

II

(Niet-wetgevingshandelingen)

VERORDENINGEN

VERORDENING (EU) 2016/646 VAN DE COMMISSIE

van 20 april 2016

tot wijziging van Verordening (EG) nr. 692/2008 wat de emissies van lichte personen- en bedrijfsvoertuigen (Euro 6) betreft**(Voor de EER relevante tekst)**

DE EUROPESE COMMISSIE,

Gezien het Verdrag betreffende de werking van de Europese Unie,

Gezien Verordening (EG) nr. 715/2007 van het Europees Parlement en de Raad van 20 juni 2007 betreffende de typegoedkeuring van motorvoertuigen met betrekking tot emissies van lichte personen- en bedrijfsvoertuigen (Euro 5 en Euro 6) en de toegang tot reparatie- en onderhoudsinformatie ⁽¹⁾, en met name artikel 5, lid 3,

Overwegende hetgeen volgt:

- (1) Verordening (EG) nr. 715/2007 is een van de bijzondere regelgevingshandelingen in het kader van de typegoedkeuringsprocedure die is vastgesteld bij Richtlijn 2007/46/EG van het Europees Parlement en de Raad ⁽²⁾.
- (2) Bij Verordening (EG) nr. 715/2007 worden bepaalde emissiegrenswaarden opgelegd voor nieuwe lichte voertuigen en aanvullende voorschriften vastgesteld inzake de toegang tot informatie. De specifieke technische bepalingen die nodig zijn om die verordening ten uitvoer te leggen, zijn bij Verordening (EG) nr. 692/2008 van de Commissie ⁽³⁾ vastgesteld.
- (3) De Commissie heeft in dit verband op basis van eigen onderzoek en externe gegevens een uitvoerige analyse uitgevoerd van de in Verordening (EG) nr. 692/2008 vastgestelde procedures, tests en voorschriften voor de typegoedkeuring, waarbij zij heeft vastgesteld dat de emissies van Euro 5/6-voertuigen in reële rijomstandigheden op de weg aanzienlijk hoger zijn dan de emissies die worden gemeten tijdens de voorgeschreven nieuwe Europese rijcyclus (New European Driving Cycle — NEDC), vooral wat de NO_x-emissies van dieselveertuigen betreft.
- (4) De emissievoorschriften voor typegoedkeuring van motorvoertuigen zijn geleidelijk doch aanzienlijk aangescherpt door de invoering en de daaropvolgende herziening van de Euro-normen. De emissies van voertuigen zijn in het algemeen al aanzienlijk verminderd wat de gehele reeks gereguleerde verontreinigende stoffen betreft, maar dat gold niet voor de NO_x-emissies van dieselmotoren, vooral wat betreft lichte voertuigen. Daarom zijn maatregelen nodig om deze situatie te verbeteren.
- (5) „Manipulatie-instrumenten”, zoals gedefinieerd in artikel 3, punt 10, van Verordening (EG) nr. 715/2007, die het emissiebeperkingsniveau verlagen, zijn verboden. Recente gebeurtenissen hebben aangetoond dat op dit punt een scherpere handhaving nodig is. Daarom is het passend een beter toezicht op de ten tijde van de typegoedkeuring

⁽¹⁾ PB L 171 van 29.6.2007, blz. 1.

⁽²⁾ Richtlijn 2007/46/EG van het Europees Parlement en de Raad van 5 september 2007 tot vaststelling van een kader voor de goedkeuring van motorvoertuigen en aanhangwagens daarvan en van systemen, onderdelen en technische eenheden die voor dergelijke voertuigen zijn bestemd (kaderrichtlijn) (PB L 263 van 9.10.2007, blz. 1).

⁽³⁾ Verordening (EG) nr. 692/2008 van de Commissie van 18 juli 2008 tot uitvoering en wijziging van Verordening (EG) nr. 715/2007 van het Europees Parlement en de Raad betreffende de typegoedkeuring van motorvoertuigen met betrekking tot emissies van lichte personen- en bedrijfsvoertuigen (Euro 5 en Euro 6) en de toegang tot reparatie- en onderhoudsinformatie (PB L 199 van 28.7.2008, blz. 1).

door de fabrikant toegepaste emissiebeperkingsstrategie te vereisen, volgens de beginselen die uit hoofde van de Euro VI-verordening (Verordening (EG) nr. 595/2009) en de uitvoeringsbepalingen daarvan reeds op zware voertuigen worden toegepast.

