

De controle van de nulinstelling en de volledige schaal moeten worden verricht in de opaciteit-afleestoestand aangezien de opaciteitsschaal twee duidelijk definieerbare kalibratiepunten, namelijk 0 % dichtheid en 100 % dichtheid. De lichtabsorptiecoëfficiënt wordt vervolgens correct berekend op basis van de gemeten dichtheid en de L<sub>A</sub> als aangegeven door de fabrikant van de opaciteitsmeter, wanneer het instrument terugkeert in de k-afleestoestand voor beproeving.

Wanneer de lichtstraal van de opaciteitsmeter niet wordt geblokkeerd, moet de aflezing worden afgesteld op 0,0 % ± 1,0 % opaciteit. Wanneer wordt voorkomen dat het licht op de ontvanger valt, moet de aflezing worden afgesteld op 100,0 % ± 1,0 % opaciteit.

3.3. **Testcyclus**

3.3.1. *Conditioneren van de motor*

Het warmlopen van de motor en het systeem moet geschieden bij het maximumvermogen om de motorparameters te stabiliseren overeenkomstig de aanbevelingen van de fabrikant. De conditioneerfase moet de werkelijke meting beschermen tegen de invloed van afzettingen in het uitlaatsysteem van een voorgaande test.

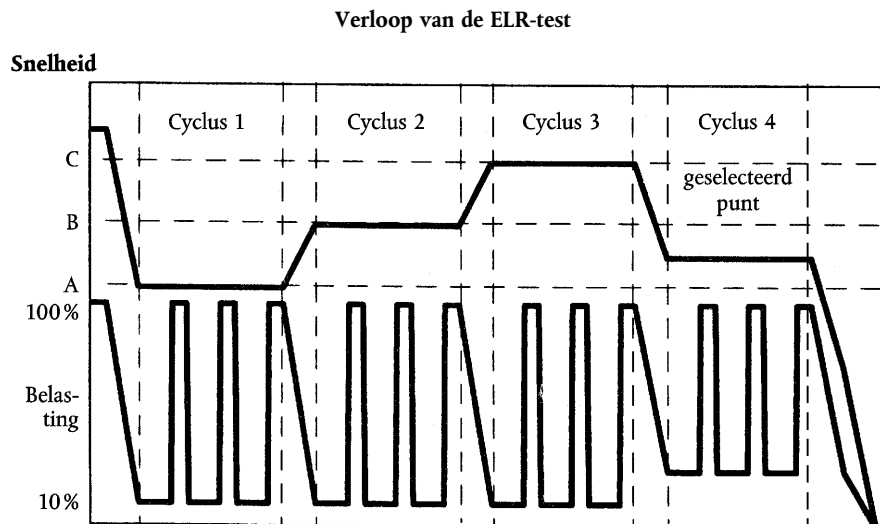
Wanneer de motor is gestabiliseerd moet de cyclus worden aangevangen binnen 20 ± 2 s na de conditioneerfase. Op verzoek van de fabrikant kan een dummytest worden uitgevoerd als extra conditionering voor de meetcyclus.

<sup>(1)</sup> De meetpunten moeten worden gekozen met behulp van goedgekeurde statistische willekeurigheidsmethoden.

## 3.3.2. Testverloop

De test bestaat uit drie belastingsstappen bij elk van de drie motortoerentallen A (cyclus 1), B (cyclus 2) en C (cyclus 3), vastgesteld overeenkomstig punt 1.1 van bijlage III, gevolgd door cyclus 4 bij een door de technische dienst gekozen toerental binnen het meetgebied en bij een belasting tussen 10 % en 100 %<sup>(1)</sup>. De onderstaande volgorde dient te worden aangehouden met de dynamometer op de proefmotor in werking, als afgebeeld in figuur 3.

Figuur 3



- a) De motor wordt ingesteld op toerental A bij een belasting van 10 % gedurende  $20 \pm 2$  s. Het aangegeven toerental dient binnen  $\pm 20 \text{ min}^{-1}$  te worden gehouden en het aangegeven koppel moet binnen  $\pm 2$  % van het maximumkoppel bij het toerental tijdens de proef worden gehouden.
- b) Aan het eind van het voorgaande gedeelte moet de gashendel snel in de geheel open stand worden gezet en in deze stand worden gehouden gedurende  $10 \pm 1$  s. De noodzakelijke dynamometerbelasting moet worden uitgeoefend om het motortoerental binnen  $\pm 150 \text{ min}$  gedurende de eerste 3 seconden te houden en binnen  $\pm 20 \text{ min}$  gedurende de rest van het testgedeelte.
- c) De in a) en b) beschreven procedure wordt twee keer herhaald.
- d) Na voltooiing van de derde belastingsstap moet de motor binnen  $20 \pm 2$  s worden afgesteld op toerental B bij een belasting van 10 %.
- e) De procedure a) tot en met c) wordt uitgevoerd bij een motor die draait met toerental B.
- f) Na voltooiing van de derde belastingsstap moet de motor binnen  $20 \pm 2$  s worden afgesteld op toerental C bij een belasting van 10 %.
- g) De procedure a) tot en met c) wordt uitgevoerd bij een motor die draait met toerental C.
- h) Na voltooiing van de derde belastingsstap moet de motor binnen  $20 \pm 2$  s opnieuw worden ingesteld op het gekozen motortoerental en een willekeurige belasting van meer dan 10 %.
- i) De procedure a) tot en met c) dient te worden gevolgd waarbij de motor bij het geselecteerde toerental draait.

## 3.4. Validering van de cyclus

De relatieve standaarddeviatie van de gemiddelde rookwaarde bij elk beproevingstoerental (A, B, C) dient minder dan 15 % van de overeenkomstige gemiddelde waarde ( $SV_A$ ,  $SV_B$ ,  $SV_C$ , berekend volgens punt 6.3.3 met de drie opeenvolgende belastingen bij elk beproevingstoerental), of minder dan 10 % van de in tabel 1 van bijlage I aangegeven grenswaarde te zijn (de grootste waarde is van toepassing). Indien het verschil groter is, moet de procedure worden herhaald tot drie opeenvolgende belastingsfasen aan de valideringscriteria voldoen.

<sup>(1)</sup> De meetpunten moeten worden gekozen met behulp van goedgekeurde statistische willekeurigheidsmethoden.

3.5. **Hercontrole van de opaciteitsmeter**

De nulverloopwaarde van de opaciteitsmeter na de test mag niet meer dan  $\pm 5,0\%$  van de in tabel 1 van bijlage III aangegeven waarde bedragen.

## 4. BEREKENING VAN DE GASVORMIGE EMISSIES

4.1. **Evaluatie van de gegevens**

Voor de evaluatie van de gasvormige emissies moet de grafiekaflezing van de laatste 30 seconden in elke toestand worden gemiddeld en de gemiddelde concentraties (conc) van HC, CO en  $\text{NO}_x$  gedurende elke toestand moet worden vastgesteld aan de hand van de gemiddelde grafiekaflezingen en de bijbehorende kalibratiegegevens. Een andere wijze van registratie kan worden toegepast indien deze gelijkwaardige gegevens oplevert.

Voor de  $\text{NO}_x$ -controle binnen het meetgebied zijn de bovengenoemde voorschriften alleen voor  $\text{NO}_x$  van toepassing.

De uitlaatgasstroom  $G_{\text{EXHW}}$ , of de verdunde-uitlaatgasstroom  $G_{\text{TOTW}}$  indien voor gebruik daarvan wordt gekozen, wordt bepaald overeenkomstig punt 2.3 van aanhangsel 4 van bijlage III.

4.2. **Droog/nat-correctie**

De gemeten concentratie wordt omgezet in die voor nat gas met de volgende formules, indien zij niet reeds op natte basis is gemeten:

$$\text{conc (nat)} = K_w \times \text{conc (droog)}$$

Voor het ruwe uitlaatgas:

$$K_{W,r} = \left( 1 - F_H \times \frac{G_{\text{FUEL}}}{G_{\text{AIR}}} \right) - K_{W,2}$$

en

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left( 1 + \frac{G_{\text{FUEL}}}{G_{\text{AIRW}}} \right)}$$

Voor het verdunde uitlaatgas:

$$K_{W,e,1} = \left( 1 - \frac{\text{HTCRAT} \times \text{CO}_2 \% (\text{nat})}{200} \right) - K_{W1}$$

of

$$K_{W,e,2} = \left( \frac{1 - K_{W1}}{1 + \frac{\text{HTCRAT} \times \text{CO}_2 \% (\text{droog})}{200}} \right)$$

Voor de verdunningslucht

$$K_{W,d} = 1 - K_{W1}$$

$$K_{W1} = \frac{1,608 \times H_d}{1000 + (1,608 \times H_d)}$$

$$H_d = \frac{6,220 \times R_d \times p_d}{p_B - p_d \times R_d \times 10^{-2}}$$

waarin:

$H_a, H_d$  = g water per kg droge lucht

$R_d, R_a$  = relatieve vochtigheid van de verdunnings/inlaatlucht, %

$p_d, p_a$  = verzadigde dampdruk van de verdunnings/inlaatlucht, kPa

$p_B$  = totale buitenluchtdruk, kPa

Voor de inlaatlucht (indien deze afwijkt van de verdunningslucht)

$$K_{W,a} = 1 - K_{W2}$$

$$K_{W2} = \frac{1,608 \times H_a}{1000 + (1,608 \times H_a)}$$

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

#### 4.3. Vochtigheds- en temperatuurcorrectie voor NO<sub>x</sub>

Aangezien de NO<sub>x</sub>-emissies afhangen van de toestand van de omgevingslucht, moet de NO<sub>x</sub>-concentratie worden gecorrigeerd naar de omgevingsluchttemperatuur en -vochtigheid met behulp van de factor KH uit de volgende formules:

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A \times (H_a - 10,71) + B \times (T_a - 298)}$$

met:

$$A = 0,309 G_{\text{FUEL}}/G_{\text{AIRD}} - 0,0266$$

$$B = -0,209 G_{\text{FUEL}}/G_{\text{AIRD}} + 0,00954$$

T<sub>a</sub> = inlaatluchttemperatuur, K (temperatuur en vochtigheidsgraad moeten op hetzelfde punt gemeten worden)

H<sub>a</sub> = vochtigheidsgraad van de inlaatlucht, g water per kg droge lucht

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

waarbij:

R<sub>a</sub> = relatieve vochtigheid van de inlaatlucht, %

p<sub>a</sub> = verzadigde dampdruk van de inlaatlucht, kPa

p<sub>B</sub> = totale buitenluchtdruk, kPa

#### 4.4. Berekening van de emissiemassaastroom

De emissiemassaastroom (g/h) voor elke testfase wordt als volgt berekend, waarbij ervan wordt uitgegaan dat de uitlaatgasdichtheid 1,293 kg/m<sup>3</sup> bij 273 K (0 °C) en 101,3 kPa bedraagt:

$$(1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times \text{NO}_{x \text{ conc}} \times K_{H,D} \times G_{\text{EXHW}}$$

$$(2) \text{ CO}_{x \text{ mass}} = 0,000966 \times \text{CO}_{\text{conc}} \times G_{\text{EXHW}}$$

$$(3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \times \text{HC}_{\text{conc}} \times G_{\text{EXHW}}$$

waarin NO<sub>x conc</sub>, CO<sub>conc</sub>, HC<sub>conc</sub> <sup>(1)</sup> de gemiddelde concentraties (ppm) in het ruwe uitlaatgas zijn, vastgesteld overeenkomstig punt 4.1.

Indien de gasvormige emissies (optioneel) worden bepaald met een volledige-stroomverduunningssysteem, moet de volgende formule worden toegepast:

$$(1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times \text{NO}_{x \text{ conc}} \times K_{H,D} \times G_{\text{TOTW}}$$

$$(2) \text{ CO}_{x \text{ mass}} = 0,000966 \times \text{CO}_{\text{conc}} \times G_{\text{TOTW}}$$

$$(3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \times \text{HC}_{\text{conc}} \times G_{\text{TOTW}}$$

waarin NO<sub>x conc</sub>, CO<sub>conc</sub>, HC<sub>conc</sub> <sup>(1)</sup> de gemiddelde, naar de achtergrond gecorrigeerde concentraties (ppm) in elke toestand in het verdunde gas zijn, vastgesteld overeenkomstig punt 4.3.1.1 van bijlage III, aanhangsel 2.4.5. Berekening van de specifieke emissies.

<sup>(1)</sup> Op basis van C1-equivalent.

#### 4.5. Berekening van de specifieke emissies

De specifieke emissie (g/kWh) wordt voor alle afzonderlijke componenten op de volgende wijze berekend:

$$\overline{NO}_x = \frac{\sum NO_{x\text{ mass}} \times WF_i}{\sum P(n)_i \times WF_i}$$

$$\overline{CO} = \frac{\sum CO_{\text{mass}} \times WF_i}{\sum P(n)_i \times WF_i}$$

$$\overline{HC} = \frac{\sum HC_{\text{mass}} \times WF_i}{\sum P(n)_i \times WF_i}$$

De wegingsfactoren (WF) die in de bovenstaande berekening moeten worden gebruikt, staan vermeld in punt 2.7.1.

#### 4.6. Berekening van de waarden in het meetgebied

Voor de drie overeenkomstig punt 2.7.6 gekozen controlepunten wordt de  $NO_x$ -emissie gemeten en berekend volgens punt 4.6.1 en eveneens bepaald door interpolatie van de fasen van de testcyclus die het dichtst bij het respectieve controlepunt liggen volgens punt 4.6.2. De gemeten waarden worden vervolgens vergeleken met de geïnterpoleerde waarde volgens punt 4.6.3.

##### 4.6.1. Berekening van de specifieke emissie

De  $NO_x$ -emissie voor elk controlepunt (Z) wordt als volgt berekend:

$$NO_{x\text{ mass},Z} = 0,001587 \times NO_{x\text{ conc},Z} \times K_{H,D} \times G_{EXH W}$$

$$NO_{x,Z} = \frac{NO_{x\text{ mass},Z}}{P(n)_Z}$$

##### 4.6.2. Bepaling van de emissiewaarde uit de testcyclus

De  $NO_x$ -emissie voor elk controlepunt moet worden geïnterpoleerd op grond van de vier dichtstbijgelegen fasen van de testcyclus die het gekozen controlepunt Z omgeven, als afgebeeld in figuur 4. Voor deze fasen (R, S, T, U) zijn de volgende definities van toepassing:

$$\text{Toerental (R)} = \text{Toerental (T)} = n_{RT}$$

$$\text{Toerental (S)} = \text{Toerental (U)} = n_{SU}$$

$$\text{Percentage van belasting (R)} = \text{Percentage van belasting (S)}$$

$$\text{Percentage van belasting (T)} = \text{Percentage van belasting (U)}$$

De  $NO_x$ -emissie op het geselecteerde controlepunt Z wordt als volgt berekend:

$$E_Z = \frac{E_{RS} + (E_{TU} - E_{RS}) \times (M_Z - M_{RS})}{M_{TU} - M_{RS}}$$

en:

$$E_{TU} = \frac{E_T + (E_U - E_T) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$E_{RS} = \frac{E_R + (E_S - E_R) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

$$M_{TU} = \frac{M_T + (M_U - M_T) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

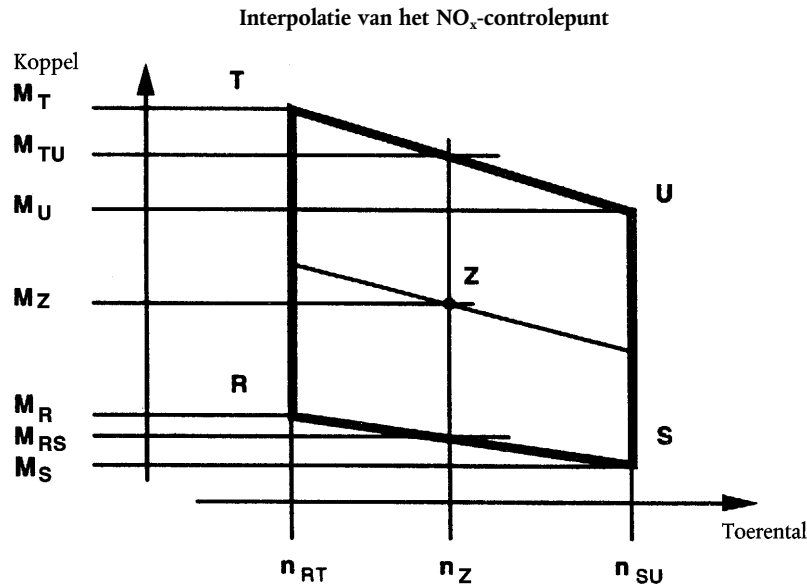
$$M_{RS} = \frac{M_R + (M_S - M_R) \times (n_Z - n_{RT})}{n_{SU} - n_{RT}}$$

waarin:

$E_R, E_S, E_T, E_U$  = specifieke  $NO_x$ -emissie voor de omgevingstoestanden, berekend volgens punt 4.6.1.

$M_R, M_S, M_T, M_U$  = motorkoppel in de nabijgelegen toestanden.

Figuur 4



#### 4.6.3. Vergelijking van de $NO_x$ -emissiewaarden

De gemeten specifieke  $NO_x$ -emissie van het controlepunt Z ( $NO_{x,z}$ ) wordt op de volgende wijze vergeleken met de geïnterpoleerde waarde ( $E_z$ ):

$$NO_{x \text{ diff}} = 100 \times \frac{NO_{x,z} - E_z}{E_z}$$

## 5. BEREKENING VAN DE DEELTJESEMISSIE

### 5.1. Evaluatie van de gegevens

Voor de evaluatie van de deeltjes wordt de totale bemonsteringsmassa ( $M_{SAMI}$ ) door de filters voor elke testfase vastgelegd.

De filters worden teruggebracht naar de weegkamer en gedurende minstens een uur — echter niet meer dan 80 uur — geconditioneerd en vervolgens gewogen. Het brutogewicht van de filters wordt geregistreerd en het tarragewicht (zie punt 2.1 van dit aanhangsel) daarvan afgetrokken. De deeltjesmassa  $M_f$  is de som van de deeltjesmassa die door de primaire en secundaire filters zijn opgevangen.

Indien achtergrondcorrectie wordt toegepast, worden de verdunningsluchtmassa ( $M_{DIL}$ ) door de filters en de deeltjesmassa ( $M_f$ ) vastgesteld. Indien minder dan één meting wordt verricht, wordt het quotiënt  $M_f/M_{DIL}$  voor elke meting berekend en de waarden worden gemiddeld.

### 5.2. Partiële-stroomverdunningsstelsel

De uiteindelijk genoteerde testresultaten van de deeltjesemissie worden als volgt stapsgewijs afgeleid. Aangezien de verdunning op verschillende wijzen tot stand wordt gebracht, worden verschillende berekeningsmethoden voor  $G_{EDFW}$  toegepast. Alle berekeningen zijn gebaseerd op de gemiddelde waarde van de afzonderlijke toestanden gedurende de bemonsteringsperiode.

5.2.1. *Isokinetische systemen*

$$G_{EDF\ W,i} = G_{EXH\ W,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DIL\ W,i} + (G_{EXH\ W,i} \times r)}{G_{EXH\ W,i} \times r}$$

waarin  $r$  overeenkomt met de verhouding tussen de dwarsdoorsnede van de isokinetische sonde en die van de uitlaatpijp:

$$R = \frac{A_P}{A_T}$$

5.2.2. *Systemen waarmee CO<sub>2</sub>- of NO<sub>x</sub>-concentraties worden gemeten*

$$G_{EDF\ W,i} = G_{EXH\ W,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{(\text{conc}_{E,i} - \text{conc}_{A,i})}{\text{conc}_{D,i} - \text{conc}_{A,i}}$$

waarin:

$\text{conc}_E$  = natte concentratie van het indicatorgas in het uitlaatgas

$\text{conc}_D$  = natte concentratie van het indicatorgas in het verdunde uitlaatgas

$\text{conc}_A$  = natte concentratie van het indicatorgas in de verdunningslucht

De op droge basis gemeten concentraties moeten worden omgezet in die op natte basis overeenkomstig punt 4.2 van dit aanhangsel.

5.2.3. *CO<sub>2</sub>-meetsystemen en de koolstofbalansmethode <sup>(1)</sup>*

$$G_{EDF\ W,i} = \frac{206,5 \times G_{FUEL,i}}{\text{CO}_{2D,i} - \text{CO}_{2A,i}}$$

waarin:

$\text{CO}_{2D}$  = CO<sub>2</sub>-concentratie in het verdunde uitlaatgas

$\text{CO}_{2A}$  = CO<sub>2</sub>-concentratie in de verdunningslucht

(concentraties in vol % op natte basis)

Deze vergelijking gaat uit van de veronderstelling van een koolstofbalans (naar de motor gevoerde koolstofatomen worden als CO<sub>2</sub> uitgestoten) en wordt als volgt afgeleid:

$$G_{EDF\ W,i} = G_{EXH\ W,i} \times q_i$$

en

$$q_i = \frac{206,5 \times G_{FUEL,i}}{G_{EXH\ W,i} \times (\text{CO}_{2D,i} - \text{CO}_{2A,i})}$$

5.2.4. *Systemen met stroommeting*

$$G_{EDF\ W,i} = G_{EXH\ W,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOT\ W,i}}{G_{TOT\ W,i} - G_{DIL\ W,i}}$$

<sup>(1)</sup> De waarde geldt slechts voor de in bijlage IV beschreven referentiebrandstof.

### 5.3. Volledige-stroomverduunningsstelsel

De op te geven testresultaten van de deeltjesemissie worden als volgt stapsgewijs berekend. Alle berekeningen zijn gebaseerd op de gemiddelde waarde in de afzonderlijke toestanden gedurende de bemonstering.

$$G_{EDF\ W,i} = G_{TOT\ W,i}$$

### 5.4. Berekening van de deeltjesmassastroom

De deeltjesmassastroom wordt als volgt berekend:

$$PT_{mass} = \frac{M_f}{M_{SAM}} \times \frac{\bar{G}_{EDF\ W}}{1000}$$

waarin:

$$\bar{G}_{EDF\ W} = \sum_{i=1}^{i=n} G_{EDF\ W,i} \times WF_i$$

$$M_{SAM} = \sum_{i=1}^{i=n} M_{SAM,i}$$

$$i = 1, \dots, n$$

bepaald gedurende de testcyclus uit de som van de gemiddelde waarden in de afzonderlijke toestanden gedurende de bemonstering.

De deeltjesmassastroom kan als volgt naar de achtergrond worden gecorrigeerd:

$$PT_{mass} = \left[ \frac{M_f}{M_{SAM}} \left( \frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left( \sum_{i=1}^{i=n} \left( 1 - \frac{1}{DF_i} \right) \times WF_i \right) \right) \right] \times \frac{\bar{G}_{EDF\ W}}{1000}$$

Indien er meer dan een meting is verricht moet  $\frac{M_d}{M_{DIL}}$  worden vervangen door  $\frac{M_d}{\bar{M}_{DIL}}$ .

$$DF_i = \frac{13,4}{(\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4})}$$
 voor de afzonderlijke testfasen

of

$$DF_i = \frac{13,4}{\text{concCO}_2}$$
 voor de afzonderlijke testfasen.

### 5.5. Berekening van de specifieke emissie

De specifieke emissie wordt berekend op de volgende wijze:

$$\bar{PT} = \frac{PT_{mass}}{\sum P(n)_i \times WF_i}$$

### 5.6. Effectieve wegingsfactor

Voor de methode met een filter wordt de effectieve wegingsfactor  $WF_{E,i}$  voor elke toestand op de volgende wijze berekend:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{SAM,i} \times \bar{G}_{EDF\ W}}{M_{SAM} \times G_{EDF\ W,i}}$$

De waarde van de effectieve wegingsfactoren mag slechts  $\pm 0,003$  ( $\pm 0,005$  voor de stationaire toestand) van de in punt 2.7.1 genoemde wegingsfactoren afwijken.

## 6. BEREKENING VAN DE ROOKWAARDEN

6.1. **Bessel-algoritme**

Het Bessel-algoritme wordt gebruikt om de gemiddelde waarde per seconde te berekenen uit de momentane opaciteitsaflezing, omgezet overeenkomstig punt 6.3.1. Het algoritme emuleert een laag doorlatend filter van de tweede orde en het gebruik daarvan vereist iteratieve berekeningen om de coëfficiënt te bepalen. Deze coëfficiënten zijn een functie van de responsietijd van het opaciteitsmetersysteem en de bemonsteringssnelheid. Punt 6.1.1 moet derhalve worden herhaald telkens wanneer de responsietijd van het systeem en/of de bemonsteringssnelheid verandert.

6.1.1. *Berekening van de filterresponsietijd en de Bessel-constanten*

De benodigde Bessel-responsietijd ( $t_F$ ) is een functie van de fysische en elektrische responsietijden van het opaciteitsmetersysteem, als aangegeven in punt 5.2.4 van aanhangsel 4 van bijlage III, en wordt berekend met behulp van de volgende vergelijking:

$$t_F = \sqrt{1 - (t_p^2 + t_e^2)}$$

waarin:

$t_p$  = fysische responsietijd, s

$t_e$  = elektrische responsietijd, s

De berekeningen voor de raming van de grensfrequentie van het filter ( $f_c$ ) zijn gebaseerd op een stapvormige input van 0 tot 1 in  $\leq 0,01$  s (zie bijlage VII). De responsietijd is gedefinieerd als de tijd tussen het punt waarop de Bessel-output 10 % ( $t_{10}$ ) bereikt en wanneer deze 90 % ( $t_{90}$ ) van deze sprongfunctie bereikt. Deze wordt verkregen door het itereren van  $f_c$  tot  $t_{90} - t_{10} \approx t_F$ . De eerste iteratie voor  $f_c$  wordt gegeven door de volgende formule:

$$f_c = \frac{\pi}{10 \times t_F}$$

De Besselconstanten E en K worden berekend met behulp van de volgende vergelijkingen:

$$E = \frac{1}{(1 + \Omega \times \sqrt{(3 \times D) + D \times \Omega^2})}$$

$$K = 2 \times E \times (D \times \Omega^2 - 1) - 1$$

waarin:

$$D = 0,618034$$

$$\Delta t = \frac{1}{\text{Bemonsteringsfrequentie}}$$

$$\Omega = \frac{1}{[\tan(\pi \times \Delta t \times f_c)]}$$

6.1.2. *Berekening van het Bessel-algoritme*

Met behulp van de waarden E en K wordt de gemiddelde Bessel-responsie per seconde op een invoerwaarde  $S_i$  als volgt berekend:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

waarin:

$$S_{i-2} = S_{i-1} = 0$$

$$S_i = 1$$

$$Y_{i-2} = Y_{i-1} = 0$$

De tijden  $t_{10}$  en  $t_{90}$  worden geïnterpoleerd. Het verschil in tijd tussen  $t_{90}$  en  $t_{10}$  bepaalt de responsietijd  $t_f$  voor die waarde van  $f_c$ . Indien deze responsietijd niet dicht genoeg ligt bij de voorgeschreven responsietijd dient de iteratie te worden voortgezet totdat de werkelijke responsietijd binnen 1 % van de voorgeschreven responsie ligt en wel op de volgende wijze:

$$((t_{90} - t_{10}) - t_f) \leq 0,01 \times t_f$$

## 6.2. Evaluatie van de gegevens

De rookmeetwaarden worden gesampled met een minimumfrequentie van 20 Hz.

## 6.3. Vaststelling van de opaciteit

### 6.3.1. Gegevensomzetting

Aangezien metingen met alle opaciteitsmeters gebaseerd zijn op lichtdoorlatendheid, moeten de rookwaarden op de volgende wijze worden omgezet van lichtdoorlatendheid  $\tau$  in de lichtabsorptiecoëfficiënt ( $k$ ):

$$k = -\frac{1}{L_A} \times \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

en

$$N = 100 - \tau$$

waarin:

$k$  = lichtabsorptiecoëfficiënt,  $m^{-1}$

$L_A$  = effectieve optische weglengte, als aangegeven door de fabrikant van het instrument, m

$N$  = opaciteit, %

$\tau$  = lichtdoorlatendheid, %

De omzetting dient te worden uitgevoerd voordat alle verdere gegevensverwerkingen plaatsvinden.

### 6.3.2. Berekening van de Bessel-gemiddelde opaciteit

De eigenlijke grensfrequentie  $f_c$  is de frequentie die de voorgeschreven filterresponsietijd  $t_f$  oplevert. Wanneer deze frequentie is vastgesteld door het iteratieve proces van punt 6.1.1, worden de eigenlijke Bessel-algoritme-constanten  $E$  en  $K$  berekend. Het Bessel-algoritme wordt vervolgens toegepast op het momentane rookspoor ( $k$ -waarde) op de in punt 6.1.2 beschreven wijze:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

Het Bessel-algoritme is recursief van aard. Er is dus een aantal begininvoerwaarden van  $S_{i-1}$  en  $S_{i-2}$  en beginuitvoerwaarden  $Y_{i-1}$  en  $Y_{i-2}$  nodig om het algoritme te laten aanvangen. Deze mogen op nul worden gesteld.

Voor elke belastingsstap van de drie toerentallen A, B en C wordt de maximum 1 s-waarde  $Y_{\max}$  gekozen uit afzonderlijke  $Y_i$ -waarden van elk rookspoor.

### 6.3.3. Eindresultaat

De gemiddelde rookwaarden (SV) van iedere cyclus (beproevingstoerental) worden als volgt berekend:

$$\text{Voor toerental A:} \quad SV_A = (Y_{\max 1,A} + Y_{\max 2,A} + Y_{\max 3,A}) / 3$$

$$\text{Voor toerental B:} \quad SV_B = (Y_{\max 1,B} + Y_{\max 2,B} + Y_{\max 3,B}) / 3$$

$$\text{Voor toerental C:} \quad SV_C = (Y_{\max 1,C} + Y_{\max 2,C} + Y_{\max 3,C}) / 3$$

waarin:

$Y_{\max 1}, Y_{\max 2}, Y_{\max 3}$  = hoogste 1 s Bessel-gemiddelde rookwaarde bij elk van de drie belastingen.

De eindwaarde wordt als volgt berekend:

$$SV = (0,43 \times SV_A) + (0,56 \times SV_B) + (0,01 \times SV_C)$$

## Aanhangsel 2

## ETC-TESTCYCLUS

## 1. PROCEDURE VOOR BEPALING VAN DE MOTORKARAKTERISTIEK

1.1. **Bepaling van het toerentalgebied**

Alvorens de ETC op de meetcel kan worden uitgevoerd, moet voorafgaand aan de testcyclus de toerental-koppel-kromme worden bepaald. De minimum- en maximumtoerentallen zijn als volgt:

Minimumtoerental = stationair toerental

Maximumtoerental =  $n_{hi} \times 1,02$  of toerental waarbij het koppel bij vollast nul wordt (laagste waarde is van toepassing).

1.2. **Bepaling van de motorvermogenkromme**

De motor wordt bij het maximumvermogen opgewarmd om de motorparameters te stabiliseren overeenkomstig de aanbevelingen van de fabrikant en de technische praktijkgewoonten. Wanneer de motor stabiel draait, wordt de motorkarakteristiek als volgt gemaakt:

- a) de motor wordt niet belast en draait stationair;
- b) de motor draait met volledige belasting/geheel geopende gasklep en het minimumtoerental;
- c) het motortoerental wordt verhoogd van het minimum- tot het maximumtoerental bij een gemiddeld tempo van  $8 \pm 1 \text{ min}^{-1} / \text{s}$ . Het motortoerental en het koppel worden ten minste per één punt per seconde vastgelegd.

1.3. **Opstelling van de motorkarakteristiek**

Alle overeenkomstig punt 1.2 gemeten waarden worden verbonden door lineaire interpolatie tussen de punten. De resulterende koppelkromme is de motorkarakteristiek en wordt gebruikt om de genormaliseerde koppelwaarden van de motorcyclus te converteren naar de eigenlijke koppelwaarden van de testcyclus als beschreven onder punt 2.

1.4. **Alternatieve bepaling van de motorkarakteristiek**

Indien een fabrikant meent dat bovenbeschreven techniek voor een bepaalde motor onveilig of niet representatief is, mag een alternatieve techniek worden gebruikt. Deze alternatieve technieken moeten voldoen aan de bedoeling van de gespecificeerde procedure, namelijk de bepaling van het maximaal beschikbare koppel bij alle tijdens de testcyclus bereikte toerentallen. Afwijkingen van de in dit deel bedoelde technieken uit veiligheids- of representativiteitsoverwegingen moeten door de technische dienst worden goedgekeurd en de redenen ervoor moeten worden aangegeven. In geen enkel geval echter mag voor geregelde motoren of turbomotoren de techniek waarbij het motortoerental continu stapsgewijs daalt, worden gebruikt.

1.5. **Herhaalde tests**

Een motor hoeft niet voor elke testcyclus te worden onderworpen aan een karakteristiekbepaling. De karakteristiek van een motor wordt voor een testcyclus echter opnieuw bepaald indien:

- overeenkomstig een op de technische praktijkgewoonten gebaseerd oordeel een onredelijk lange periode is verlopen tussen de laatste keer dat dit plaatsvond,
- of
- fysieke veranderingen of herkalibraties aan de motor hebben plaatsgevonden die de motorprestaties kunnen beïnvloeden.

## 2. DE REFERENTIE-TESTCYCLUS

De transiëntetestcyclus wordt beschreven in aanhangsel 3 van deze bijlage. De genormaliseerde waarden voor het koppel en toerental worden als volgt omgezet naar werkelijke waarden, hetgeen resulteert in de referentietestcyclus.

2.1. **Werkelijk toerental**

Het toerental wordt gedenormaliseerd met behulp van de volgende vergelijking:

$$\text{Werkelijke toerental} = \frac{\% \text{-toerental (referentietoerental} - \text{stationair toerental)}}{100} + \text{stationair toerental}$$

Het referentietoerental ( $n_{ref}$ ) komt overeen met de 100 % toerentalwaarden die zijn gespecificeerd in het motordynamometerschema van aanhangsel 3. Het wordt als volgt gedefinieerd (zie figuur 1 van bijlage I):

$$n_{ref} = n_{i0} + 95 \% \times (n_{hi} - n_{i0})$$

waarin  $n_{hi}$  en  $n_{i0}$  zijn gespecificeerd hetzij overeenkomstig bijlage I, punt 2, hetzij overeenkomstig bijlage III, aanhangsel 1, punt 1.1.

2.2. **Werkelijk koppel**

Het koppel wordt genormaliseerd naar het maximumkoppel bij het respectieve toerental. De koppelwaarden van de referentiecycclus worden gedenormaliseerd met behulp van de in punt 1.3 omschreven kromme, en wel als volgt:

$$\text{Werkelijk koppel} = (\% \text{ koppel} \times \text{max. koppel}/100)$$

voor het respectieve werkelijke toerental als bepaald overeenkomstig punt 2.1.

De negatieve koppelwaarden van de controlepunten („m”) krijgen ten behoeve van de vaststelling van de referentiecycclus gedenormaliseerde waarden die op een van de volgende manieren worden berekend:

- negatieve 40 % van het positieve koppel dat beschikbaar is bij het bijbehorend toerentalpunt;
- uitzetten van het negatieve koppel dat vereist is om de motor van het minimum- tot maximumtoerental te brengen;
- bepaling van het negatieve koppel dat vereist is om de motor stationair te doen draaien en van het koppel bij het referentietoerental en lineaire interpolatie tussen beide punten.

2.3. **Voorbeeld van de denormalisatieprocedure**

Als voorbeeld wordt het volgende testpunt gedenormaliseerd:

$$\% \text{ toerental} = 43$$

$$\% \text{ koppel} = 82$$

Gegeven zijn de volgende waarden:

$$\text{referentietoerental} = 2\,200 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{stationair toerental} = 600 \text{ min}^{-1}$$

hetgeen resulteert in:

$$\text{werkelijk toerental} = (43 \times (2\,200 - 600)/100) + 600 = 1\,288 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{werkelijk koppel} = (82 \times 700/100) = 574 \text{ Nm}$$

waarbij het maximumkoppel dat bij 1 288 min<sup>-1</sup> uit de motorkarakteristiek wordt afgelezen, 700 Nm bedraagt.

3. **UITVOERING VAN DE EMISSIEMEETCYCLUS**

Op verzoek van de fabrikant kan een dummytest worden uitgevoerd om de motor en het uitlaatsysteem in de juiste toestand te brengen voor de meetcyclus.

Aardgas- en LPG-motoren laat men warmlopen volgens een emissietestcyclus. De motor draait gedurende een minimum van twee ETC-cycli totdat de CO-emissiewaarde gedurende één ETC-cyclus niet meer bedraagt dan 10 % van de in de voorgaande cyclus gemeten CO-emissiewaarde.

**3.1. Gereedmaken van de bemonsteringsfilters (uitsluitend bij dieselmotoren)**

Elk filter(paar) moet ten minste een uur voor de test in een (niet-hermetisch) afgesloten petrischaaltje worden geplaatst waarna het geheel in een weegkamer wordt gezet om te stabiliseren. Aan het einde van de stabiliseringsperiode wordt elk filter(paar) gewogen en wordt het tarragewicht genoteerd. Het filter(paar) moet vervolgens in een gesloten petrischaaltje of filterhouder worden bewaard totdat het nodig is voor de proef. Indien het filter(paar) niet binnen acht uur na verwijderd te zijn uit de weegkamer wordt gebruikt, moet dit voor gebruik opnieuw worden gewogen.

**3.2. Installatie van de meetapparatuur**

De instrumenten en de bemonsteringssondes moeten volgens de voorschriften worden aangebracht. Het einde van de uitlaatpijp moet op het volledige-stroomverduunningsstelsel worden aangesloten.

**3.3. Starten van het verduunningsstelsel en de motor**

Het verduunningsstelsel en de motor moeten in werking worden gesteld en warm worden totdat alle temperaturen en drukken gestabiliseerd zijn bij het maximumvermogen overeenkomstig de aanbeveling van de fabrikant en goede technische praktijkgewoonten.

**3.4. Starten van het deeltjesbemonsteringsstelsel (uitsluitend bij dieselmotoren)**

Het deeltjesbemonsteringsstelsel wordt in werking gesteld; het functioneert via een omloopsysteem. Het achtergrondniveau van de deeltjes in de verduunningslucht kan worden bepaald door de verduunningslucht door het deeltjesfilter te voeren. Indien gefilterde verduunningslucht wordt gebruikt, kan een meting vóór of na de test worden verricht. Indien de verduunningslucht niet gefilterd wordt, kunnen metingen worden verricht aan het begin en aan het eind van de cyclus en de waarden worden gemiddeld.

**3.5. Afstelling van het volledige-stroomverduunningsstelsel**

De totale verdunde uitlaatgassen worden zo afgesteld dat watercondensatie in het stelsel wordt vermeden en dat de maximumfilteroppervlakttemperatuur 325 K (52 °C) of minder bedraagt (zie bijlage V, punt 2.3.1, DT).

**3.6. Controle van de analyseapparatuur**

De analyseapparatuur voor de emissiemetingen wordt op de nulstand gekalibreerd en het schaalbereik ingesteld. Eventuele bemonsteringszakken worden leeggemaakt.

**3.7. Procedure voor het starten van de motor**

De gestabiliseerde motor wordt gestart overeenkomstig de startprocedure van de handleiding van de eigenaar, met gebruikmaking van hetzij een standaard startmotor, hetzij de dynamometer. Desgewenst mag de test direct na de motorconditioneringsfase beginnen zonder dat de motor afgezet wordt, wanneer de motor het stationaire toerental heeft bereikt.

**3.8. Testcyclus****3.8.1. Testcyclus**

De testcyclus wordt gestart wanneer de motor zijn stationair toerental heeft bereikt. De test verloopt overeenkomstig de in punt 2 van dit aanhangsel beschreven referentiecycclus. De motortoerental- en koppelregelpunten worden ingesteld op 5 Hz of groter (10 Hz is aanbevolen). Het feedback-motortoerental en -koppelsignaal wordt tijdens de testcyclus ten minste eenmaal per seconde geregistreerd en de signalen mogen elektronisch worden gefilterd.

**3.8.2. Metingen door het analyseapparaat**

Bij het starten van de motor of, wanneer de testcyclus direct na de motorconditioneringsfase wordt gestart, van de testcyclus, begint de meetapparatuur gelijktijdig met de volgende metingen:

- verzameling of analyse van de verduunningslucht;
- verzameling of analyse van de verdunde uitlaatgassen;
- meting van de hoeveelheid verdunde uitlaatgassen (CVS) en van de vereiste temperaturen en drukken;
- optekenen van de feedbackgegevens van dynamometertoerental en -koppel.

HC en NO<sub>x</sub> worden continu gemeten in de verdunningstunnel met een frequentie van 2 Hz. De gemiddelde concentratie wordt bepaald door de analysesignalen te integreren over de gehele testcyclus. De responsietijd van het systeem mag niet groter zijn dan 20 s en wordt zo nodig gecoördineerd met de CVS-flowfluctuaties en de bemonsteringstijd/testcyclus-offsets. CO, CO<sub>2</sub>, NMHC en CH<sub>4</sub> worden bepaald door integratie of door analyse van de concentraties van de stoffen die tijdens de cyclus in de bemonsteringszak zijn verzameld. De concentraties van gasvormige verontreinigingen in de verdunningslucht worden bepaald door integratie of door verzameling in de bemonsteringszak voor het achtergrondniveau. Alle andere waarden worden ten minste één maal per seconde bepaald (1 Hz).

### 3.8.3. *Deeltjesbemonstering (uitsluitend dieselmotoren)*

Bij de start van de motor of, wanneer de testcyclus direct na de motorconditioneringsfase wordt gestart, van de testcyclus, wordt het deeltjesbemonsteringssysteem van de omloop- naar de deeltjesbemonsteringsstand overgeschakeld.

Wanneer er geen stroomcompensatie gebruikt wordt, worden de bemonsteringspompen zo afgesteld dat de stroomsnelheid door de deeltjesbemonsteringssonde of de verbindingsleiding steeds een waarde van  $\pm 5\%$  van de ingestelde stroomsnelheid heeft. Wanneer wel stroomcompensatie (i.e. proportionele regeling van de bemonsteringsstroom) wordt gebruikt, moet worden aangetoond dat de verhouding van de stroom in de hoofdleiding tot de bemonsteringsstroom niet met meer dan  $\pm 5\%$  van de ingestelde waarde afwijkt (met uitzondering van de eerste 10 bemonsteringsseconden).

*Opmerking:* Bij dubbele verdunning is de bemonsteringsstroom het netto verschil tussen de stroom door de bemonsteringsfilters en de secundaire-verdunningsluchtstroom.

De gemiddelde temperatuur en druk bij de inlaat van de gasmeter(s) of de stroominstrumentatie worden opgetekend. Wanneer de ingestelde stroom door het invangen van een te groot aantal deeltjes op het filter niet over de gehele cyclus kan worden gehandhaafd (binnen  $\pm 5\%$ ), is de test ongeldig. De test wordt dan herhaald met gebruikmaking van een lagere stroomsnelheid en/of een filter met een grotere diameter.