- (6) De aanpak van de problematische NO_x-emissies van dieselloertuigen moet bijdragen aan een afname van de huidige aanhoudend hoge niveaus van NO₂-concentraties in de lucht, die een grote bron van zorg voor de menselijke gezondheid zijn.
- (7) In januari 2011 heeft de Commissie een werkgroep ingesteld met deelname van alle geïnteresseerde belanghebbenden voor het ontwikkelen van een testprocedure voor emissies in reële rijomstandigheden (real driving emissions — RDE) die een beter beeld geeft van de emissies in reële rijomstandigheden op de weg. Daartoe is, na grondige technische besprekingen, gebruikgemaakt van de in Verordening (EG) nr. 715/2007 voorgestelde optie om draagbare emissiemeetsystemen (portable emission measurement systems — PEMS) en niet te overschrijden grenswaarden (not-to-exceed — NTE) te gebruiken.
- (8) Zoals met de belanghebbenden is overeengekomen in het CARS 2020-proces ⁽¹⁾, dienen de RDE-testprocedures in twee fasen te worden ingevoerd: tijdens een eerste overgangperiode dienen de testprocedures alleen te worden toegepast voor controledoeleinden, terwijl zij achteraf moeten worden toegepast in combinatie met bindende kwantitatieve RDE-voorschriften voor alle nieuwe typegoedkeuringen en nieuwe voertuigen.
- (9) De RDE-testprocedures zijn bij Verordening (EU) 2016/427 van de Commissie ⁽²⁾ ingevoerd. Het is nu nodig de kwantitatieve RDE-voorschriften vast te stellen om de uitlatemissies onder alle normale gebruiksomstandigheden te beperken overeenkomstig de emissiegrenswaarden die zijn vastgesteld in Verordening (EG) nr. 715/2007. Daartoe moeten de statistische en technische onzekerheden van de meetprocedures in aanmerking worden genomen.
- (10) Om de fabrikanten in staat te stellen zich geleidelijk aan de RDE-regels aan te passen, dienen de uiteindelijke kwantitatieve RDE-voorschriften te worden ingevoerd in twee opeenvolgende fasen. In de eerste fase, die van toepassing moet worden vanaf vier jaar na de data waarop toepassing van de Euro 6-normen verplicht wordt, moet een conformiteitsfactor van 2,1 worden toegepast. In de tweede fase, die één jaar en vier maanden na het begin van de eerste fase moet volgen, moet volledige naleving worden verlangd van de NO_x-emissiegrenswaarde van 80 mg/km, zoals vastgesteld in Verordening (EG) nr. 715/2007, plus een marge waarbij rekening wordt gehouden met de extra meetonzekerheden in verband met het gebruik van draagbare emissiemeetsystemen (PEMS).
- (11) Het is weliswaar van belang dat alle mogelijke rijsituaties potentieel door de RDE-tests worden bestreken, maar vermeden moet worden dat op partijdige wijze met de geteste voertuigen wordt gereden, d.w.z. dat een positief of juist negatief testresultaat wordt nagestreefd met behulp van extreme rijpatronen — en dus niet op basis van de technische prestaties van het voertuig. Daarom worden aanvullende grensomstandigheden voor RDE-tests ingevoerd teneinde dergelijke situaties te ondervangen.
- (12) Vanwege hun specifieke aard stemmen de rijomstandigheden tijdens individuele PEMS-ritten mogelijk niet volledig overeen met de „normale gebruiksomstandigheden van een voertuig”. De strengheid van de emissiebeperking tijdens dergelijke ritten kan bijgevolg variëren. Om die reden, en teneinde de statistische en technische onzekerheden van de meetprocedures in aanmerking te nemen, kan in de toekomst worden overwogen in de NTE-emissiegrenswaarden voor individuele PEMS-ritten de kenmerken van die ritten, beschreven door middel van een aantal meetbare parameters die bijvoorbeeld verband houden met het dynamisch rijgedrag of de belasting, mee te wegen. Als dat beginsel wordt toegepast, mag dit niet leiden tot afzwakking van het milieueffect en de doeltreffendheid van de RDE-testprocedures, die door middel van een collegiaal getoetste wetenschappelijke studie moeten worden aangetoond. Bovendien dienen voor de beoordeling van de strengheid van de emissiebeperking tijdens een PEMS-rit alleen parameters in aanmerking te worden genomen die op objectieve wetenschappelijke gronden kunnen worden gerechtvaardigd, en niet slechts om redenen die verband houden met de kalibratie van de motor, de systemen voor verontreinigingsbeheersing of de systemen voor emissiebeperking.
- (13) Ten slotte moet, met het oog op de noodzaak om de NO_x-emissies in het stadsverkeer te beperken, dringend worden overwogen het relatieve gewicht van de stads-, buitenweg- en snelwegcomponenten van de RDE-test aan te passen, om ervoor te zorgen dat in de praktijk een lage conformiteitsfactor kan worden bereikt; hierdoor wordt in het hierboven bedoelde derde RDE-regelgevingspakket een aanvullende grensomstandigheid met betrekking tot het dynamisch rijgedrag ingevoerd, boven welke de uitgebreide omstandigheden gelden met ingang van de invoeringsdata voor fase 1.