### 3.8.4. *Afslaan van de motor*

Indien de motor tijdens de test afslaat, wordt de motor opnieuw geconditioneerd en gestart en wordt de test herhaald. Wanneer een van de testapparaten gedurende de testcyclus slecht werkt, is de test ongeldig.

### 3.8.5. *Handelingen na de test*

Na de beëindiging van de test wordt de meting van het volume van de verdunde uitlaatgassen en van de gasstroom in de bemonsteringszakken, alsmede de deeltjesbemonsteringspomp stilgelegd. Wanneer een integrerend analysesysteem wordt gebruikt, wordt de monsterneming voortgezet tot na het verstrijken van de responsietijd van het systeem.

De concentraties in de bemonsteringszakken, voorzover gebruikt, worden zo spoedig mogelijk en in elk geval niet later dan 20 min. na het beëindigen van de testcyclus geanalyseerd.

Na de emissietest worden een nulgas en hetzelfde ijkgas gebruikt om de analyseapparatuur te controleren. Wanneer het verschil tussen de resultaten vóór en na de test kleiner is dan 2 % van de ijkgaswaarde, wordt de test als geldig beschouwd.

De deeltjesfilters (uitsluitend voor dieselmotoren) worden niet later dan één uur na de beëindiging van de test teruggebracht naar de weegkamer waar zij, alvorens te worden gewogen, ten minste één uur, maar niet langer dan 80 uur worden geconditioneerd in een (niet hermetisch) afgesloten petrischaaltje.

## 3.9. **Controle van de testcyclus**

### 3.9.1. *Dataverschuiving*

Om de biaseffecten van het tijdsverschil tussen de feedback- en de referenticycluswaarden te minimaliseren, mag de gehele motortoerental- en -koppelfeedbacksignaalreeks vervroegd of later gesteld worden t.o.v. de referentie-toerental- en -koppelreeks. Wanneer de feedbacksignalen worden verschoven, moeten zowel het toerental als het koppel een zelfde hoeveelheid in dezelfde richting worden verschoven.

3.9.2. *Berekening van de cyclusarbeid*

De werkelijke cyclusarbeid  $W_{act}$  (kWh) wordt berekend aan de hand van elk paar gemeten feedback-motor-toerental- en -koppelwaarden. Dat gebeurt na de bovengenoemde verschuiving van de feedbackgegevens, wanneer voor deze optie is gekozen. De werkelijke cyclusarbeid  $W_{act}$  wordt gebruikt ter vergelijking met de referenticyclusarbeid  $W_{ref}$  en voor de berekening van de remspecifieke emissies (zie punten 4.4 en 5.2). Dezelfde methode wordt gebruikt voor de integratie van het referentie- en het werkelijke motorvermogen. Wanneer waarden moeten worden bepaald tussen naast elkaar liggende referentie- of meetwaarden, wordt lineaire interpolatie gebruikt.

Bij de integratie van de referentie- en werkelijke cyclusarbeid, worden alle negatieve koppelwaarden op nul gezet en meegenomen. Wanneer de integratie verloopt met een frequentie van minder dan 5 Hertz en wanneer, gedurende een bepaald tijdsinterval, de koppelwaarde van teken verandert, dan wordt het negatieve gedeelte berekend en op nul gezet. Het positieve gedeelte wordt opgenomen in de geïntegreerde waarde.

$W_{act}$  moet liggen tussen  $-15\%$  en  $+5\%$  van  $W_{ref}$ .

3.9.3. *Validatie van de gegevens van de testcyclus*

Voor toerental, koppel en vermogen wordt een lineaire regressie uitgevoerd van de feedback op de referentiewaarden. Dat gebeurt na bovengenoemde verschuiving van de feedbackgegevens, wanneer voor deze optie is gekozen. Er wordt gebruik gemaakt van de kleinste-kwadratenmethode en van de best passende rechte met de vorm:

$$y = mx + b$$

waarin:

$y$  = werkelijke feedbackwaarde van toerental ( $\text{min}^{-1}$ ), koppel (Nm) of vermogen (kW)

$m$  = helling van de regressierechte

$x$  = referentiewaarde van toerental ( $\text{min}^{-1}$ ), koppel (Nm) of vermogen (kW)

$b$  =  $y$ -afsnijpunt van de regressierechte.

Voor elke regressierechte worden de standaardafwijking van de schattingswaarde (SE) van  $y$  over  $x$  en de determinatiecoëfficiënt ( $r^2$ ) berekend.

Aanbevolen wordt deze analyse uit te voeren met een frequentie van 1 Hertz. Alle negatieve referentiekoppelwaarden en de bijbehorende feedbackwaarden worden uit de berekening van de cycluskoppel- en -vermogenvalidatiestatistieken weggelaten. Een test is geldig wanneer aan de criteria van tabel 6 is voldaan.

Tabel 6

## Regressierechte-toleranties

	Toerental	Koppel	Vermogen
Standaardafwijking van de schattingswaarde (SE) van Y over X	max. 100 $\text{min}^{-1}$	max. 13 % (15 %) (*) van het maximummotorkoppel op de motorvermogenkarakteristiek	max. 8 % (15 %) (*) van het maximummotorvermogen op de motorvermogenkarakteristiek
Helling van de regressierechte, $m$	0,95 tot 1,03	0,83-1,03	0,89-1,03(0,83-1,03) (*)
Determinatiecoëfficiënt, $r^2$	minimum 0,9700 (minimum 0,9500) (*)	minimum 0,8800 (minimum 0,7500) (*)	minimum 0,9100 (minimum 0,7500) (*)
$Y$ -afsnijpunt van de regressierechte, $b$	$\pm 50 \text{ min}^{-1}$	$\pm 20 \text{ Nm}$ of $\pm 2\%$ ( $\pm 20 \text{ Nm}$ of $\pm 3\%$ ) (*) van het maximumkoppel (grootste waarde is van toepassing)	$\pm 4 \text{ kW}$ of $\pm 2\%$ ( $\pm 4 \text{ kW}$ of $\pm 3\%$ ) (*) van het maximumvermogen (grootste waarde is van toepassing)

(\*) Tot 1 oktober 2005 mogen de cijfers tussen haakjes worden gebruikt voor de typegoedkeuringstests van gasmotoren. (De Commissie brengt verslag uit over de ontwikkeling van de gasmotortechnologie met het oog op de bevestiging of wijziging van de regressierechte-toleranties in deze tabel die voor gasmotoren gelden.)

Onder de in tabel 7 vermelde voorwaarden mogen bepaalde punten worden geschrapt.

Tabel 7

Bij de regressieanalyse toegestaan schrappen van punten

Voorwaarde	Schrappen van de punten
Vollast/volledig geopende gasklep en koppelfeedback < referentiekoppel	Koppel en/of vermogen
Geen belasting, geen stationair punt en koppelfeedback > referentiekoppel	Koppel en/of vermogen
Geen belasting/gesloten gasklep, stationair punt en toerental > stationair referentietoerental	Toerental en/of vermogen

## 4. BEREKENING VAN DE GASVORMIGE EMISSIES

4.1. **Bepaling van de verdunde-uitlaatgasstroom**

De volledige verdunde uitlaatgasstroom gedurende de cyclus (kg/test) wordt berekend uit de meetwaarden van de cyclus en de corresponderende kalibratiegegevens van de stroommeter ( $V_0$  voor PDP of  $K_v$  voor CFV, als omschreven in bijlage III, aanhangsel 5, punt 2). Wanneer de temperatuur van het verdunde uitlaatgas met gebruikmaking van een warmtewisselaar constant wordt gehouden ( $\pm 6$  K voor een PDP-CVS,  $\pm 11$  K voor een CFV-CVS, zie bijlage V, punt 2.3), wordt de volgende formule gebruikt:

Voor het PDP-CVS-systeem:

$$M_{\text{TOTW}} = 1,293 \times V_0 \times N_p \times (p_B - p_1) \times 273 / (101,3 \times T)$$

waarin:

$M_{\text{TOTW}}$  = massa van het verdunde uitlaatgas op natte basis gedurende de cyclus, kg

$V_0$  = volume gas dat per omwenteling onder proefomstandigheden door de pomp wordt verplaatst,  $\text{m}^3/\text{omw}$

$N_p$  = totaal aantal omwentelingen van de pomp per test

$p_B$  = atmosferische druk in de meetcel, kPa

$p_1$  = onderdruk bij de pompinlaat, kPa

$T$  = gemiddelde temperatuur van het verdunde uitlaatgas bij de pompinlaat gedurende de cyclus, K

Voor het CFV-CVS-systeem:

$$M_{\text{TOTW}} = 1,293 \times t \times K_v \times p_A / T^{0,5}$$

waarin:

$M_{\text{TOTW}}$  = massa van het verdunde uitlaatgas op natte basis over de gehele cyclus, kg

$t$  = cyclustijd, s

$K_v$  = kalibratiecoëfficiënt van de venturibuis met kritische stroming onder standaardomstandigheden

$p_A$  = absolute druk bij de inlaat van de venturibuis, kPa

$T$  = absolute temperatuur bij de inlaat van de venturibuis, K

Wanneer een systeem met stroomcompensatie wordt gebruikt (i.e. zonder warmtewisselaar), worden de momentane massaemissies berekend en geïntegreerd gedurende de cyclus. In dat geval wordt de momentane massa van het verdunde uitlaatgas als volgt berekend:

Voor het PDP-CVS-systeem:

$$M_{\text{TOTW},i} = 1,293 \times V_0 \times N_{p,i} \times (p_B - p_1) \times 273 / (101,3 \times T)$$

waarin:

$M_{\text{TOTW},i}$  = momentane massa van het verdunde uitlaatgas op natte basis, kg

$N_{p,i}$  = totaal aantal omwentelingen van de pomp per tijdsinterval

Voor het CFV-CVS-systeem:

$$M_{\text{TOTW},i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_A / T^{0,5}$$

waarin:

$M_{\text{TOTW},i}$  = momentane massa van het verdunde uitlaatgas op natte basis, kg

$\Delta t_i$  = tijdsinterval, s

Wanneer de totale monstermassa van deeltjes ( $M_{\text{SAM}}$ ) en gasvormige verontreinigingen groter is dan 0,5 % van de totale CVS-stroom ( $M_{\text{TOTW}}$ ), wordt de CVS-stroom gecorrigeerd voor  $M_{\text{SAM}}$  of wordt de monsterdeeltjesstroom terug naar de CVS geleid voordat hij het stroommetingsapparaat (PDP of CFV) bereikt.

#### 4.2. Vochtigheidscorrectie voor $\text{NO}_x$

Aangezien de  $\text{NO}_x$ -emissies afhangen van de toestand van de omgevingslucht, moet de  $\text{NO}_x$ -concentratie worden gecorrigeerd voor de omgevingsluchttemperatuur en -vochtigheid met behulp van de factor  $K_H$  uit de volgende formules:

a) bij dieselmotoren:

$$K_{\text{H,D}} = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71)}$$

b) bij gasmotoren:

$$K_{\text{H,G}} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (H_a - 10,71)}$$

terwijl:

$H_a$  = vochtigheidsgraad van de inlaatlucht per kg droge lucht

waarin:

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

$R_a$  = relatieve vochtigheid van de inlaatlucht, %

$p_a$  = verzadigde dampdruk van de inlaatlucht, kPa

$p_B$  = totale buitendruk, kPa

#### 4.3. Berekening van de emissiemassastroom

##### 4.3.1. Systemen met constante massastroom

Voor systemen met een warmtewisselaar wordt de massa van de verontreinigende stoffen (g/test) bepaald aan de hand van de volgende vergelijkingen:

$$(1) \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times \text{NO}_{x \text{ conc}} \times K_{\text{H,D}} \times M_{\text{TOTW}} \text{ (dieselmotoren)}$$

$$(2) \text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times \text{NO}_{x \text{ conc}} \times K_{\text{H,G}} \times M_{\text{TOTW}} \text{ (gasmotoren)}$$

$$(3) \text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \times \text{CO}_{\text{conc}} \times M_{\text{TOTW}}$$

$$(4) \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \times \text{HC}_{\text{conc}} \times M_{\text{TOTW}} \text{ (dieselmotoren)}$$

$$(5) \text{HC}_{\text{mass}} = 0,000502 \times \text{HC}_{\text{conc}} \times M_{\text{TOTW}} \text{ (LPG-motoren)}$$

$$(6) \text{NMHC}_{\text{mass}} = 0,000516 \times \text{NMHC}_{\text{conc}} \times M_{\text{TOTW}} \text{ (NG-motoren)}$$

$$(7) \text{CH}_4 \text{ mass} = 0,000552 \times \text{CH}_4 \text{ conc} \times M_{\text{TOTW}} \text{ (NG-motoren)}$$

waarin:

$\text{NO}_{x \text{ conc}}$ ,  $\text{CO}_{\text{conc}}$ ,  $\text{HC}_{\text{conc}}$  <sup>(1)</sup>,  $\text{NMHC}_{\text{conc}}$  = gemiddelde voor de achtergrond gecorrigeerde concentraties gedurende de cyclus, verkregen via integratie (verplicht voor  $\text{NO}_x$  en HC) of bemonsteringszakmetingen, ppm

$M_{\text{TOTW}}$  = totale massa van het verdunde uitlaatgas gedurende de cyclus, bepaald overeenkomstig punt 4.1, kg

$K_{\text{H,D}}$  = vochtigheidswegingsfactor voor dieselmotoren, bepaald overeenkomstig punt 4.2

$K_{\text{H,G}}$  = vochtigheidswegingsfactor voor dieselmotoren, bepaald overeenkomstig punt 4.2

<sup>(1)</sup> Op basis van C1-equivalent.

Op droge basis gemeten concentraties worden omgezet in concentraties op natte basis volgens bijlage III, aanhangsel 1, punt 4.2.

De bepaling van  $NMHC_{conc}$  hangt af van de gebruikte methode (zie bijlage III, aanhangsel 4, punt 3.3.4). In beide gevallen wordt de  $CH_4$ -concentratie als volgt bepaald en afgetrokken van de HC-concentratie:

a) GC-methode

$$NMHC_{conc} = HC_{conc} - CH_{4\ conc}$$

b) NMC-methode

$$NMHC_{conc} = \frac{HC(w/o\ Cutter) \times (1 - CE_M) - HC(w\ Cutter)}{CE_E - CE_M}$$

waarin:

HC(wCutter) = HC-concentratie als het monstergas door de NMC stroomt

HC(w/oCutter) = HC-concentratie als het monstergas niet door de NMC stroomt

$CE_M$  = doelmatigheid van de methaanconversie, bepaald overeenkomstig aanhangsel 5, punt 1.8.4.1

$CE_E$  = doelmatigheid van de ethaanconversie, bepaald overeenkomstig aanhangsel 5, punt 1.8.4.2

#### 4.3.1.1. Bepaling van de voor de achtergrond gecorrigeerde concentraties

De gemiddelde achtergrondconcentratie van gasvormige verontreinigingen in de verdunningslucht moet van de gemeten concentraties worden afgetrokken om de nettoconcentratie van verontreinigende stoffen te krijgen. De gemiddelde waarde van de achtergrondconcentraties kan worden bepaald via de bemonsteringszakmethode of via continue meting met integratie. De volgende formule is van toepassing:

$$conc = conc_e - conc_d \times \left(1 - \frac{1}{DF}\right)$$

waarin:

conc = concentratie van de respectieve verontreinigende stof in het verdunde uitlaatgas, gecorrigeerd voor de hoeveelheid van de respectieve verontreinigende stof in de verdunningslucht, ppm

$conc_e$  = concentratie van de respectieve verontreinigende stof als gemeten in het verdunde uitlaatgas, ppm

$conc_d$  = concentratie van de respectieve verontreinigende stof als gemeten in de verdunningslucht, ppm

DF = verdunningsfactor

De verdunningsfactor wordt als volgt berekend:

a) bij diesel- en LPG-motoren

$$DF = \frac{F_S}{CO_{2,conc} + (HC_{conc} + CO_{conc}) \times 10^{-4}}$$

b) bij aardgasmotoren

$$DF = \frac{F_S}{CO_{2,conc} + (NMHC_{conc} + CO_{conc}) \times 10^{-4}}$$

waarin:

$CO_{2,conc}$  = concentratie van  $CO_2$  in het verdunde uitlaatgas, volume %

$HC_{conc}$  = concentratie van HC in het verdunde uitlaatgas, ppm C1

$NMHC_{conc}$  = concentratie van NMHC in het verdunde uitlaatgas, ppm C1

$CO_{conc}$  = concentratie van CO in het verdunde uitlaatgas, ppm

$F_S$  = stoichiometrische factor

Op een droge basis gemeten concentraties worden omgezet in concentraties op natte basis overeenkomstig bijlage III, aanhangsel 1, punt 4.2.

De stoichiometrische factor wordt als volgt berekend:

$$F_S = 100 \times (\chi/\chi + (y/2) + 3,76 \times (\chi + (y/4)))$$

waarin:

$x, y$  = brandstofsamenstelling  $C_xH_y$

Indien de brandstofsamenstelling niet bekend is, mogen de volgende stoichiometrische factoren gebruikt worden:

$F_S$  (diesel) = 13,4

$F_S$  (LPG) = 11,6

$F_S$  (aardgas) = 9,5

#### 4.3.2. Systemen met stroomcompensatie

Bij systemen zonder warmtewisselaar wordt de massa van de verontreinigende stoffen (g/test) bepaald door de momentane gasemissies te berekenen en deze momentane waarden te integreren over de hele cyclus. De achtergrondcorrectie wordt eveneens direct op de momentane concentraties toegepast. De te gebruiken formules zijn:

$$(1) \text{NO}_x \text{ mass} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NO}_x \text{ conce},i \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NO}_x \text{ concd} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}}) \text{ (dieselmotoren)}$$

$$(2) \text{NO}_x \text{ mass} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NO}_x \text{ conce},i \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NO}_x \text{ concd} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}}) \text{ (gasmotoren)}$$

$$(3) \text{CO}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CO}_{\text{conce},i} \times 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CO}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000966)$$

$$(4) \text{HC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000479) \text{ (dieselmotoren)}$$

$$(5) \text{HC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000502) \text{ (LPG-motoren)}$$

$$(6) \text{NMHC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000516) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000516) \text{ (aardgasmotoren)}$$

$$(7) \text{CH}_4 \text{ mass} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CH}_4 \text{ conce},i \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CH}_4 \text{ concd} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000552) \text{ (aardgasmotoren)}$$

waarin:

$\text{conce}$  = concentratie van de respectieve verontreinigende stof, gemeten in het verdunde uitlaatgas, ppm

$\text{concd}$  = concentratie van de respectieve verontreinigende stof, gemeten in de verdunningslucht, ppm

$M_{\text{TOTW},i}$  = totale massa van het verdunde uitlaatgas (zie punt 4.1), kg

$M_{\text{TOTW}}$  = totale massa van het verdunde uitlaatgas over de hele cyclus (zie punt 4.1), kg

$K_{\text{H,D}}$  = vochtigheidswegingsfactor voor dieselmotoren, bepaald in punt 4.2

$K_{\text{H,G}}$  = vochtigheidswegingsfactor voor gasmotoren, bepaald in punt 4.2

DF = verdunningsfactor, bepaald in punt 4.3.1.1

#### 4.4. Berekening van de specifieke emissies

De emissies (g/kWh) worden voor alle afzonderlijke componenten berekend en wel op de volgende wijze:

$$\overline{NO}_x = \frac{NO_{x \text{ mass}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{diesel- en gasmotoren})$$

$$\overline{CO} = \frac{CO_{\text{mass}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{diesel- en gasmotoren})$$

$$\overline{HC} = \frac{HC_{\text{mass}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{diesel- en LPG-motoren})$$

$$\overline{NMHC} = \frac{NMHC_{\text{mass}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{aardgasmotoren})$$

$$\overline{CH_4} = \frac{CH_4 \text{ mass}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{aardgasmotoren})$$

Hierin betekent:

$W_{\text{act}}$  = cyclusarbeid, bepaald in punt 3.9.2, in kWh

#### 5. BEREKENING VAN DE DEELTJESEMISSIE (UITSLUITEND VOOR DIESELMOTOREN)

##### 5.1. Berekening van de massastroom

De deeltjesmassa (g/test) wordt als volgt berekend:

$$PT_{\text{mass}} = (M_f/M_{\text{SAM}}) \times (M_{\text{TOTW}}/1\ 000)$$

waarin:

$M_f$  = deeltjesmassa, bemonsterd over de cyclus, mg

$M_{\text{TOTW}}$  = totale massa van het verdunde uitlaatgas over de cyclus, bepaald in punt 4.1, kg

$M_{\text{SAM}}$  = massa van het verdunde uitlaatgas uit de verdunningstunnel voor de deeltjesbemonstering, kg

en

$M_f$  =  $M_{f,p} + M_{f,b}$ , wanneer afzonderlijk gewogen, mg

$M_{f,p}$  = op het primaire filter verzamelde deeltjesmassa, mg

$M_{f,b}$  = op het secundaire filter verzamelde deeltjesmassa, mg

Wanneer een dubbel verdunningssysteem wordt gebruikt, wordt de massa van de secundaire verdunningslucht afgetrokken van de totale massa van het dubbel verdunde uitlaatgas, bemonsterd met deeltjesfilters.

$$M_{\text{SAM}} = M_{\text{TOT}} - M_{\text{SEC}}$$

waarin:

$M_{\text{TOT}}$  = massa van het dubbel verdunde uitlaatgas door het deeltjesfilter, kg

$M_{\text{SEC}}$  = massa van de secundaire verdunningslucht, kg

Wanneer het deeltjesachtergrondniveau van de verdunningslucht is bepaald overeenkomstig punt 3.4, kan de deeltjesmassa voor deze achtergrond worden gecorrigeerd. In dat geval wordt de deeltjesmassa (g/test) als volgt berekend:

$$PT_{\text{mass}} = \left[ \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} - \left( \frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} \times \left( 1 - \frac{1}{\text{DF}} \right) \right) \right] \times \frac{M_{\text{TOTW}}}{1\ 000}$$

waarin:

$M_f, M_{SAM}, M_{TOTW}$  = zie boven

$M_{DIL}$  = massa van de primaire verdunningslucht, bemonsterd door de deeltjesbemonsteringsinrichting voor het achtergrondniveau, kg

$M_d$  = massa van de verzamelde achtergronddeeltjes in de primaire verdunningslucht, mg

DF = verdunningsfactor als bepaald in punt 4.3.1.1

5.2. **Berekening van de specifieke emissie**

De deeltjesemissie (g/kWh) wordt als volgt berekend:

$$\overline{PT} = \frac{PT_{mass}}{W_{act}}$$

waarin:

$W_{act}$  = werkelijke cyclusarbeid, bepaald in punt 3.9.2, kWh

## Aanhangsel 3

## ETC-MOTOR-DYNAMOMETERSHEMA

Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %
1	0	0	63	28,5	20,9	125	65,3	„m”
2	0	0	64	32	73,9	126	64	„m”
3	0	0	65	4	82,3	127	59,7	„m”
4	0	0	66	34,5	80,4	128	52,8	„m”
5	0	0	67	64,1	86	129	45,9	„m”
6	0	0	68	58	0	130	38,7	„m”
7	0	0	69	50,3	83,4	131	32,4	„m”
8	0	0	70	66,4	99,1	132	27	„m”
9	0	0	71	81,4	99,6	133	21,7	„m”
10	0	0	72	88,7	73,4	134	19,1	0,4
11	0	0	73	52,5	0	135	34,7	14
12	0	0	74	46,4	58,5	136	16,4	48,6
13	0	0	75	48,6	90,9	137	0	11,2
14	0	0	76	55,2	99,4	138	1,2	2,1
15	0	0	77	62,3	99	139	30,1	19,3
16	0,1	1,5	78	68,4	91,5	140	30	73,9
17	23,1	21,5	79	74,5	73,7	141	54,4	74,4
18	12,6	28,5	80	38	0	142	77,2	55,6
19	21,8	71	81	41,8	89,6	143	58,1	0
20	19,7	76,8	82	47,1	99,2	144	45	82,1
21	54,6	80,9	83	52,5	99,8	145	68,7	98,1
22	71,3	4,9	84	56,9	80,8	146	85,7	67,2
23	55,9	18,1	85	58,3	11,8	147	60,2	0
24	72	85,4	86	56,2	„m”	148	59,4	98
25	86,7	61,8	87	52	„m”	149	72,7	99,6
26	51,7	0	88	43,3	„m”	150	79,9	45
27	53,4	48,9	89	36,1	„m”	151	44,3	0
28	34,2	87,6	90	27,6	„m”	152	41,5	84,4
29	45,5	92,7	91	21,1	„m”	153	56,2	98,2
30	54,6	99,5	92	8	0	154	65,7	99,1
31	64,5	96,8	93	0	0	155	74,4	84,7
32	71,7	85,4	94	0	0	156	54,4	0
33	79,4	54,8	95	0	0	157	47,9	89,7
34	89,7	99,4	96	0	0	158	54,5	99,5
35	57,4	0	97	0	0	159	62,7	96,8
36	59,7	30,6	98	0	0	160	62,3	0
37	90,1	„m”	99	0	0	161	46,2	54,2
38	82,9	„m”	100	0	0	162	44,3	83,2
39	51,3	„m”	101	0	0	163	48,2	13,3
40	28,5	„m”	102	0	0	164	51	„m”
41	29,3	„m”	103	0	0	165	50	„m”
42	26,7	„m”	104	0	0	166	49,2	„m”
43	20,4	„m”	105	0	0	167	49,3	„m”
44	14,1	0	106	0	0	168	49,9	„m”
45	6,5	0	107	0	0	169	51,6	„m”
46	0	0	108	11,6	14,8	170	49,7	„m”
47	0	0	109	0	0	171	48,5	„m”
48	0	0	110	27,2	74,8	172	50,3	72,5
49	0	0	111	17	76,9	173	51,1	84,5
50	0	0	112	36	78	174	54,6	64,8
51	0	0	113	59,7	86	175	56,6	76,5
52	0	0	114	80,8	17,9	176	58	„m”
53	0	0	115	49,7	0	177	53,6	„m”
54	0	0	116	65,6	86	178	40,8	„m”
55	0	0	117	78,6	72,2	179	32,9	„m”
56	0	0	118	64,9	„m”	180	26,3	„m”
57	0	0	119	44,3	„m”	181	20,9	„m”
58	0	0	120	51,4	83,4	182	10	0
59	0	0	121	58,1	97	183	0	0
60	0	0	122	69,3	99,3	184	0	0
61	0	0	123	72	20,8	185	0	0
62	25,5	11,1	124	72,1	„m”	186	0	0

Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %
187	0	0	255	54,5	„m”	323	43	24,8
188	0	0	256	51,7	17	324	38,7	0
189	0	0	257	56,2	78,7	325	48,1	31,9
190	0	0	258	59,5	94,7	326	40,3	61
191	0	0	259	65,5	99,1	327	42,4	52,1
192	0	0	260	71,2	99,5	328	46,4	47,7
193	0	0	261	76,6	99,9	329	46,9	30,7
194	0	0	262	79	0	330	46,1	23,1
195	0	0	263	52,9	97,5	331	45,7	23,2
196	0	0	264	53,1	99,7	332	45,5	31,9
197	0	0	265	59	99,1	333	46,4	73,6
198	0	0	266	62,2	99	334	51,3	60,7
199	0	0	267	65	99,1	335	51,3	51,1
200	0	0	268	69	83,1	336	53,2	46,8
201	0	0	269	69,9	28,4	337	53,9	50
202	0	0	270	70,6	12,5	338	53,4	52,1
203	0	0	271	68,9	8,4	339	53,8	45,7
204	0	0	272	69,8	9,1	340	50,6	22,1
205	0	0	273	69,6	7	341	47,8	26
206	0	0	274	65,7	„m”	342	41,6	17,8
207	0	0	275	67,1	„m”	343	38,7	29,8
208	0	0	276	66,7	„m”	344	35,9	71,6
209	0	0	277	65,6	„m”	345	34,6	47,3
210	0	0	278	64,5	„m”	346	34,8	80,3
211	0	0	279	62,9	„m”	347	35,9	87,2
212	0	0	280	59,3	„m”	348	38,8	90,8
213	0	0	281	54,1	„m”	349	41,5	94,7
214	0	0	282	51,3	„m”	350	47,1	99,2
215	0	0	283	47,9	„m”	351	53,1	99,7
216	0	0	284	43,6	„m”	352	46,4	0
217	0	0	285	39,4	„m”	353	42,5	0,7
218	0	0	286	34,7	„m”	354	43,6	58,6
219	0	0	287	29,8	„m”	355	47,1	87,5
220	0	0	288	20,9	73,4	356	54,1	99,5
221	0	0	289	36,9	„m”	357	62,9	99
222	0	0	290	35,5	„m”	358	72,6	99,6
223	0	0	291	20,9	„m”	359	82,4	99,5
224	0	0	292	49,7	11,9	360	88	99,4
225	21,2	62,7	293	42,5	„m”	361	46,4	0
226	30,8	75,1	294	32	„m”	362	53,4	95,2
227	5,9	82,7	295	23,6	„m”	363	58,4	99,2
228	34,6	80,3	296	19,1	0	364	61,5	99
229	59,9	87	297	15,7	73,5	365	64,8	99
230	84,3	86,2	298	25,1	76,8	366	68,1	99,2
231	68,7	„m”	299	34,5	81,4	367	73,4	99,7
232	43,6	„m”	300	44,1	87,4	368	73,3	29,8
233	41,5	85,4	301	52,8	98,6	369	73,5	14,6
234	49,9	94,3	302	63,6	99	370	68,3	0
235	60,8	99	303	73,6	99,7	371	45,4	49,9
236	70,2	99,4	304	62,2	„m”	372	47,2	75,7
237	81,1	92,4	305	29,2	„m”	373	44,5	9
238	49,2	0	306	46,4	22	374	47,8	10,3
239	56	86,2	307	47,3	13,8	375	46,8	15,9
240	56,2	99,3	308	47,2	12,5	376	46,9	12,7
241	61,7	99	309	47,9	11,5	377	46,8	8,9
242	69,2	99,3	310	47,8	35,5	378	46,1	6,2
243	74,1	99,8	311	49,2	83,3	379	46,1	„m”
244	72,4	8,4	312	52,7	96,4	380	45,5	„m”
245	71,3	0	313	57,4	99,2	381	44,7	„m”
246	71,2	9,1	314	61,8	99	382	43,8	„m”
247	67,1	„m”	315	66,4	60,9	383	41	„m”
248	65,5	„m”	316	65,8	„m”	384	41,1	6,4
249	64,4	„m”	317	59	„m”	385	38	6,3
250	62,9	25,6	318	50,7	„m”	386	35,9	0,3
251	62,2	35,6	319	41,8	„m”	387	33,5	0
252	62,9	24,4	320	34,7	„m”	388	53,1	48,9
253	58,8	„m”	321	28,7	„m”	389	48,3	„m”
254	56,9	„m”	322	25,2	„m”	390	49,9	„m”

Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %
391	48	„m”	459	51	100	527	60,7	„m”
392	45,3	„m”	460	53,2	99,7	528	54,5	„m”
393	41,6	3,1	461	53,1	99,7	529	51,3	„m”
394	44,3	79	462	55,9	53,1	530	45,5	„m”
395	44,3	89,5	463	53,9	13,9	531	40,8	„m”
396	43,4	98,8	464	52,5	„m”	532	38,9	„m”
397	44,3	98,9	465	51,7	„m”	533	36,6	„m”
398	43	98,8	466	51,5	52,2	534	36,1	72,7
399	42,2	98,8	467	52,8	80	535	44,8	78,9
400	42,7	98,8	468	54,9	95	536	51,6	91,1
401	45	99	469	57,3	99,2	537	59,1	99,1
402	43,6	98,9	470	60,7	99,1	538	66	99,1
403	42,2	98,8	471	62,4	„m”	539	75,1	99,9
404	44,8	99	472	60,1	„m”	540	81	8
405	43,4	98,8	473	53,2	„m”	541	39,1	0
406	45	99	474	44	„m”	542	53,8	89,7
407	42,2	54,3	475	35,2	„m”	543	59,7	99,1
408	61,2	31,9	476	30,5	„m”	544	64,8	99
409	56,3	72,3	477	26,5	„m”	545	70,6	96,1
410	59,7	99,1	478	22,5	„m”	546	72,6	19,6
411	62,3	99	479	20,4	„m”	547	72	6,3
412	67,9	99,2	480	19,1	„m”	548	68,9	0,1
413	69,5	99,3	481	19,1	„m”	549	67,7	„m”
414	73,1	99,7	482	13,4	„m”	550	66,8	„m”
415	77,7	99,8	483	6,7	„m”	551	64,3	16,9
416	79,7	99,7	484	3,2	„m”	552	64,9	7
417	82,5	99,5	485	14,3	63,8	553	63,6	12,5
418	85,3	99,4	486	34,1	0	554	63	7,7
419	86,6	99,4	487	23,9	75,7	555	64,4	38,2
420	89,4	99,4	488	31,7	79,2	556	63	11,8
421	62,2	0	489	32,1	19,4	557	63,6	0
422	52,7	96,4	490	35,9	5,8	558	63,3	5
423	50,2	99,8	491	36,6	0,8	559	60,1	9,1
424	49,3	99,6	492	38,7	„m”	560	61	8,4
425	52,2	99,8	493	38,4	„m”	561	59,7	0,9
426	51,3	100	494	39,4	„m”	562	58,7	„m”
427	51,3	100	495	39,7	„m”	563	56	„m”
428	51,1	100	496	40,5	„m”	564	53,9	„m”
429	51,1	100	497	40,8	„m”	565	52,1	„m”
430	51,8	99,9	498	39,7	„m”	566	49,9	„m”
431	51,3	100	499	39,2	„m”	567	46,4	„m”
432	51,1	100	500	38,7	„m”	568	43,6	„m”
433	51,3	100	501	32,7	„m”	569	40,8	„m”
434	52,3	99,8	502	30,1	„m”	570	37,5	„m”
435	52,9	99,7	503	21,9	„m”	571	27,8	„m”
436	53,8	99,6	504	12,8	0	572	17,1	0,6
437	51,7	99,9	505	0	0	573	12,2	0,9
438	53,5	99,6	506	0	0	574	11,5	1,1
439	52	99,8	507	0	0	575	8,7	0,5
440	51,7	99,9	508	0	0	576	8	0,9
441	53,2	99,7	509	0	0	577	5,3	0,2
442	54,2	99,5	510	0	0	578	4	0
443	55,2	99,4	511	0	0	579	3,9	0
444	53,8	99,6	512	0	0	580	0	0
445	53,1	99,7	513	0	0	581	0	0
446	55	99,4	514	30,5	25,6	582	0	0
447	57	99,2	515	19,7	56,9	583	0	0
448	61,5	99	516	16,3	45,1	584	0	0
449	59,4	5,7	517	27,2	4,6	585	0	0
450	59	0	518	21,7	1,3	586	0	0
451	57,3	59,8	519	29,7	28,6	587	8,7	22,8
452	64,1	99	520	36,6	73,7	588	16,2	49,4
453	70,9	90,5	521	61,3	59,5	589	23,6	56
454	58	0	522	40,8	0	590	21,1	56,1
455	41,5	59,8	523	36,6	27,8	591	23,6	56
456	44,1	92,6	524	39,4	80,4	592	46,2	68,8
457	46,8	99,2	525	51,3	88,9	593	68,4	61,2
458	47,2	99,3	526	58,5	11,1	594	58,7	„m”

Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppelp %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppelp %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppelp %
595	31,6	„m”	663	54,9	59,8	731	56,8	„m”
596	19,9	8,8	664	54	39,3	732	57,1	„m”
597	32,9	70,2	665	53,8	„m”	733	52	„m”
598	43	79	666	52	„m”	734	44,4	„m”
599	57,4	98,9	667	50,4	„m”	735	40,2	„m”
600	72,1	73,8	668	50,6	0	736	39,2	16,5
601	53	0	669	49,3	41,7	737	38,9	73,2
602	48,1	86	670	50	73,2	738	39,9	89,8
603	56,2	99	671	50,4	99,7	739	42,3	98,6
604	65,4	98,9	672	51,9	99,5	740	43,7	98,8
605	72,9	99,7	673	53,6	99,3	741	45,5	99,1
606	67,5	„m”	674	54,6	99,1	742	45,6	99,2
607	39	„m”	675	56	99	743	48,1	99,7
608	41,9	38,1	676	55,8	99	744	49	100
609	44,1	80,4	677	58,4	98,9	745	49,8	99,9
610	46,8	99,4	678	59,9	98,8	746	49,8	99,9
611	48,7	99,9	679	60,9	98,8	747	51,9	99,5
612	50,5	99,7	680	63	98,8	748	52,3	99,4
613	52,5	90,3	681	64,3	98,9	749	53,3	99,3
614	51	1,8	682	64,8	64	750	52,9	99,3
615	50	„m”	683	65,9	46,5	751	54,3	99,2
616	49,1	„m”	684	66,2	28,7	752	55,5	99,1
617	47	„m”	685	65,2	1,8	753	56,7	99
618	43,1	„m”	686	65	6,8	754	61,7	98,8
619	39,2	„m”	687	63,6	53,6	755	64,3	47,4
620	40,6	0,5	688	62,4	82,5	756	64,7	1,8
621	41,8	53,4	689	61,8	98,8	757	66,2	„m”
622	44,4	65,1	690	59,8	98,8	758	49,1	„m”
623	48,1	67,8	691	59,2	98,8	759	52,1	46
624	53,8	99,2	692	59,7	98,8	760	52,6	61
625	58,6	98,9	693	61,2	98,8	761	52,9	0
626	63,6	98,8	694	62,2	49,4	762	52,3	20,4
627	68,5	99,2	695	62,8	37,2	763	54,2	56,7
628	72,2	89,4	696	63,5	46,3	764	55,4	59,8
629	77,1	0	697	64,7	72,3	765	56,1	49,2
630	57,8	79,1	698	64,7	72,3	766	56,8	33,7
631	60,3	98,8	699	65,4	77,4	767	57,2	96
632	61,9	98,8	700	66,1	69,3	768	58,6	98,9
633	63,8	98,8	701	64,3	„m”	769	59,5	98,8
634	64,7	98,9	702	64,3	„m”	770	61,2	98,8
635	65,4	46,5	703	63	„m”	771	62,1	98,8
636	65,7	44,5	704	62,2	„m”	772	62,7	98,8
637	65,6	3,5	705	61,6	„m”	773	62,8	98,8
638	49,1	0	706	62,4	„m”	774	64	98,9
639	50,4	73,1	707	62,2	„m”	775	63,2	46,3
640	50,5	„m”	708	61	„m”	776	62,4	„m”
641	51	„m”	709	58,7	„m”	777	60,3	„m”
642	49,4	„m”	710	55,5	„m”	778	58,7	„m”
643	49,2	„m”	711	51,7	„m”	779	57,2	„m”
644	48,6	„m”	712	49,2	„m”	780	56,1	„m”
645	47,5	„m”	713	48,8	40,4	781	56	9,3
646	46,5	„m”	714	47,9	„m”	782	55,2	26,3
647	46	11,3	715	46,2	„m”	783	54,8	42,8
648	45,6	42,8	716	45,6	9,8	784	55,7	47,1
649	47,1	83	717	45,6	34,5	785	56,6	52,4
650	46,2	99,3	718	45,5	37,1	786	58	50,3
651	47,9	99,7	719	43,8	„m”	787	58,6	20,6
652	49,5	99,9	720	41,9	„m”	788	58,7	„m”
653	50,6	99,7	721	41,3	„m”	789	59,3	„m”
654	51	99,6	722	41,4	„m”	790	58,6	„m”
655	53	99,3	723	41,2	„m”	791	60,5	9,7
656	54,9	99,1	724	41,8	„m”	792	59,2	9,6
657	55,7	99	725	41,8	„m”	793	59,9	9,6
658	56	99	726	43,2	17,4	794	59,6	9,6
659	56,1	9,3	727	45	29	795	59,9	6,2
660	55,6	„m”	728	44,2	„m”	796	59,9	9,6
661	55,4	„m”	729	43,9	„m”	797	60,5	13,1
662	54,9	51,3	730	38	10,7	798	60,3	20,7

Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %
799	59,9	31	867	52,3	99,4	935	52,8	60,1
800	60,5	42	868	53	99,3	936	53,7	69,7
801	61,5	52,5	869	54,2	99,2	937	54	70,7
802	60,9	51,4	870	55,5	99,1	938	55,1	71,7
803	61,2	57,7	871	56,7	99	939	55,2	46
804	62,8	98,8	872	57,3	98,9	940	54,7	12,6
805	63,4	96,1	873	58	98,9	941	52,5	0
806	64,6	45,4	874	60,5	31,1	942	51,8	24,7
807	64,1	5	875	60,2	„m”	943	51,4	43,9
808	63	3,2	876	60,3	„m”	944	50,9	71,1
809	62,7	14,9	877	60,5	6,3	945	51,2	76,8
810	63,5	35,8	878	61,4	19,3	946	50,3	87,5
811	64,1	73,3	879	60,3	1,2	947	50,2	99,8
812	64,3	37,4	880	60,5	2,9	948	50,9	100
813	64,1	21	881	61,2	34,1	949	49,9	99,7
814	63,7	21	882	61,6	13,2	950	50,9	100
815	62,9	18	883	61,5	16,4	951	49,8	99,7
816	62,4	32,7	884	61,2	16,4	952	50,4	99,8
817	61,7	46,2	885	61,3	„m”	953	50,4	99,8
818	59,8	45,1	886	63,1	„m”	954	49,7	99,7
819	57,4	43,9	887	63,2	4,8	955	51	100
820	54,8	42,8	888	62,3	22,3	956	50,3	99,8
821	54,3	65,2	889	62	38,5	957	50,2	99,8
822	52,9	62,1	890	61,6	29,6	958	49,9	99,7
823	52,4	30,6	891	61,6	26,6	959	50,9	100
824	50,4	„m”	892	61,8	28,1	960	50	99,7
825	48,6	„m”	893	62	29,6	961	50,2	99,8
826	47,9	„m”	894	62	16,3	962	50,2	99,8
827	46,8	„m”	895	61,1	„m”	963	49,9	99,7
828	46,9	9,4	896	61,2	„m”	964	50,4	99,8
829	49,5	41,7	897	60,7	19,2	965	50,2	99,8
830	50,5	37,8	898	60,7	32,5	966	50,3	99,8
831	52,3	20,4	899	60,9	17,8	967	49,9	99,7
832	54,1	30,7	900	60,1	19,2	968	51,1	100
833	56,3	41,8	901	59,3	38,2	969	50,6	99,9
834	58,7	26,5	902	59,9	45	970	49,9	99,7
835	57,3	„m”	903	59,4	32,4	971	49,6	99,6
836	59	„m”	904	59,2	23,5	972	49,4	99,6
837	59,8	„m”	905	59,5	40,8	973	49	99,5
838	60,3	„m”	906	58,3	„m”	974	49,8	99,7
839	61,2	„m”	907	58,2	„m”	975	50,9	100
840	61,8	„m”	908	57,6	„m”	976	50,4	99,8
841	62,5	„m”	909	57,1	„m”	977	49,8	99,7
842	62,4	„m”	910	57	0,6	978	49,1	99,5
843	61,5	„m”	911	57	26,3	979	50,4	99,8
844	63,7	„m”	912	56,5	29,2	980	49,8	99,7
845	61,9	„m”	913	56,3	20,5	981	49,3	99,5
846	61,6	29,7	914	56,1	„m”	982	49,1	99,5
847	60,3	„m”	915	55,2	„m”	983	49,9	99,7
848	59,2	„m”	916	54,7	17,5	984	49,1	99,5
849	57,3	„m”	917	55,2	29,2	985	50,4	99,8
850	52,3	„m”	918	55,2	29,2	986	50,9	100
851	49,3	„m”	919	55,9	16	987	51,4	99,9
852	47,3	„m”	920	55,9	26,3	988	51,5	99,9
853	46,3	38,8	921	56,1	36,5	989	52,2	99,7
854	46,8	35,1	922	55,8	19	990	52,8	74,1
855	46,6	„m”	923	55,9	9,2	991	53,3	46
856	44,3	„m”	924	55,8	21,9	992	53,6	36,4
857	43,1	„m”	925	56,4	42,8	993	53,4	33,5
858	42,4	2,1	926	56,4	38	994	53,9	58,9
859	41,8	2,4	927	56,4	11	995	55,2	73,8
860	43,8	68,8	928	56,4	35,1	996	55,8	52,4
861	44,6	89,2	929	54	7,3	997	55,7	9,2
862	46	99,2	930	53,4	5,4	998	55,8	2,2
863	46,9	99,4	931	52,3	27,6	999	56,4	33,6
864	47,9	99,7	932	52,1	32	1000	55,4	„m”
865	50,2	99,8	933	52,3	33,4	1001	55,2	„m”
866	51,2	99,6	934	52,2	34,9	1002	55,8	26,3

Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %
1003	55,8	23,3	1071	42,5	„m”	1139	45,5	24,8
1004	56,4	50,2	1072	41	„m”	1140	44,8	73,8
1005	57,6	68,3	1073	39,9	„m”	1141	46,6	99
1006	58,8	90,2	1074	39,9	38,2	1142	46,3	98,9
1007	59,9	98,9	1075	40,1	48,1	1143	48,5	99,4
1008	62,3	98,8	1076	39,9	48	1144	49,9	99,7
1009	63,1	74,4	1077	39,4	59,3	1145	49,1	99,5
1010	63,7	49,4	1078	43,8	19,8	1146	49,1	99,5
1011	63,3	9,8	1079	52,9	0	1147	51	100
1012	48	0	1080	52,8	88,9	1148	51,5	99,9
1013	47,9	73,5	1081	53,4	99,5	1149	50,9	100
1014	49,9	99,7	1082	54,7	99,3	1150	51,6	99,9
1015	49,9	48,8	1083	56,3	99,1	1151	52,1	99,7
1016	49,6	2,3	1084	57,5	99	1152	50,9	100
1017	49,9	„m”	1085	59	98,9	1153	52,2	99,7
1018	49,3	„m”	1086	59,8	98,9	1154	51,5	98,3
1019	49,7	47,5	1087	60,1	98,9	1155	51,5	47,2
1020	49,1	„m”	1088	61,8	48,3	1156	50,8	78,4
1021	49,4	„m”	1089	61,8	55,6	1157	50,3	83
1022	48,3	„m”	1090	61,7	59,8	1158	50,3	31,7
1023	49,4	„m”	1091	62	55,6	1159	49,3	31,3
1024	48,5	„m”	1092	62,3	29,6	1160	48,8	21,5
1025	48,7	„m”	1093	62	19,3	1161	47,8	59,4
1026	48,7	„m”	1094	61,3	7,9	1162	48,1	77,1
1027	49,1	„m”	1095	61,1	19,2	1163	48,4	87,6
1028	49	„m”	1096	61,2	43	1164	49,6	87,5
1029	49,8	„m”	1097	61,1	59,7	1165	51	81,4
1030	48,7	„m”	1098	61,1	98,8	1166	51,6	66,7
1031	48,5	„m”	1099	61,3	98,8	1167	53,3	63,2
1032	49,3	31,3	1100	61,3	26,6	1168	55,2	62
1033	49,7	45,3	1101	60,4	„m”	1169	55,7	43,9
1034	48,3	44,5	1102	58,8	„m”	1170	56,4	30,7
1035	49,8	61	1103	57,7	„m”	1171	56,8	23,4
1036	49,4	64,3	1104	56	„m”	1172	57	„m”
1037	49,8	64,4	1105	54,7	„m”	1173	57,6	„m”
1038	50,5	65,6	1106	53,3	„m”	1174	56,9	„m”
1039	50,3	64,5	1107	52,6	23,2	1175	56,4	4
1040	51,2	82,9	1108	53,4	84,2	1176	57	23,4
1041	50,5	86	1109	53,9	99,4	1177	56,4	41,7
1042	50,6	89	1110	54,9	99,3	1178	57	49,2
1043	50,4	81,4	1111	55,8	99,2	1179	57,7	56,6
1044	49,9	49,9	1112	57,1	99	1180	58,6	56,6
1045	49,1	20,1	1113	56,5	99,1	1181	58,9	64
1046	47,9	24	1114	58,9	98,9	1182	59,4	68,2
1047	48,1	36,2	1115	58,7	98,9	1183	58,8	71,4
1048	47,5	34,5	1116	59,8	98,9	1184	60,1	71,3
1049	46,9	30,3	1117	61	98,8	1185	60,6	79,1
1050	47,7	53,5	1118	60,7	19,2	1186	60,7	83,3
1051	46,9	61,6	1119	59,4	„m”	1187	60,7	77,1
1052	46,5	73,6	1120	57,9	„m”	1188	60	73,5
1053	48	84,6	1121	57,6	„m”	1189	60,2	55,5
1054	47,2	87,7	1122	56,3	„m”	1190	59,7	54,4
1055	48,7	80	1123	55	„m”	1191	59,8	73,3
1056	48,7	50,4	1124	53,7	„m”	1192	59,8	77,9
1057	47,8	38,6	1125	52,1	„m”	1193	59,8	73,9
1058	48,8	63,1	1126	51,1	„m”	1194	60	76,5
1059	47,4	5	1127	49,7	25,8	1195	59,5	82,3
1060	47,3	47,4	1128	49,1	46,1	1196	59,9	82,8
1061	47,3	49,8	1129	48,7	46,9	1197	59,8	65,8
1062	46,9	23,9	1130	48,2	46,7	1198	59	48,6
1063	46,7	44,6	1131	48	70	1199	58,9	62,2
1064	46,8	65,2	1132	48	70	1200	59,1	70,4
1065	46,9	60,4	1133	47,2	67,6	1201	58,9	62,1
1066	46,7	61,5	1134	47,3	67,6	1202	58,4	67,4
1067	45,5	„m”	1135	46,6	74,7	1203	58,7	58,9
1068	45,5	„m”	1136	47,4	13	1204	58,3	57,7
1069	44,2	„m”	1137	46,3	„m”	1205	57,5	57,8
1070	43	„m”	1138	45,4	„m”	1206	57,2	57,6

Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppelp %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppelp %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppelp %
1207	57,1	42,6	1275	60,6	8,2	1343	61,3	19,2
1208	57	70,1	1276	60,6	5,5	1344	61	9,3
1209	56,4	59,6	1277	61	14,3	1345	60,8	44,2
1210	56,7	39	1278	61	12	1346	60,9	55,3
1211	55,9	68,1	1279	61,3	34,2	1347	61,2	56
1212	56,3	79,1	1280	61,2	17,1	1348	60,9	60,1
1213	56,7	89,7	1281	61,5	15,7	1349	60,7	59,1
1214	56	89,4	1282	61	9,5	1350	60,9	56,8
1215	56	93,1	1283	61,1	9,2	1351	60,7	58,1
1216	56,4	93,1	1284	60,5	4,3	1352	59,6	78,4
1217	56,7	94,4	1285	60,2	7,8	1353	59,6	84,6
1218	56,9	94,8	1286	60,2	5,9	1354	59,4	66,6
1219	57	94,1	1287	60,2	5,3	1355	59,3	75,5
1220	57,7	94,3	1288	59,9	4,6	1356	58,9	49,6
1221	57,5	93,7	1289	59,4	21,5	1357	59,1	75,8
1222	58,4	93,2	1290	59,6	15,8	1358	59	77,6
1223	58,7	93,2	1291	59,3	10,1	1359	59	67,8
1224	58,2	93,7	1292	58,9	9,4	1360	59	56,7
1225	58,5	93,1	1293	58,8	9	1361	58,8	54,2
1226	58,8	86,2	1294	58,9	35,4	1362	58,9	59,6
1227	59	72,9	1295	58,9	30,7	1363	58,9	60,8
1228	58,2	59,9	1296	58,9	25,9	1364	59,3	56,1
1229	57,6	8,5	1297	58,7	22,9	1365	58,9	48,5
1230	57,1	47,6	1298	58,7	24,4	1366	59,3	42,9
1231	57,2	74,4	1299	59,3	61	1367	59,4	41,4
1232	57	79,1	1300	60,1	56	1368	59,6	38,9
1233	56,7	67,2	1301	60,5	50,6	1369	59,4	32,9
1234	56,8	69,1	1302	59,5	16,2	1370	59,3	30,6
1235	56,9	71,3	1303	59,7	50	1371	59,4	30
1236	57	77,3	1304	59,7	31,4	1372	59,4	25,3
1237	57,4	78,2	1305	60,1	43,1	1373	58,8	18,6
1238	57,3	70,6	1306	60,8	38,4	1374	59,1	18
1239	57,7	64	1307	60,9	40,2	1375	58,5	10,6
1240	57,5	55,6	1308	61,3	49,7	1376	58,8	10,5
1241	58,6	49,6	1309	61,8	45,9	1377	58,5	8,2
1242	58,2	41,1	1310	62	45,9	1378	58,7	13,7
1243	58,8	40,6	1311	62,2	45,8	1379	59,1	7,8
1244	58,3	21,1	1312	62,6	46,8	1380	59,1	6
1245	58,7	24,9	1313	62,7	44,3	1381	59,1	6
1246	59,1	24,8	1314	62,9	44,4	1382	59,4	13,1
1247	58,6	„m”	1315	63,1	43,7	1383	59,7	22,3
1248	58,8	„m”	1316	63,5	46,1	1384	60,7	10,5
1249	58,8	„m”	1317	63,6	40,7	1385	59,8	9,8
1250	58,7	„m”	1318	64,3	49,5	1386	60,2	8,8
1251	59,1	„m”	1319	63,7	27	1387	59,9	8,7
1252	59,1	„m”	1320	63,8	15	1388	61	9,1
1253	59,4	„m”	1321	63,6	18,7	1389	60,6	28,2
1254	60,6	2,6	1322	63,4	8,4	1390	60,6	22
1255	59,6	„m”	1323	63,2	8,7	1391	59,6	23,2
1256	60,1	„m”	1324	63,3	21,6	1392	59,6	19
1257	60,6	„m”	1325	62,9	19,7	1393	60,6	38,4
1258	59,6	4,1	1326	63	22,1	1394	59,8	41,6
1259	60,7	7,1	1327	63,1	20,3	1395	60	47,3
1260	60,5	„m”	1328	61,8	19,1	1396	60,5	55,4
1261	59,7	„m”	1329	61,6	17,1	1397	60,9	58,7
1262	59,6	„m”	1330	61	0	1398	61,3	37,9
1263	59,8	„m”	1331	61,2	22	1399	61,2	38,3
1264	59,6	4,9	1332	60,8	40,3	1400	61,4	58,7
1265	60,1	5,9	1333	61,1	34,3	1401	61,3	51,3
1266	59,9	6,1	1334	60,7	16,1	1402	61,4	71,1
1267	59,7	„m”	1335	60,6	16,6	1403	61,1	51
1268	59,6	„m”	1336	60,5	18,5	1404	61,5	56,6
1269	59,7	22	1337	60,6	29,8	1405	61	60,6
1270	59,8	10,3	1338	60,9	19,5	1406	61,1	75,4
1271	59,9	10	1339	60,9	22,3	1407	61,4	69,4
1272	60,6	6,2	1340	61,4	35,8	1408	61,6	69,9
1273	60,5	7,3	1341	61,3	42,9	1409	61,7	59,6
1274	60,2	14,8	1342	61,5	31	1410	61,8	54,8

Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %
1411	61,6	53,6	1479	60,7	26,7	1547	58,8	6,4
1412	61,3	53,5	1480	60,1	4,7	1548	58,7	5
1413	61,3	52,9	1481	59,9	0	1549	57,5	„m”
1414	61,2	54,1	1482	60,4	36,2	1550	57,4	„m”
1415	61,3	53,2	1483	60,7	32,5	1551	57,1	1,1
1416	61,2	52,2	1484	59,9	3,1	1552	57,1	0
1417	61,2	52,3	1485	59,7	„m”	1553	57	4,5
1418	61	48	1486	59,5	„m”	1554	57,1	3,7
1419	60,9	41,5	1487	59,2	„m”	1555	57,3	3,3
1420	61	32,2	1488	58,8	0,6	1556	57,3	16,8
1421	60,7	22	1489	58,7	„m”	1557	58,2	29,3
1422	60,7	23,3	1490	58,7	„m”	1558	58,7	12,5
1423	60,8	38,8	1491	57,9	„m”	1559	58,3	12,2
1424	61	40,7	1492	58,2	„m”	1560	58,6	12,7
1425	61	30,6	1493	57,6	„m”	1561	59	13,6
1426	61,3	62,6	1494	58,3	9,5	1562	59,8	21,9
1427	61,7	55,9	1495	57,2	6	1563	59,3	20,9
1428	62,3	43,4	1496	57,4	27,3	1564	59,7	19,2
1429	62,3	37,4	1497	58,3	59,9	1565	60,1	15,9
1430	62,3	35,7	1498	58,3	7,3	1566	60,7	16,7
1431	62,8	34,4	1499	58,8	21,7	1567	60,7	18,1
1432	62,8	31,5	1500	58,8	38,9	1568	60,7	40,6
1433	62,9	31,7	1501	59,4	26,2	1569	60,7	59,7
1434	62,9	29,9	1502	59,1	25,5	1570	61,1	66,8
1435	62,8	29,4	1503	59,1	26	1571	61,1	58,8
1436	62,7	28,7	1504	59	39,1	1572	60,8	64,7
1437	61,5	14,7	1505	59,5	52,3	1573	60,1	63,6
1438	61,9	17,2	1506	59,4	31	1574	60,7	83,2
1439	61,5	6,1	1507	59,4	27	1575	60,4	82,2
1440	61	9,9	1508	59,4	29,8	1576	60	80,5
1441	60,9	4,8	1509	59,4	23,1	1577	59,9	78,7
1442	60,6	11,1	1510	58,9	16	1578	60,8	67,9
1443	60,3	6,9	1511	59	31,5	1579	60,4	57,7
1444	60,8	7	1512	58,8	25,9	1580	60,2	60,6
1445	60,2	9,2	1513	58,9	40,2	1581	59,6	72,7
1446	60,5	21,7	1514	58,8	28,4	1582	59,9	73,6
1447	60,2	22,4	1515	58,9	38,9	1583	59,8	74,1
1448	60,7	31,6	1516	59,1	35,3	1584	59,6	84,6
1449	60,9	28,9	1517	58,8	30,3	1585	59,4	76,1
1450	59,6	21,7	1518	59	19	1586	60,1	76,9
1451	60,2	18	1519	58,7	3	1587	59,5	84,6
1452	59,5	16,7	1520	57,9	0	1588	59,8	77,5
1453	59,8	15,7	1521	58	2,4	1589	60,6	67,9
1454	59,6	15,7	1522	57,1	„m”	1590	59,3	47,3
1455	59,3	15,7	1523	56,7	„m”	1591	59,3	43,1
1456	59	7,5	1524	56,7	5,3	1592	59,4	38,3
1457	58,8	7,1	1525	56,6	2,1	1593	58,7	38,2
1458	58,7	16,5	1526	56,8	„m”	1594	58,8	39,2
1459	59,2	50,7	1527	56,3	„m”	1595	59,1	67,9
1460	59,7	60,2	1528	56,3	„m”	1596	59,7	60,5
1461	60,4	44	1529	56	„m”	1597	59,5	32,9
1462	60,2	35,3	1530	56,7	„m”	1598	59,6	20
1463	60,4	17,1	1531	56,6	3,8	1599	59,6	34,4
1464	59,9	13,5	1532	56,9	„m”	1600	59,4	23,9
1465	59,9	12,8	1533	56,9	„m”	1601	59,6	15,7
1466	59,6	14,8	1534	57,4	„m”	1602	59,9	41
1467	59,4	15,9	1535	57,4	„m”	1603	60,5	26,3
1468	59,4	22	1536	58,3	13,9	1604	59,6	14
1469	60,4	38,4	1537	58,5	„m”	1605	59,7	21,2
1470	59,5	38,8	1538	59,1	„m”	1606	60,9	19,6
1471	59,3	31,9	1539	59,4	„m”	1607	60,1	34,3
1472	60,9	40,8	1540	59,6	„m”	1608	59,9	27
1473	60,7	39	1541	59,5	„m”	1609	60,8	25,6
1474	60,9	30,1	1542	59,6	0,5	1610	60,6	26,3
1475	61	29,3	1543	59,3	9,2	1611	60,9	26,1
1476	60,6	28,4	1544	59,4	11,2	1612	61,1	38
1477	60,9	36,3	1545	59,1	26,8	1613	61,2	31,6
1478	60,8	30,5	1546	59	11,7	1614	61,4	30,6

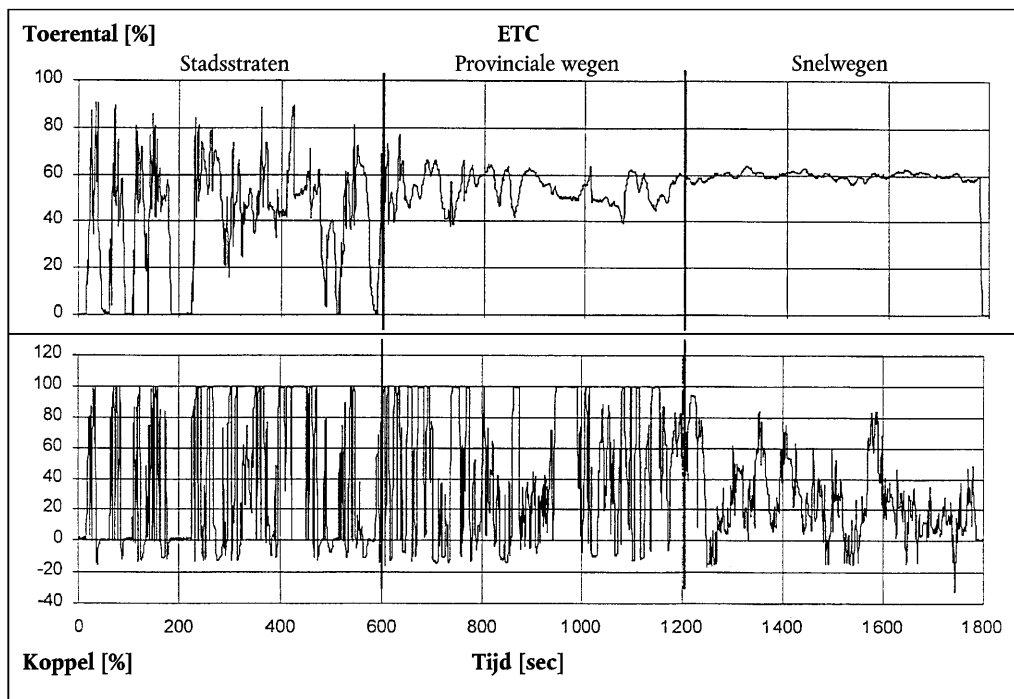
Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %	Tijds	Genormaliseerd toerental %	Genormaliseerd koppel %
1615	61,7	29,6	1677	60,6	6,7	1739	60,9	„m”
1616	61,5	28,8	1678	60,6	12,8	1740	60,8	4,8
1617	61,7	27,8	1679	60,7	11,9	1741	59,9	„m”
1618	62,2	20,3	1680	60,6	12,4	1742	59,8	„m”
1619	61,4	19,6	1681	60,1	12,4	1743	59,1	„m”
1620	61,8	19,7	1682	60,5	12	1744	58,8	„m”
1621	61,8	18,7	1683	60,4	11,8	1745	58,8	„m”
1622	61,6	17,7	1684	59,9	12,4	1746	58,2	„m”
1623	61,7	8,7	1685	59,6	12,4	1747	58,5	14,3
1624	61,7	1,4	1686	59,6	9,1	1748	57,5	4,4
1625	61,7	5,9	1687	59,9	0	1749	57,9	0
1626	61,2	8,1	1688	59,9	20,4	1750	57,8	20,9
1627	61,9	45,8	1689	59,8	4,4	1751	58,3	9,2
1628	61,4	31,5	1690	59,4	3,1	1752	57,8	8,2
1629	61,7	22,3	1691	59,5	26,3	1753	57,5	15,3
1630	62,4	21,7	1692	59,6	20,1	1754	58,4	38
1631	62,8	21,9	1693	59,4	35	1755	58,1	15,4
1632	62,2	22,2	1694	60,9	22,1	1756	58,8	11,8
1633	62,5	31	1695	60,5	12,2	1757	58,3	8,1
1634	62,3	31,3	1696	60,1	11	1758	58,3	5,5
1635	62,6	31,7	1697	60,1	8,2	1759	59	4,1
1636	62,3	22,8	1698	60,5	6,7	1760	58,2	4,9
1637	62,7	12,6	1699	60	5,1	1761	57,9	10,1
1638	62,2	15,2	1700	60	5,1	1762	58,5	7,5
1639	61,9	32,6	1701	60	9	1763	57,4	7
1640	62,5	23,1	1702	60,1	5,7	1764	58,2	6,7
1641	61,7	19,4	1703	59,9	8,5	1765	58,2	6,6
1642	61,7	10,8	1704	59,4	6	1766	57,3	17,3
1643	61,6	10,2	1705	59,5	5,5	1767	58	11,4
1644	61,4	„m”	1706	59,5	14,2	1768	57,5	47,4
1645	60,8	„m”	1707	59,5	6,2	1769	57,4	28,8
1646	60,7	„m”	1708	59,4	10,3	1770	58,8	24,3
1647	61	12,4	1709	59,6	13,8	1771	57,7	25,5
1648	60,4	5,3	1710	59,5	13,9	1772	58,4	35,5
1649	61	13,1	1711	60,1	18,9	1773	58,4	29,3
1650	60,7	29,6	1712	59,4	13,1	1774	59	33,8
1651	60,5	28,9	1713	59,8	5,4	1775	59	18,7
1652	60,8	27,1	1714	59,9	2,9	1776	58,8	9,8
1653	61,2	27,3	1715	60,1	7,1	1777	58,8	23,9
1654	60,9	20,6	1716	59,6	12	1778	59,1	48,2
1655	61,1	13,9	1717	59,6	4,9	1779	59,4	37,2
1656	60,7	13,4	1718	59,4	22,7	1780	59,6	29,1
1657	61,3	26,1	1719	59,6	22	1781	50	25
1658	60,9	23,7	1720	60,1	17,4	1782	40	20
1659	61,4	32,1	1721	60,2	16,6	1783	30	15
1660	61,7	33,5	1722	59,4	28,6	1784	20	10
1661	61,8	34,1	1723	60,3	22,4	1785	10	5
1662	61,7	17	1724	59,9	20	1786	0	0
1663	61,7	2,5	1725	60,2	18,6	1787	0	0
1664	61,5	5,9	1726	60,3	11,9	1788	0	0
1665	61,3	14,9	1727	60,4	11,6	1789	0	0
1666	61,5	17,2	1728	60,6	10,6	1790	0	0
1667	61,1	„m”	1729	60,8	16	1791	0	0
1668	61,4	„m”	1730	60,9	17	1792	0	0
1669	61,4	8,8	1731	60,9	16,1	1793	0	0
1670	61,3	8,8	1732	60,7	11,4	1794	0	0
1671	61	18	1733	60,9	11,3	1795	0	0
1672	61,5	13	1734	61,1	11,2	1796	0	0
1673	61	3,7	1735	61,1	25,6	1797	0	0
1674	60,9	3,1	1736	61	14,6	1798	0	0
1675	60,9	4,7	1737	61	10,4	1799	0	0
1676	60,6	4,1	1738	60,6	„m”	1800	0	0

„m” = motoraandrijving.

Een grafische voorstelling van het ETC-dynamometerschema is afgebeeld in figuur 5.

Figuur 5

ETC-dynamometerschema



## Aanhangsel 4

## METINGEN EN BEMONSTERINGSPROCEDURES

## 1. INLEIDING

De door de te testen motor geproduceerde gasvormige bestanddelen, deeltjes en rook worden gemeten met de in bijlage V beschreven methoden. In de verschillende delen van bijlage V worden de aanbevolen analysesystemen voor de gasvormige emissies (deel 1), de aanbevolen deeltjesverduunnings- en -bemonsteringsystemen (deel 2), en de aanbevolen opaciteitsmeters voor de opaciteitsmetingen (deel 3) beschreven.

Bij de ESC worden de gasvormige bestanddelen bepaald in het ruwe uitlaatgas. Eventueel mogen zij worden bepaald in het verdunde uitlaatgas, wanneer een volledige-stroomverduunningsstelsel wordt gebruikt voor de deeltjesbepaling. De deeltjes worden bepaald met hetzij een partiële- hetzij een volledige-stroomverduunningsstelsel.

Bij de ETC wordt uitsluitend een volledige-stroomverduunningsstelsel gebruikt voor de bepaling van de gasvormige en de deeltjesemissies en dit wordt beschouwd als het referentiesysteem. Partiële-stroomverduunningsystemen kunnen echter worden goedgekeurd door de technische dienst op voorwaarde dat hun gelijkwaardigheid overeenkomstig punt 6.2 van bijlage I is aangetoond en dat een gedetailleerde technische beschrijving van de geveensevaluatie en de berekeningsprocedures aan deze dienst wordt afgegeven.

## 2. DYNAMOMETER EN MEETCEL-APPARATUUR

Voor de emissietests van motoren op motordynamometers wordt de volgende apparatuur gebruikt.

2.1. **Motordynamometer**

Voor de uitvoering van de in de aanhangsels 1 en 2 van deze bijlage beschreven testcycli wordt een motordynamometer met toereikende kenmerken gebruikt. Het toerentalmeetsysteem moet een nauwkeurigheid van  $\pm 2\%$  van de aflezing hebben. Het koppelmeetsysteem moet een nauwkeurigheid van  $\pm 3\%$  van de aflezing hebben in het gebied  $>20\%$  van de volledige schaal en een nauwkeurigheid van  $\pm 0,6\%$  van de volledige schaal in het gebied  $\leq 20\%$  van de volledige schaal.

2.2. **Andere instrumenten**

De meetinstrumenten voor brandstofverbruik, luchtverbruik, temperatuur van koel- en smeermiddelen, uitlaatgasdruk en inlaatspruitstukonderdruk, uitlaatgastemperatuur, luchtinlaattertemperatuur, luchtdruk, vochtigheid en brandstoftemperatuur moeten zo nodig worden gebruikt. Deze instrumenten moeten voldoen aan de eisen van tabel 8.

Tabel 8

## Nauwkeurigheid van de meetinstrumenten

Meetinstrument	Nauwkeurigheid
Brandstofverbruik	$\pm 2\%$ van de maximumwaarde van de motor
Luchtverbruik	$\pm 2\%$ van de maximumwaarde van de motor
Temperatuur $\leq 600$ K (327 °C)	$\pm 2$ K absoluut
Temperatuur $>600$ K (327 °C)	$\pm 1\%$ van de aflezing
Luchtdruk	$\pm 0,1$ kPa absoluut
Uitlaatgasdruk	$\pm 0,2$ kPa absoluut
Inlaatonderdruk	$\pm 0,05$ kPa absoluut
Overige drukken	$\pm 0,1$ kPa absoluut
Relatieve vochtigheid	$\pm 3\%$ absoluut
Absolute vochtigheid	$\pm 5\%$ van de aflezing

### 2.3. **Uitlaatgasstroom**

Om de emissies in de ruwe uitlaatgassen te kunnen berekenen, is het noodzakelijk de uitlaatgasstroom te kennen (zie punt 4.4 van aanhangsel 1). Voor de bepaling van de uitlaatstroom kan een van de volgende methoden worden gebruikt:

- a) directe meting van de uitlaatstroom door een stroomkop of een gelijkwaardig meetsysteem;
- b) meting van de lucht- en brandstofstroom met behulp van geschikte meetsystemen en berekening van de uitlaatstroom aan de hand van de volgende vergelijking:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \text{ (voor de natte uitlaatmassa).}$$

De nauwkeurigheid van de uitlaatstroombepaling moet  $\pm 2,5\%$  van de aflezing of beter zijn.

### 2.4. **Verdunde uitlaatgasstroom**

Om de emissies in de verdunde uitlaatgassen met gebruikmaking van een volledige-stroomverduunningssysteem (verplicht voor de ETC) te kunnen berekenen, is het noodzakelijk om de verdunde uitlaatgasstroom te kennen (zie punt 4.3 van aanhangsel 2). De totale massastroom van het verdunde uitlaatgas ( $G_{\text{TOTW}}$ ) of de totale massa van het verdunde uitlaatgas over de gehele cyclus ( $M_{\text{TOTW}}$ ) wordt gemeten met een PDP of CFV (zie bijlage V, punt 2.3.1). De nauwkeurigheid moet  $\pm 2\%$  van de aflezing of beter bedragen en wordt bepaald overeenkomstig de voorschriften van bijlage III, aanhangsel 5, punt 2.4.

## 3. BEPALING VAN DE GASVORMIGE BESTANDDELEN

### 3.1. **Algemene specificaties voor de analyseapparatuur**

De analyseapparatuur moet een zodanig meetbereik hebben dat de vereiste nauwkeurigheid van de meting van de uitlaatgasbestanddelen (zie punt 3.1.1) wordt gewaarborgd. Aanbevolen wordt de analyseapparatuur op zodanige wijze te gebruiken dat de gemeten concentratie binnen 15 % en 100 % van de volledige schaal valt.

Indien gebruik wordt gemaakt van afleessystemen (computers, gegevensloggers) met een voldoende grote nauwkeurigheid en resolutie voor meetwaarden kleiner dan 15 % van de volledige schaal, zijn meetwaarden beneden 15 % van de volledige schaal eveneens aanvaardbaar. In dat geval zijn aanvullende kalibraties van ten minste vier nominaal gelijkmatig gespreide punten (niet nul) nodig om de nauwkeurigheid van de kalibratiekromme overeenkomstig bijlage III, aanhangsel 5, punt 1.5.5.2, te waarborgen.

De elektromagnetische compatibiliteit (EMC) van de apparatuur moet voldoende zijn om extra fouten tot een minimum te beperken.

#### 3.1.1. *Meetfout*

De totale meetfout, met inbegrip van de kruisgevoeligheid voor andere gassen (zie bijlage III, aanhangsel 5, punt 1.9), mag niet groter zijn dan  $\pm 5\%$  van de aflezing of  $\pm 3,5\%$  van de volledige schaal (de kleinste waarde is van toepassing). Voor concentraties kleiner dan 100 ppm mag de meetfout niet groter zijn dan  $\pm 4$  ppm.

#### 3.1.2. *Herhaalbaarheid*

De herhaalbaarheid die gedefinieerd is als 2,5 maal de standaardafwijking van tien herhaalde responsies op een bepaald kalibratie- of ijkgas, mag niet meer bedragen dan  $\pm 1\%$  van de uiterste concentratie op de schaal voor elk gebied boven 155 ppm (of ppm C) of  $\pm 2\%$  van elk gebied beneden 155 ppm (of ppm C).

#### 3.1.3. *Ruis*

Het maximumafleesverschil over een willekeurige periode van tien seconden bij gebruik van een ijkgas voor de nulinstelling en een ijkgas voor een bepaald meetbereik mag voor elk meetbereik niet groter zijn dan 2 % van de volledige schaal.

#### 3.1.4. *Nulpuntsverloop*

Het nulpuntsverloop gedurende een periode van een uur mag niet meer dan 2 % van de volledige schaal in het laagste meetbereik bedragen. De nulresponsie is gedefinieerd als de gemiddelde responsie, inclusief de ruis, op een ijkgas voor de nulinstelling gedurende een periode van 30 seconden.

3.1.5. *Meetbereikverloop*

Het meetbereikverloop gedurende een periode van een uur mag niet meer dan 2 % van de hoogste meetwaarde van het laagste meetbereik bedragen. Meetbereik is gedefinieerd als het verschil tussen de meetbereikresponsie en de nulresponsie. De meetbereikresponsie wordt gedefinieerd als de gemiddelde responsie, inclusief ruis, op een ijkgas voor het meetbereik gedurende een periode van 30 seconden.

3.2. **Gasdroging**

Het effect van het optionele gasdroogapparaat op de meting van de gasconcentratie moet minimaal zijn. Chemische drogers zijn niet aanvaardbaar voor het verwijderen van water uit het monster.

3.3. **Analyseapparatuur**

In de punten 3.3.1 tot en met 3.3.4 worden de toe te passen meetbeginselen beschreven. Een uitvoerige beschrijving van de meetsystemen is opgenomen in bijlage V. De te meten gassen worden geanalyseerd met de volgende instrumenten. Bij niet-lineaire analyseapparatuur mogen lineariseringsschakelingen worden toegepast.

3.3.1. *Analyse van koolmonoxide (CO)*

Voor de analyse van koolmonoxide wordt een niet-dispergerende analyser met absorptie in het infraroodgebied (NDIR) gebruikt.

3.3.2. *Analyse van kooldioxide (CO<sub>2</sub>)*

Voor de analyse van kooldioxide wordt een niet-dispergerende analyser met absorptie in het infraroodgebied (NDIR) gebruikt.

3.3.3. *Analyse van koolwaterstoffen (HC)*

Voor de analyse van koolwaterstoffen bij dieselmotoren wordt een verwarmde-vlamionisatordetector (HFID) gebruikt met verwarmde detector, kleppen, leidingen enz. om de temperatuur van het gas op  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ ) te houden. Bij aardgas- en LPG-motoren mag voor de analyse van koolwaterstoffen een niet-verwarmde vlamionisatordetector (HFID) worden gebruikt, naar gelang van de gehanteerde methode (zie bijlage V, punt 1.3).

3.3.4. *Analyse van andere koolwaterstoffen dan methaan (NMHC) (uitsluitend aardgasmotoren)*

De andere koolwaterstoffen dan methaan worden bepaald met een van de volgende methoden:

## 3.3.4.1. Gaschromatografie-methode (GC)

De andere koolwaterstoffen dan methaan worden bepaald door het methaan dat met een  $423 \text{ K}$  ( $150 \text{ }^\circ\text{C}$ ) geconditioneerde gaschromatograaf (GC) is geanalyseerd, af te trekken van de overeenkomstig punt 3.3.3 gemeten koolwaterstoffen.

## 3.3.4.2. Cutter-methode (NMC)

De andere koolwaterstoffen dan methaan worden bepaald met een verwarmde NMC, opgesteld in lijn met een FID, overeenkomstig punt 3.3.3, door het methaan van de totale koolwaterstoffen af te trekken.

3.3.5. *Analyse van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>)*

Voor de analyse van stikstofoxiden wordt gebruikgemaakt van een chemiluminescentiedetector (CLD) of verwarmde chemiluminescentiedetector (HCLD) met een NO<sub>2</sub>/NO-omzetter, indien op droge basis wordt gemeten. Indien op natte basis wordt gemeten, moet een HCLD worden gebruikt met een omzetter die op een temperatuur van  $328 \text{ K}$  ( $55 \text{ }^\circ\text{C}$ ) of meer wordt gehouden, mits aan de controle van de waterdampverzadigingsdruk is voldaan (zie bijlage III, aanhangsel 5, punt 1.9.2.2).

### 3.4. **Bemonstering voor gasvormige emissies**

#### 3.4.1. *Ruw uitlaatgas (uitsluitend ESC)*

De sondes voor bemonstering van gasvormige emissies moeten, voorzover mogelijk, ten minste 0,5 m of driemaal de diameter van de uitlaatpijp (de grootste waarde is van toepassing) vanaf het einde van het uitlaatsysteem en voldoende dicht bij de motor worden geplaatst, zodat de uitlaatgastemperatuur bij de sonde minstens 343 K (70 °C) bedraagt.

Bij een motor met meerdere cilinders en een vertakt uitlaatspruitstuk moet de inlaat van de sonde ver genoeg in de uitlaat worden geplaatst, zodat het monster representatief is voor de gemiddelde uitlaatgasemissie uit alle cilinders. Bij motoren met meerdere cilinders die afzonderlijke spruitstukken hebben, zoals bij een V-motor, is het toegestaan voor elke groep afzonderlijk een monster te nemen en de gemiddelde uitlaatgasemissie te berekenen. Andere methoden waarvan de correlatie met de bovengenoemde methode is aangetoond mogen worden toegepast. Bij de berekening van de uitlaatgasemissies moet worden uitgegaan van de totale uitlaatgasmassa-stroom van de motor.

Indien de samenstelling van het uitlaatgas wordt beïnvloed door een nabehandelingsinstallatie, moet het uitlaatgasmonster voorbij die inrichting worden genomen.

#### 3.4.2. *Verdund uitlaatgas (verplicht voor ETC, optioneel voor ESC)*

De uitlaatpijp tussen de motor en het volledige-stroomverduunningssysteem moet overeenstemmen met de eisen van bijlage V, punt 2.3.1, EP.

De bemonsteringssonde(s) voor de gasvormige emissies wordt/worden in de verdunningstunnel geplaatst op een punt waar de verdunningslucht en het uitlaatgas goed vermengd zijn en dicht bij de deeltjesbemonsteringssonde.

Voor de ETC-test kan de monsterneming op twee manieren verlopen:

- de verontreinigende stoffen worden bemonsterd in een bemonsteringszak over de gehele cyclus en gemeten na de voltooiing van de test;
- de verontreinigende stoffen worden continu bemonsterd en geïntegreerd over de cyclus (deze methode is verplicht voor HC en NO<sub>x</sub>).

### 4. **BEPALING VAN DE DEELTJES**

Voor de bepaling van de deeltjes is een verdunningssysteem nodig. Verdunning kan worden bewerkstelligd door een partiële-stroomverduunningssysteem (uitsluitend ESC) of een volledige-stroomverduunningssysteem (verplicht voor ETC). De doorstromingscapaciteit van het verdunningssysteem moet groot genoeg zijn om condensatie van water in de verdunnings- en de bemonsteringssystemen volledig uit te sluiten door de temperatuur van het verdunde gas vlak voor de filterhouders op of onder 325 K (52 °C) te houden. De verdunningslucht moet, indien de luchtvochtigheid hoog is, vóór instroming in het verdunningssysteem worden gedroogd. De temperatuur van de verdunningslucht moet 298 K ± 5 K (25 °C ± 5 °C) bedragen. Indien de temperatuur van de omgevingslucht minder dan 293 K (20 °C) bedraagt, wordt aanbevolen de verdunningslucht van tevoren te verhitten tot een temperatuur boven 303 K (30 °C). De temperatuur van de verdunningslucht mag echter niet meer dan 325 K (52 °C) bedragen alvorens de uitlaatgassen in de verdunningstunnel worden gevoerd.

Het partiële-stroomverduunningssysteem moet zodanig zijn ontworpen dat de uitlaatgasstroom in twee delen wordt gesplitst, waarbij de kleinste stroom met lucht wordt verdund en vervolgens wordt gebruikt voor de meting van de deeltjes. Het is van essentieel belang dat de verdunningsverhouding zeer nauwkeurig wordt bepaald. Er kan gebruik worden gemaakt van verschillende scheidingsmethoden, waarbij het type scheiding in belangrijke mate bepaalt welke bemonsteringsapparatuur moet worden gebruikt en welke procedures moeten worden gevolgd (zie bijlage V, punt 2.2). De deeltjesbemonsteringssonde moet vlak bij de gassonde worden geplaatst en de installatie moet in overeenstemming zijn met de bepalingen van punt 3.4.1.

Om de massa van de deeltjes vast te stellen zijn een deeltjesbemonsteringssysteem, deeltjesbemonsteringsfilters, een microgrambalans en een weegkamer met constante temperatuur en vochtigheid nodig.

Bij de deeltjesbemonstering wordt de methode met één filter gevolgd, waarbij gebruik wordt gemaakt van één paar filters (zie punt 4.1.3) voor de gehele testcyclus. Bij de ESC-test moet veel aandacht worden besteed aan de bemonsteringsduur en -stromen gedurende de bemonsteringsfase van de test.

#### 4.1. Deeltjesbemonsteringsfilters

##### 4.1.1. Filterspecificaties

Er moet gebruik worden gemaakt van met fluorkoolstof gecoate glasvezelfilters of membraanfilters op fluorkoolstofbasis. Alle filtertypen moeten een 0,3 µm-DOP-(dioctylftalaat)-opvangrendement van minstens 95 % hebben bij een gasaanstroomsnelheid tussen 35 en 80 cm/s.

##### 4.1.2. Filtergrootte

De deeltjesfilters moeten een minimumdiameter van 47 mm (37 mm werkzame diameter) hebben. Grotere filterdiameters zijn toegestaan (zie punt 4.1.5).

##### 4.1.3. Primaire en secundaire filters

Het verdunde uitlaatgas moet worden bemonsterd met een stel filters die tijdens de testcyclus in serie zijn geplaatst (een primair en een secundair filter). Het secundaire filter mag zich niet meer dan 100 mm na het primaire filter bevinden en mag niet daarmee in contact zijn. De filters mogen afzonderlijk of als stel worden gewogen, waarbij de beroete zijden tegen elkaar worden geplaatst.

##### 4.1.4. Aanstroomsnelheid door het filter

De aanstroomsnelheid door het filter moet 35 tot 80 cm/s bedragen. De drukval mag tussen begin en eind van de test met niet meer dan 25 kPa toenemen.

##### 4.1.5. Filterbelasting

De aanbevolen minimumfilterbelasting bedraagt 0,5 mg/1 075 mm<sup>2</sup> beroet oppervlak voor de methode met één filter. Bij de gebruikelijke filterafmetingen zijn de waarden als aangegeven in tabel 8.

Tabel 9

Aanbevolen filterbelastingen

Filterdiameter (mm)	Aanbevolen werkzame diameter (mm)	Aanbevolen minimumbelasting (mg)
47	37	0,5
70	60	1,3
90	80	2,3
110	100	3,6

#### 4.2. Specificaties voor de weegkamer en de analytische balans

##### 4.2.1. Weegkameromstandigheden

De kamer (of ruimte) waarin de deeltjesfilters worden geconditioneerd en gewogen, moet op een temperatuur van 295 K ± 3 K (22 °C ± 3 °C) worden gehouden gedurende het conditioneren en wegen van de filters. De vochtigheidsgraad moet worden gehouden op een dauwpunt van 282,5 K ± 3 K (9,5 °C ± 3 °C) en een relatieve vochtigheid van 45 % ± 8 %.

##### 4.2.2. Wegen van het referentiefilter

De atmosfeer in de kamer (of ruimte) moet vrij zijn van vuildeeltjes (zoals stof) die zich op het deeltjesfilter kunnen afzetten gedurende de stabiliseringsperiode. Afwijking van de weegkamerspecificaties van punt 4.2.1 zijn toegestaan, indien de duur van de afwijking niet meer dan 30 minuten bedraagt. De weegkamer moet aan de voorgeschreven specificaties voldoen alvorens het personeel zich in de weegkamer begeeft. Er moeten minstens twee ongebruikte referentiefilters of referentiefilterparen worden gewogen binnen vier uur vóór of bij voorkeur op hetzelfde tijdstip als de weging van het bemonsteringsfilter(paar). De referentiefilters moeten van dezelfde grootte en hetzelfde materiaal zijn als de bemonsteringsfilters.

Indien het gemiddelde gewicht van de referentiefilters (het referentiefilterpaar) afwijkingen vertoont van meer dan  $\pm 5\%$  ( $\pm 7,5\%$ , voor het filterpaar) van de aanbevolen minimumfilterbelasting (zie punt 4.2.1) tussen het wegen van de bemonsteringsfilters, moeten alle bemonsteringsfilters worden verwijderd en wordt de emissietest herhaald.

Indien niet aan de in punt 4.2.1 genoemde stabiliteitscriteria voor de weegkamer wordt voldaan, maar de weging van het referentiefilter(paar) aan de bovenstaande criteria voldoet, heeft de fabrikant van het voertuig de mogelijkheid de massa's van de bemonsteringsfilters te aanvaarden of de test ongeldig te verklaren, waarna het conditioneringssysteem van de weegkamer wordt bijgesteld en de test wordt overgedaan.

#### 4.2.3. *Analytische balans*

De voor het wegen van alle filters gebruikte analytische balans moet een nauwkeurigheid hebben (standaarddeviatie) van  $20\ \mu\text{g}$  en een resolutie van  $10\ \mu\text{g}$  (1 cijfer =  $10\ \mu\text{g}$ ). Voor filters met een kleinere diameter dan  $70\ \text{mm}$  moeten de nauwkeurigheid en de resolutie respectievelijk  $2\ \mu\text{g}$  en  $1\ \mu\text{g}$  bedragen.

#### 4.3. **Overige specificaties voor de deeltjesmeting**

Alle delen van het verdunningssysteem en het bemonsteringssysteem vanaf de uitlaatpijp tot en met de filterhouder die in contact zijn met het ruwe en het verdunde uitlaatgas, moeten zodanig zijn ontworpen dat afzetting of wijziging van de deeltjes tot een minimum wordt beperkt. Alle deeltjes moeten gemaakt zijn van elektrisch geleidende materialen die niet reageren met de uitlaatgascomponenten en moeten elektrisch worden geaard om elektrostatische effecten te voorkomen.

#### 5. BEPALING VAN DE ROOKWAARDE

In dit deel worden de specificaties gegeven voor de voorgeschreven en de facultatieve testapparatuur die bij de ELR-test wordt gebruikt. De rook wordt gemeten met een opaciteitsmeter die zowel een opaciteits- als een lichtabsorptiecoëfficiëntstand heeft. De opaciteitsstand wordt uitsluitend voor kalibreringsdoeleinden en voor het controleren van de goede werking van de opaciteitsmeter gebruikt. De rookwaarden van de testcyclus worden gemeten in de lichtabsorptiecoëfficiëntstand.

#### 5.1. **Algemene eisen**

De ELR-test vereist het gebruik van een opaciteitsmeet- en gegevensverwerkingssysteem dat drie functionele elementen omvat. Deze elementen mogen geïntegreerd zijn in een apparaat of een systeem van met elkaar verbonden componenten zijn. De drie functionele elementen zijn:

- een opaciteitsmeter die aan de specificaties van bijlage V, punt 3, voldoet;
- een gegevensverwerkingssysteem dat de in bijlage III, aanhangsel 1, punt 6, omschreven functies kan uitvoeren;
- een printer en/of elektronisch opslagmedium waarmee de overeenkomstig bijlage III, aanhangsel 1, punt 6.3, vereiste rookwaarden kunnen worden vastgelegd en afgedrukt.

#### 5.2. **Specifieke eisen**

##### 5.2.1. *Lineariteit*

De lineariteit moet binnen  $\pm 2\%$  van de opaciteit zijn.

##### 5.2.2. *Nulpuntsverloop*

Het nulpuntsverloop gedurende een periode van een uur mag niet groter zijn dan  $\pm 1\%$  van de opaciteit.

##### 5.2.3. *Opaciteitsmeterschaal en -bereik*

Wanneer de opaciteit wordt afgelezen, moet het bereik 0-100 % opaciteit zijn en de afleesnauwkeurigheid 0,1 % opaciteit. Wanneer de lichtabsorptiecoëfficiënt wordt afgelezen, moet het bereik 0-30  $\text{m}^{-1}$  lichtabsorptiecoëfficiënt zijn en de afleesnauwkeurigheid 0,01  $\text{m}^{-1}$  lichtabsorptiecoëfficiënt.

5.2.4. *Responsietijd van het instrument*

De fysieke responsietijd van de opaciteitsmeter mag niet groter zijn dan 0,2 s. De fysieke responsietijd is het verschil tussen de tijdstippen dat de output van ontvanger met snelle responsie 10 %, respectievelijk 90 % van de volledige schaal bereikt wanneer de opaciteit van het gemeten gas in minder dan 0,1 s wordt gewijzigd.

De elektrische responsietijd van de opaciteitsmeter mag niet groter zijn dan 0,05 s. De elektrische responsietijd is het verschil tussen de tijdstippen dat de output van de opaciteitsmeter 10 %, respectievelijk 90 % van de volledige schaal bereikt wanneer de lichtbron onderbroken of volledig gedoofd wordt in minder dan 0,01 s.

5.2.5. *Neutrale-opaciteitsfilters*

Wanneer een neutrale-opaciteitsfilter wordt gebruikt bij de kalibrering van een opaciteitsmeter, lineariteitsmetingen of meetbereikinstelling, moet de waarde ervan bekend zijn tot binnen 1,0 % van de opaciteit. De nominale waarde van het filter moet ten minste eenmaal per jaar gecontroleerd worden aan de hand van een referentie die op een nationale of internationale norm is gebaseerd.

Neutrale-opaciteitsfilters zijn precisie-instrumenten en kunnen bij gebruik gemakkelijk worden beschadigd. Zij moeten zo weinig mogelijk en steeds met grote zorg worden gehanteerd om te vermijden dat het filter bekrast of vervuild wordt.

---

## Aanhangsel 5

## KALIBRATIEPROCEDURE

## 1. KALIBRATIE VAN DE ANALYTISCHE INSTRUMENTEN

1.1. **Inleiding**

Elk analyseapparaat moet zo vaak als nodig worden gekalibreerd om aan de nauwkeurigheidseisen van deze voorschriften te voldoen. De toe te passen kalibratiemethode wordt in dit punt beschreven voor de analyseapparatuur zoals bedoeld in bijlage III, aanhangsel 4, punt 3 en bijlage V, punt 1.

1.2. **Kalibratiegassen**

De bewaartijd voor alle kalibratiegassen moet worden gerespecteerd.

De door de fabrikant aangegeven einddatum van de houdbaarheidsduur van de kalibratiegassen moet worden genoteerd.

1.2.1. *Zuivere gassen*

De vereiste zuiverheidsgraad van de gassen is gedefinieerd door de in het onderstaande vermelde grenswaarden voor de verontreiniging. De volgende gassen moeten voor gebruik beschikbaar zijn:

Gezuiverde stikstof

(verontreiniging  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)

Gezuiverde zuurstof

(zuiverheidsgraad  $> 99,5$  % volume O<sub>2</sub>)

Waterstof-heliummengsel

( $40 \pm 2$  % waterstof, rest helium)

(verontreiniging  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>)

Gezuiverde synthetische lucht

(verontreiniging  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)

(zuurstofgehalte tussen 18-21 volume %)

Gezuiverde propaan of CO voor de CVS-verificatie

1.2.2. *Kalibratie- en ijkgas*

Er dienen gasmengsels met de volgende chemische samenstelling beschikbaar te zijn:

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> en gezuiverde synthetische lucht (zie punt 1.2.1);

CO en gezuiverde stikstof;

NO<sub>x</sub> en gezuiverde stikstof (het gehalte aan NO<sub>2</sub> in dit kalibratiegas mag niet meer dan 5 % van het NO-gehalte bedragen);

CO<sub>2</sub> en gezuiverde stikstof;

CH<sub>4</sub> en gezuiverde synthetische lucht;

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> en gezuiverde synthetische lucht.

*Opmerking:* Andere gascombinaties zijn toegestaan mits de gassen niet met elkaar reageren.

De werkelijke concentratie van een kalibratie- en een ijkgas moet binnen  $\pm 2$  % van de nominale waarde liggen. Alle concentraties van het kalibratiegas zijn gebaseerd op het volume (volumepercent of volume ppm).

De voor kalibratie en het meetbereik gebruikte gassen mogen ook worden verkregen met behulp van een meng- en doseertoestel voor gassen, waarbij verdund wordt met zuivere N<sub>2</sub> of met zuivere synthetische lucht. De nauwkeurigheid van de menginrichting moet zodanig zijn dat de concentratie van de verdunde kalibreringsgassen met een tolerantie van 2 % kan worden bepaald.

**1.3. Bediening van de analyse- en bemonsteringsapparatuur**

De bediening van de analyseapparatuur geschiedt volgens de gebruiks- en bedieningsaanwijzingen van de fabrikant van het instrument. De minimumvoorschriften van de punten 1.4 tot en met 1.9 moeten daarbij in aanmerking worden genomen.

**1.4. Lektest**

Er wordt een lektest voor het systeem uitgevoerd. De sonde wordt losgekoppeld van het uitlaatsysteem en het uiteinde wordt voorzien van een stop. De analyserpomp wordt ingeschakeld. Na een stabiliseringsperiode moeten alle stroommeters nul aanwijzen. Zo niet, dan worden de bemonsteringsleidingen gecontroleerd en de gebreken hersteld.

De maximaal toelaatbare lekstroom aan de vacuümzijde mag 0,5 % van de stroom bij normaal gebruik bedragen voor het gedeelte van het systeem dat wordt gecontroleerd. De stroom door de analyseapparatuur en de stroom in de omloopleiding mogen worden gebruikt om de stroomwaarde bij normaal gebruik te ramen.

Bij een andere methode wordt de concentratie stapsgewijs aan het begin van de bemonsteringslijn veranderd door het overschakelen van het ijkgas voor de nulinstelling op het ijkgas voor het meetbereik. Indien na een toereikende tijdsperiode de aflezing een lagere concentratie aangeeft dan de toegevoerde concentratie, wijst dit op kalibratie- of lekproblemen.

**1.5. Kalibratieprocedure****1.5.1. Instrumentengeheel**

Het geheel van instrumenten wordt gekalibreerd en de kalibratiekromme wordt gecontroleerd met behulp van standaardgassen. De gasstromen moeten dezelfde zijn als bij de bemonstering van het uitlaatgas.

**1.5.2. Opwarmtijd**

De opwarmtijd moet overeenkomen met de aanbevelingen van de fabrikant. Indien niet opgegeven, wordt voor het opwarmen van de analyseapparatuur een minimumperiode van twee uur aanbevolen.

**1.5.3. NDIR- en HFID-analyser**

De NDIR-analyser wordt zo nodig afgesteld en de vlam van de HFID-analyser wordt optimaal afgeregeld (punt 1.8.1).

**1.5.4. Kalibratie**

Elk normaal gebruikt werkgebied moet worden gekalibreerd.

Met gebruikmaking van zuivere synthetische lucht (of stikstof) worden de CO-, CO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>- en HC-analysers op nul afgesteld.

De passende kalibratiegassen worden in het analyseapparaat gevoerd, de waarden worden vastgelegd en de kalibratiekromme wordt overeenkomstig punt 1.5.5 uitgezet.

Zo nodig wordt de nulinstelling opnieuw gecontroleerd en de kalibratieprocedure herhaald.

**1.5.5. Vaststelling van de kalibratiekromme****1.5.5.1. Algemene aanwijzingen**

De kalibratiekromme voor de analyser wordt uitgezet met minstens vijf kalibratiepunten (afgezien van nul) die zo gelijkmatig mogelijk zijn verdeeld. De hoogste nominale concentratie moet groter zijn dan of gelijk zijn aan 90 % van het volledige schaalbereik.

De kalibratiekromme wordt berekend met de methode van de kleinste kwadraten. Indien de resulterende polynomiale graad groter is dan drie, moet het aantal kalibratiepunten (inclusief nul) minstens gelijk zijn aan deze polynomiale graad plus twee.

De kalibratiekromme mag niet meer dan  $\pm 2\%$  afwijken van de nominale waarde van elk kalibratiepunt en niet meer dan  $\pm 1\%$  van het volledige schaalbereik bij nul.

Met de kalibratiekromme en de kalibratiepunten is het mogelijk te controleren of de kalibrering juist is uitgevoerd. De verschillende karakteristieke parameters van de analyseapparatuur moeten worden aangegeven, zoals:

- het meetbereik,
- de gevoeligheid,
- de datum van de uitvoering van de kalibratie.

#### 1.5.5.2. Kalibratie beneden 15 % van het volledige schaalbereik

De kalibratiekromme van het analyseapparaat wordt bepaald met behulp van ten minste vier kalibratiepunten (afgezien van nul) die nominaal gelijk zijn verdeeld beneden 15 % van het volledige schaalbereik.

De kalibratiekromme wordt berekend met behulp van de methode van de kleinste kwadraten.

De kalibratiekromme mag niet meer dan  $\pm 4\%$  afwijken van de nominale waarde van elk kalibratiepunt en niet meer dan  $\pm 1\%$  van het volledige schaalbereik bij nul.

#### 1.5.5.3. Alternatieve methoden

Als kan worden aangetoond dat een alternatieve techniek (bv. computer, elektronisch gestuurde meetbereikschakelaar enz.) een equivalente nauwkeurigheid oplevert, mogen deze alternatieve methoden worden toegepast.

### 1.6. Controle van de kalibratie

Elk normaal gebruikt werkgebied moet vóór elke analyse worden gecontroleerd volgens de volgende procedure.

De kalibratie wordt gecontroleerd met een ijkgas voor de nulinstelling en een ijkgas voor het meetbereik waarvan de nominale waarde meer dan 80 % van de volle schaal van het meetbereik bedraagt.

Indien de gevonden waarden voor de twee controlepunten niet meer verschillen dan  $\pm 4\%$  van het volledige schaalbereik van de opgegeven referentiewaarde, mogen de instelparameters worden gewijzigd. Is dit niet het geval, dan moet een nieuwe kalibratiekromme worden vastgesteld overeenkomstig punt 1.5.5.

### 1.7. Doelmatigheidstest van de NO<sub>x</sub>-omzetter

De doelmatigheid van de omzetter die wordt toegepast voor de omzetting van NO<sub>2</sub> in NO wordt overeenkomstig de punten 1.7.1 tot en met 1.7.8 (figuur 6) getest.

#### 1.7.1. Testschema

Aan de hand van het in figuur 6 afgebeelde testschema (zie tevens bijlage III, aanhangsel 4, punt 3.3.5) en de onderstaande procedure kan de doelmatigheid van de omzetter worden getest met behulp van een ozonisator.

#### 1.7.2. Kalibratie

De CLD en de HCLD moeten worden gekalibreerd in het meest gebruikte werkgebied overeenkomstig de specificaties van de fabrikant en met gebruikmaking van een ijkgas voor de nulinstelling en een ijkgas voor het meetbereik (waarvan het NO-gehalte ongeveer 80 % van het werkgebied moet bedragen en de NO<sub>2</sub>-concentratie van het gasmengsel minder dan 5 % van de NO-concentratie bedraagt). De NO<sub>x</sub>-analyser moet in de NO-stand staan, zodat het ijkgas niet door de omzetter stroomt. De aangegeven concentratie moet worden genoteerd.

#### 1.7.3. Berekening

De doelmatigheid van de NO<sub>x</sub>-omzetter wordt als volgt berekend:

$$\text{Doelmatigheid (\%)} = \left( 1 + \frac{a - b}{c - d} \right) \times 100$$

waarin:

- a = NO<sub>x</sub>-concentratie overeenkomstig punt 1.7.6
- b = NO<sub>x</sub>-concentratie overeenkomstig punt 1.7.7
- c = NO-concentratie overeenkomstig punt 1.7.4
- d = NO-concentratie overeenkomstig punt 1.7.5

1.7.4. *Toevoegen van zuurstof*

Via een T-stuk wordt voortdurend zuurstof of referentielucht aan de gasstroom toegevoegd totdat de aangegeven concentratie 20 % minder bedraagt dan de aangegeven kalibratieconcentratie van punt 1.7.2. (De analysator staat in de NO-stand.) De aangegeven concentratie (c) wordt genoteerd. De ozonisator is gedurende het proces gedeactiveerd.

1.7.5. *Activering van de ozonisator*

De ozonisator wordt nu geactiveerd zodat genoeg ozon wordt geproduceerd om de NO-concentratie met ongeveer 20 % (minimaal 10 %) ten opzichte van de kalibratieconcentratie van punt 1.7.2 te verminderen. De aangegeven concentratie (d) wordt genoteerd. (De analysator staat in de NO-stand.)

1.7.6. *NO<sub>x</sub>-stand*

De NO-analysator wordt vervolgens in de NO<sub>x</sub>-stand gezet, zodat het gasmengsel (bestaande uit NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>) door de omzetter stroomt. De aangegeven concentratie (a) wordt genoteerd. (De analysator staat in de NO<sub>x</sub>-stand.)

1.7.7. *Deactivering van de ozonisator*

De ozonisator wordt nu gedeactiveerd. Het in punt 1.7.6 beschreven gasmengsel stroomt door de omzetter in de detector. De aangegeven concentratie (b) moet worden genoteerd. (De analysator staat in de NO<sub>x</sub>-stand.)

1.7.8. *NO-stand*

De analyser wordt nu in de NO-stand gezet waarbij de ozonisator wordt uitgeschakeld en de zuurstof- of synthetische-luchtstroom wordt afgesloten. De NO<sub>x</sub>-aflezing van de analyser mag niet meer dan ± 5 % van de volgens punt 1.7.2 gemeten waarde afwijken. (De analysator staat in de NO-stand.)

1.7.9. *Testfrequentie*

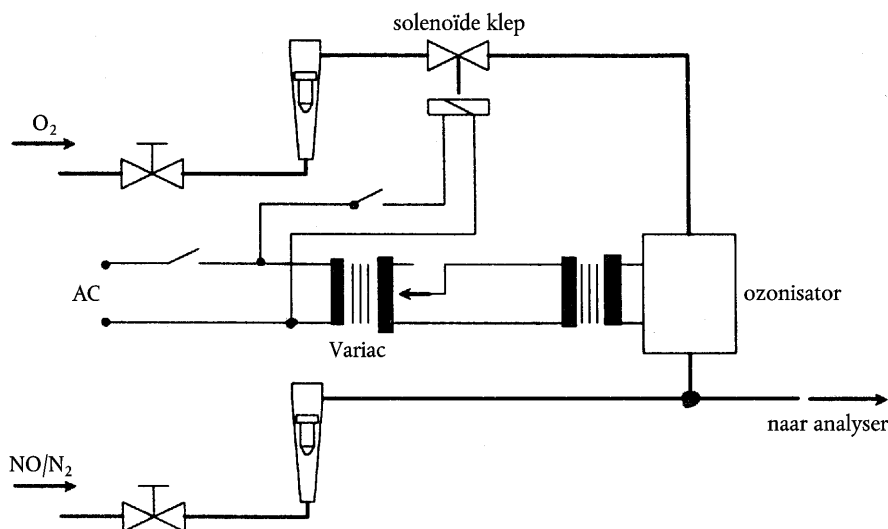
De doelmatigheid van de omzetter moet voor elke kalibratie van de NO<sub>x</sub>-analyser worden getest.

1.7.10. *Eisen ten aanzien van de doelmatigheid*

De doelmatigheid van de omzetter mag niet minder dan 90 % bedragen, maar een hoger nuttig effect van 95 % wordt sterk aanbevolen.

*Opmerking:* Indien de ozonisator, met de analysator ingesteld voor het meest gebruikelijke meetbereik, geen vermindering van 80 tot 20 % kan bewerkstelligen overeenkomstig punt 1.7.5, moet het hoogste meetbereik worden gebruikt waarbij deze vermindering wel mogelijk is.

Figuur 6

Schema voor de controle van de doelmatigheid van de NO<sub>2</sub>-omzetter

**1.8. Instelling van de FID****1.8.1. *Optimalisering van de detectorresponsie***

De HFID moet overeenkomstig de aanbevelingen van de fabrikant worden afgesteld. Er moet gebruik worden gemaakt van een propaan/luchtmengsel als ijkgas voor de optimalisering van de responsie voor het meest gebruikte werkgebied.

Er wordt een ijkgas met een C-concentratie van  $350 \pm 75$  ppm in het analyseapparaat gevoerd waarbij de brandstof- en luchtstroom overeenkomstig de aanwijzingen van de fabrikant van het instrument worden afgesteld. De responsie bij een bepaalde brandstofstroom wordt bepaald uit het verschil tussen de meetbereikgasresponsie en de nulgasresponsie. De brandstofstroom moet stapsgewijs worden bijgesteld onder en boven de specificatie van de fabrikant. De meetbereikgasresponsie en de nulgasresponsie bij beide brandstofstromen moeten worden genoteerd. Het verschil tussen de meetbereikgasresponsie en de nulgasresponsie moet worden uitgezet en de brandstofstroom moet worden bijgesteld naar de rijke kant van de kromme.

**1.8.2. *De responsiefactoren voor koolwaterstof***

De analysator moet worden gekalibreerd met een propaan/luchtmengsel en gezuiverde synthetische lucht overeenkomstig punt 1.5.

De responsiefactoren moeten worden bepaald wanneer de analysator in gebruik wordt genomen en na groot onderhoud. De responsiefactor ( $R_f$ ) voor een bepaalde koolwaterstof is de verhouding tussen de FID C1-aflezing en de gasconcentratie in de cilinder uitgedrukt in ppm C l.

De concentratie van het testgas moet op een zodanig niveau zijn dat de responsie ongeveer 80 % van de volle schaal is. De concentratie moet bekend zijn met een nauwkeurigheid van  $\pm 2$  % ten opzichte van een gravimetrische standaard uitgedrukt in volume. Bovendien moet de gascilinder gedurende 24 uur op een temperatuur van  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) worden geconditioneerd.

De te gebruiken testgasen en de aanbevolen relatieve responsiefactorgebieden zijn als volgt:

methaan en gezuiverd synthetisch gas:  $1,00 \leq R_f \leq 1,15$

propyleen en gezuiverde synthetische lucht:  $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

tolueen en gezuiverde synthetische lucht:  $0,90 \leq R_f \leq 1,10$

Deze waarden hebben betrekking op de responsiefactor ( $R_f$ ) van 1,00 voor propaan en zuivere synthetische lucht.

**1.8.3. *Controle van de storing door zuurstof***

De storing door zuurstof moet gecontroleerd worden wanneer een analysator in gebruik wordt genomen en na groot onderhoud.

De responsiefactor is gedefinieerd en wordt bepaald overeenkomstig punt 1.8.2. Het te gebruiken testgas en de aanbevolen relatieve responsiefactorgebieden zijn als volgt:

propaan en stikstof:  $0,95 \leq R_f \leq 1,05$

Deze waarde heeft betrekking op de responsiefactor ( $R_f$ ) van 1,00 voor propaan en zuivere synthetische lucht.

De zuurstofconcentratie in de FID-branderlucht mag maximaal  $\pm 1$  mol % afwijken van de zuurstofconcentratie van de branderlucht die bij de laatste zuurstofstoringscontrole werd gebruikt. Indien het verschil groter is, moet de zuurstofstoring gecontroleerd en de analysator zo nodig bijgesteld worden.

**1.8.4. *Doelmatigheid van de niet-methaan-cutter (NMC — uitsluitend voor aardgasmotoren)***

De NMC wordt gebruikt voor de verwijdering van andere koolwaterstoffen dan methaan in het gasmonster, namelijk door de oxidering van alle koolwaterstoffen met uitzondering van methaan. In het ideale geval bedraagt de methaanconversie 0 % en loopt de conversie van de andere koolwaterstoffen, vertegenwoordigd door ethaan, op tot 100 %. Voor de nauwkeurige meting van de NMHC worden beide rendementen bepaald en gebruikt voor de meting van de NMHC-emissiemaastroom (zie bijlage III, aanhangsel 2, punt 4.3).

## 1.8.4.1. Doelmatigheid van de methaanconversie

Het methaankalibratiegas wordt wel en niet via de NMC door de FID geleid en in beide gevallen wordt de concentratie gemeten. De doelmatigheid wordt dan als volgt bepaald:

$$CE_M = 1 - (\text{conc}_w / \text{conc}_{w/o})$$

waarin:

$\text{conc}_w$  = HC-concentratie met CH<sub>4</sub> stromend door de NMC

$\text{conc}_{w/o}$  = HC-concentratie met CH<sub>4</sub> niet stromend door de NMC

## 1.8.4.2. Doelmatigheid van de ethaanconversie

Het ethaan-kalibratiegas wordt wel en niet via de NMC door de FID geleid en in beide gevallen wordt de concentratie gemeten. De doelmatigheid wordt dan als volgt bepaald:

$$CE_E = 1 - \frac{\text{conc}_w}{\text{conc}_{w/o}}$$

waarin:

$\text{conc}_w$  = HC-concentratie met C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> stromend door de NMC

$\text{conc}_{w/o}$  = HC-concentratie met C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> niet stromend door de NMC

1.9. **Storende effecten bij CO-, CO<sub>2</sub>, en NO<sub>x</sub>-analysatoren**

Andere gassen in het uitlaatgas dan het te analyseren gas kunnen de aflezing op verscheidene wijzen beïnvloeden. Positieve storing treedt op bij NDIR-instrumenten wanneer het storende gas hetzelfde effect heeft als het te meten gas, maar in mindere mate. Negatieve storing treedt op in NDIR-instrumenten doordat het storende gas de absorptieband van het te meten gas verbreedt en in CLD-instrumenten doordat het storingsgas de straling onderdrukt. De in de punten 1.9.1 en 1.9.2 genoemde storingscontroles moeten worden uitgevoerd vóór het eerste gebruik van de analysator en na groot onderhoud.

1.9.1. *Storingscontrole van de CO-analysator*

Water en CO<sub>2</sub> kunnen de prestaties van de CO-analysator verstoren. Derhalve wordt een CO<sub>2</sub>-ijkgas met een concentratie van 80 tot 100 % van de volle schaal in het maximumwerkgebied dat bij de beproeving wordt gebruikt, door water op kamertemperatuur geleid en de responsie van de analysator wordt genoteerd. De analysatorresponsie mag niet meer dan 1 % van het volledige schaalbereik bedragen voor gebieden die groter dan of gelijk aan 300 ppm zijn en niet meer dan 3 ppm voor gebieden beneden 300 ppm.

1.9.2. *Dempingscontrole van de NO<sub>x</sub>-analysator*

De betrokken twee gassen voor CLD- (en HCLD-)analysators zijn CO en waterdamp. Dempingsresponsies van deze gassen zijn evenredig met de concentratie. Er zijn derhalve testtechnieken nodig om de demping bij de verwachte hoogste concentraties tijdens de test te bepalen.

1.9.2.1. *Dempingscontrole voor CO<sub>2</sub>*

Een CO<sub>2</sub>-ijkgas met een concentratie van 80 tot 100 % van de volle schaal van het maximumwerkgebied moet door de NDIR-analysator worden gevoerd en de CO<sub>2</sub>-waarde moet worden vastgesteld als A. Vervolgens wordt het gas verdund met 50 % NO-ijkgas en door de NDIR en de (H)CLD gevoerd waarbij de CO<sub>2</sub>- en NO-waarden worden genoteerd als B en C. De CO<sub>2</sub>-toevoer wordt afgesloten en slechts het NO-ijkgas loopt door de (H)CLD. De NO-waarde wordt als D genoteerd.

De demping, die niet groter dan 3 % van het volledige schaalbereik mag zijn, wordt als volgt berekend:

$$\% \text{ Demping} = \left[ 1 - \left( \frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100$$

waarin:

A = de onverdunde CO<sub>2</sub>-concentratie gemeten met NDIR, %

B = de verdunde CO<sub>2</sub>-concentratie gemeten met NDIR, %

C = de verdunde NO-concentratie gemeten met (H)CLD, ppm

D = de onverdunde NO-concentratie gemeten met (H)CLD, ppm

Alternatieve methoden voor het verdunnen en bepalen van de CO<sub>2</sub>- en NO-ijkgaswaarden zoals „dynamic mixing/blending” kunnen worden gebruikt.

#### 1.9.2.2. Controle van de waterdampverzadigingsdruk

Deze controle is uitsluitend van toepassing op de meting van natte-gasconcentraties: Voor de berekening van de waterdampverzadigingsdruk moet het NO-ijkgas met waterdamp worden verdund en moet de waterdampconcentratie van het mengsel stapsgewijs worden gebracht op de waarde die tijdens de test wordt verwacht.

Een NO-ijkgas met een concentratie van 80 tot 100 % van de volle schaal in het normale werkgebied moet door de (H)CLD worden gevoerd en de NO-waarde moet als D worden genoteerd. Het NO-gas moet bij kamertemperatuur door het water borrelen en door de (H)CLD worden gevoerd waarbij de NO-waarde als C wordt genoteerd. De absolute werkdruk van het analyseapparaat en de watertemperatuur moeten worden bepaald en worden genoteerd als respectievelijk E en F. De verzadigde dampdruk van het mengsel bij de watertemperatuur van de bubbler (F) moet worden vastgesteld en als G worden genoteerd. De waterdampconcentratie van het mengsel (H, in %) moet op de volgende wijze worden berekend:

$$H = 100 \times (G/E)$$

De verwachte verdunde NO-ijkgasconcentratie (in waterdamp) moet als volgt worden berekend:

$$D_e = D \times (1 - H/100)$$

en als D<sub>e</sub> worden opgetekend.

Voor dieseluitlaatgas moet de maximumwaterdampconcentratie in het uitlaatgas (H<sub>m</sub>, in %) worden geraamd die tijdens de test wordt verwacht, waarbij wordt verondersteld dat de atoomverhouding H/C in de brandstof 1,8:1 bedraagt, op basis van de verdunde CO<sub>2</sub>-ijkgasconcentratie (A, gemeten overeenkomstig punt 1.9.2.1) en wel als volgt:

$$H_m = 0,9 \times A$$

De waterdampverzadigingsdruk, die niet meer dan 3 % mag zijn, wordt als volgt berekend:

$$\% \text{ H}_2\text{O verzadigd} = 100 \times ((D_e - C)/D_e) \times (H_m/H)$$

waarin:

D<sub>e</sub> = de verwachte verdunde NO-concentratie, ppm

C = de verdunde NO-concentratie, ppm

H<sub>m</sub> = de maximumwaterdampconcentratie, %

H = de werkelijke waterdampconcentratie, %

*Opmerking:* Het is van belang dat de NO<sub>2</sub>-concentratie in het NO-ijkgas voor het meetbereik bij deze controle minimaal is, aangezien er bij de berekening van de demping geen rekening is gehouden met de absorptie van NO<sub>2</sub> in water.

#### 1.10. Kalibratiefrequentie

De analyseapparatuur moet ten minste om de drie maanden overeenkomstig punt 1.5 worden gekalibreerd of wanneer het systeem wordt gerepareerd of een verandering wordt aangebracht die van invloed is op de kalibratie.

## 2. KALIBRATIE VAN HET CVS-SYSTEEM

## 2.1. Algemeen

Bij de kalibratie van het CVS wordt gebruikgemaakt van een nauwkeurige debietmeter en een instelbare restrictie. De stroom in het systeem wordt bij verschillende drukken gemeten, en tevens worden de afstelingsparameters van het systeem gemeten en aan de gasstromen gerelateerd.

Er mogen verschillende typen debietmeters worden gebruikt, bijvoorbeeld een gekalibreerde venturibus, een laminaire stromingsmeter of een gekalibreerde turbulente stromingsmeter.

## 2.2. Kalibratie van de verdringerpomp (PDP)

Alle parameters die betrekking hebben op de pomp worden gelijktijdig met de parameters die verband houden met de debietmeter, die in serie is geschakeld met de pomp, gemeten. Vervolgens kan de kromme van het berekende debiet (uitgedrukt in  $\text{m}^3/\text{min}$ , bij de inlaat van de pomp, bij absolute druk en temperatuur) worden uitgezet, tegen een correlatiefunctie die overeenkomt met een gegeven combinatie van voor de pomp geldende parameters. Vervolgens wordt de lineaire vergelijking bepaald die de verhouding tussen het pompdebiet en de correlatiefunctie uitdrukt. Indien de pomp van het CVS meer dan één pompsnelheid heeft, moet voor iedere gebruikte snelheid een kalibratie worden verricht.

## 2.2.1. Gegevensanalyse

De luchtstroom ( $Q_s$ ) bij elke restrictiestand (ten minste 6 standen) wordt berekend in  $\text{m}^3/\text{min}$ , aan de hand van de meetwaarden van de debietmeter volgens de door de fabrikant voorgeschreven methode. De luchtstroming wordt vervolgens omgezet in pompdebiet  $V_0$ , weergegeven in  $\text{m}^3$  per omwenteling bij absolute temperatuur en druk bij de inlaat van de pomp:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{p_A}$$

waarin:

$Q_s$  = luchtstroming bij standaardomstandigheden (101,3 kPa, 273 K),  $\text{m}^3/\text{s}$

T = temperatuur bij de inlaat van de pomp, K

$p_A$  = absolute druk bij de inlaat van de pomp ( $p_B - p_1$ ), kPa

n = toerental van de pomp,  $\text{min}^{-1}$

Ter compensatie van de wisselwerking tussen de drukvariaties van de pomp en de pompslip wordt de correlatiefunctie ( $X_0$ ) tussen het toerental van de pomp (n), het drukverschil tussen inlaat en uitlaat van de pomp en de absolute druk bij de uitlaat van de pomp berekend met de volgende formule:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_A}}$$

waarin:

$\Delta p_p$  = drukverschil tussen inlaat en uitlaat van de pomp, kPa

$p_A$  = absolute druk bij de uitlaat van de pomp, kPa

Ter verkrijging van de kalibratievergelijkingen met de onderstaande formule wordt een lineaire aanpassing met de kleinste kwadraten uitgevoerd:

$$V_0 = D_0 - m \times (X_0)$$

$D_0$  en  $m$  zijn de constanten voor de helling en ordinaat die de regressielijnen beschrijven.

Indien het CVS verschillende bedrijfssnelheden heeft, moet voor iedere snelheid een kalibratie worden verricht. De voor deze snelheden verkregen kalibratiekrommen moeten zo goed als evenwijdig zijn en de ordinaatwaarden bij de oorsprong  $D_0$  moeten toenemen indien het debietbereik van de pomp afneemt.

De met behulp van de vergelijking berekende waarden moeten binnen  $\pm 0,5\%$  van de gemeten waarden van  $V_0$  liggen. De waarden van  $m$  variëren per pomp. De instroming van deeltjes zal ertoe leiden dat de pomp slip na enige tijd zal verminderen, hetgeen tot lagere waarden voor  $m$  leidt. De kalibratie moet daarom worden uitgevoerd bij het in bedrijf stellen van de pomp, na iedere belangrijke onderhoudsbeurt en wanneer bij een algemene controle van het systeem (zie punt 2.4) een wijziging van de slip wordt vastgesteld.

### 2.3. Kalibratie van de venturibus met kritische stroming (CFV)

De kalibratie van de CFV is gebaseerd op de debietvergelijking voor een venturibus met kritische stroming. De gasstroom is een functie van de inlaatdruk en -temperatuur, zoals hieronder aangegeven:

$$Q_s = K_v \times \frac{P_A}{\sqrt{T}}$$

waarin:

$K_v$  = kalibratiecoëfficiënt

$P_A$  = absolute druk bij de inlaat van de venturibus, kPa

$T$  = absolute temperatuur bij de inlaat van de venturibus, K

#### 2.3.1. Gegevensanalyse

De luchtstroom ( $Q_s$ ) op elke restrictiestand (ten minste 8 standen) wordt berekend in standaard  $m^3/min$ . aan de hand van de meetwaarden van de debietmeter volgens de door de fabrikant voorgeschreven methode. De waarden van de kalibratiecoëfficiënt voor elk meetpunt worden berekend met behulp van onderstaande formule:

$$K_v = Q_s \times \frac{\sqrt{T}}{P_A}$$

waarin:

$Q_s$  = het debiet bij standaardomstandigheden (101,3 kPa, 273 K),  $m^3/s$

$T$  = de temperatuur bij de inlaat van de venturibus, K

$P_A$  = absolute druk bij de inlaat van de venturibus, kPa

Een kromme van  $KV$  wordt uitgezet als functie van de druk bij de inlaat van de venturibus. Bij een kritische stroming (gesmoord) heeft  $KV$  een betrekkelijk constante waarde. Wanneer de druk afneemt (dat wil zeggen wanneer de onderdruk toeneemt), komt de venturibus vrij en neemt  $KV$  af, hetgeen aangeeft dat de CFV buiten het toelaatbare gebied werkt.

Voor een minimumaantal van 8 metingen in het kritische gebied worden de gemiddelde  $KV$  en de standaarddeviatie berekend. De standaarddeviatie mag niet meer dan  $\pm 0,3\%$  van de gemiddelde  $KV$  bedragen.

### 2.4. Algemene controle van het systeem

De totale nauwkeurigheid van de CVS-bemonsterings- en analyseapparatuur wordt bepaald door een bekende massa verontreinigd gas in het systeem te brengen terwijl dit werkt zoals bij een normale proef. Vervolgens wordt de analyse uitgevoerd en wordt de massa verontreinigend gas berekend aan de hand van de formules van bijlage III, aanhangsel 2, punt 4.3, behalve voor propaan waarvoor een factor van 0,000472 wordt gebruikt in de plaats van 0,000479 voor HC. Daarbij wordt een van de twee volgende technieken gebruikt.

#### 2.4.1. Meting met behulp van een opening met kritische stroming

In het CVS-systeem wordt via een opening met gekalibreerde kritische stroming een bekende hoeveelheid zuiver gas (koolmonoxide of propaan) gebracht. Indien de inlaatdruk voldoende hoog is, is de door de opening geregelde stroom onafhankelijk van de uitlaatdruk van de opening (kritische stromingsomstandigheden). Men laat het CVS-systeem gedurende vijf tot tien minuten werken zoals bij een meetproef met uitlaatgassen. Een gasmonster wordt vervolgens met de normale apparatuur (bemonsteringszak of integratiemethode) geanalyseerd en de massa van het gas wordt berekend. De aldus bepaalde massa mag niet meer dan 3% van de bekende massa van het gas afwijken.

- 2.4.2. *Meting met hulp van een gravimetrische methode*
- Men bepaalt de massa van een kleine met koolmonoxide of propaan gevulde fles met een nauwkeurigheid van  $\pm 0,01$  gram. Gedurende 5 tot 10 minuten laat men het CVS-systeem werken zoals bij een normale meetproef voor uitlaatgassen, terwijl in het systeem CO of propaan wordt gespoten. De in de apparatuur gebrachte hoeveelheid zuiver gas wordt bepaald door het massaverschil van de fles te meten. Een gasmonster wordt vervolgens met de normale apparatuur (bemonsteringszak of integratiemethode) geanalyseerd en de massa van het gas wordt berekend. De aldus bepaalde massa mag niet meer dan 3 % van de bekende massa van het gas afwijken.
3. KALIBRATIE VAN HET DEELTJESMEETSYSTEEM
- 3.1. **Inleiding**
- Elk onderdeel moet zo vaak als nodig worden gekalibreerd om aan de nauwkeurigheidsvoorschriften van deze richtlijn te voldoen. De toe te passen methode wordt in dit punt beschreven voor de in bijlage III, aanhangsel 4, punt 4 en bijlage V, punt 2, bedoelde onderdelen.
- 3.2. **Stroommeting**
- De kalibratie van de gasstroommeters of van de stroommeetinstrumenten moet gebaseerd zijn op een nationale en/of internationale norm. De maximumfout in de meetwaarde mag maximaal  $\pm 2$  % van de aflezing bedragen.
- Indien de gasstroom wordt bepaald door een differentiaalstroommeting, moet de maximumfout in het verschil zodanig zijn dat de nauwkeurigheid van GEDF binnen  $\pm 4$  % ligt (zie ook bijlage V, punt 2.2.1, uitlaatgasanalysator EGA). Deze kan afzonderlijk worden berekend door het bepalen van de RMS van de fouten van elk instrument.
- 3.3. **Controle van de partiële-stroomtoestanden**
- Het bereik van de uitlaatgassnelheid en de drukschommelingen moeten worden gecontroleerd en worden afgesteld overeenkomstig de voorschriften van bijlage V, punt 2.2.1, EP, indien van toepassing.
- 3.4. **Kalibratiefrequentie**
- De stroommeetapparatuur moet minstens om de drie maanden worden gekalibreerd of wanneer een wijziging aan het systeem wordt aangebracht die op de kalibratie van invloed is.
4. KALIBRATIE VAN DE OPACITEITSMEETAPPARATUUR
- 4.1. **Inleiding**
- De opaciteitsmeter moet zo vaak als nodig worden gekalibreerd om aan de nauwkeurigheidsvoorschriften van deze richtlijn te voldoen. De toe te passen methode wordt in dit punt beschreven voor de in bijlage III, aanhangsel 4, punt 5 en bijlage V, punt 3 bedoelde onderdelen.
- 4.2. **Kalibratieprocedure**
- 4.2.1. *Opwarmtijd*
- De opaciteitsmeter wordt opgewarmd en gestabiliseerd overeenkomstig de aanbevelingen van de fabrikant. Indien de opaciteitsmeter met een luchtspoelsysteem is uitgerust om het beroeten van de optische elementen van het instrument te voorkomen, moet dit systeem eveneens worden geactiveerd en afgesteld volgens de aanbevelingen van de fabrikant.
- 4.2.2. *Controle van de lineariteit*
- De lineariteit van de opaciteitsmeter wordt gecontroleerd in de opaciteitsstand volgens de aanbevelingen van de fabrikant. Drie neutrale-opaciteitsfilters met bekende transmissiecoëfficiënten, die voldoen aan de voorschriften van bijlage III, aanhangsel 4, punt 5.2.5, worden in de opaciteitsmeter geplaatst en de waarde wordt opgetekend. De grijsfilters hebben een nominale opaciteit van ongeveer 10 %, 20 % en 40 %.
- De lineariteit mag niet meer dan  $\pm 2$  % opaciteit afwijken van de nominale waarde van het neutrale-opaciteitsfilter. Niet-lineariteit die deze waarde overschrijdt moet worden gecorrigeerd alvorens met de test wordt gestart.
- 4.3. **Kalibratiefrequentie**
- De opaciteitsmeter moet ten minste om de drie maanden overeenkomstig punt 4.2.2 worden gekalibreerd of wanneer een wijziging aan het systeem wordt aangebracht die op de kalibratie van invloed is.