⁽¹⁾ Mededeling van de Commissie aan het Europees Parlement, de Raad, het Europees Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's CARS 2020: Actieplan voor een concurrerende en duurzame Europese automobiellndustrie (COM(2012) 636 final).

⁽²⁾ Verordening (EU) 2016/427 van de Commissie van 10 maart 2016 tot wijziging van Verordening (EG) nr. 692/2008 wat de emissies van lichte personen- en bedrijfsvoertuigen (Euro 6) betreft (PB L 82 van 31.3.2016, blz. 1).

- (14) De Commissie dient de bepalingen van de RDE-testprocedure regelmatig te beoordelen en ze aan te passen om rekening te houden met nieuwe voertuigtechnologieën en om hun doeltreffendheid te waarborgen. Ook dient de Commissie jaarlijks het geschikte niveau van de definitieve conformiteitsfactor te beoordelen in het licht van de technische vooruitgang. Met name dient zij de twee alternatieve methoden voor de beoordeling van PEMS-emissiegegevens die in bijlage IIIA, aanhangsels 5 en 6, bij Verordening (EG) nr. 692/2008 zijn opgenomen, te herzien met het oog op de ontwikkeling van één enkele methode.
- (15) Het is daarom passend Verordening (EG) nr. 692/2008 dienovereenkomstig te wijzigen.
- (16) De in deze verordening vervatte maatregelen zijn in overeenstemming met het advies van het technisch comité motorvoertuigen,

HEEFT DE VOLGENDE VERORDENING VASTGESTELD:

Artikel 1

Verordening (EG) nr. 692/2008 wordt als volgt gewijzigd:

- 1) In artikel 2 worden de volgende punten 43 en 44 toegevoegd:

- „43. „primaire emissiestrategie”: een emissiestrategie die over het hele toerental- en belastingsbereik van het voertuig actief is, tenzij een aanvullende emissiestrategie is geactiveerd;
44. „aanvullende emissiestrategie”: een emissiestrategie die naar aanleiding van een specifieke reeks omgevings- of bedrijfsomstandigheden actief wordt en een primaire emissiestrategie vervangt of wijzigt met een specifiek doelende, en alleen operationeel blijft zolang deze omstandigheden zich voordoen.”.

- 2) In artikel 3, lid 10, wordt de derde alinea vervangen door:

„Tot drie jaar na de in artikel 10, lid 4, van Verordening (EG) nr. 715/2007 genoemde data en tot vier jaar na in artikel 10, lid 5, van die verordening genoemde data gelden de volgende bepalingen:”.

- 3) Artikel 3, lid 10, onder a), wordt vervangen door:

„De voorschriften van punt 2.1 van bijlage IIIA zijn niet van toepassing.”.

- 4) In artikel 5 worden de volgende leden 11 en 12 toegevoegd:

„11. De fabrikant verstrekt tevens een uitgebreid documentatiepakket met daarin de volgende informatie:

- a) informatie over de werking van de primaire en aanvullende emissiestrategieën, waaronder een beschrijving van de parameters die door een aanvullende emissiestrategie worden gewijzigd en de grensomstandigheden waaronder de aanvullende emissiestrategie werkt, en een aanduiding welke emissiestrategieën bij de omstandigheden van de in deze verordening beschreven testprocedures waarschijnlijk actief zullen zijn;
- b) een beschrijving van de besturingslogica, de timingstrategieën en de schakelpunten van het brandstofsysteem in alle werkingsmodi.

12. Het uitgebreide documentatiepakket zoals bedoeld in lid 11 blijft strikt vertrouwelijk. Het kan door de goedkeuringsinstantie of, met het akkoord van de goedkeuringsinstantie, door de fabrikant worden bewaard. Indien de fabrikant het documentatiepakket bewaart, moet het, na controle en goedkeuring, door de goedkeuringsinstantie van een kenmerk worden voorzien en worden gedateerd. Het pakket moet bij de goedkeuring of op elk ogenblik tijdens de geldigheidsduur van de goedkeuring beschikbaar worden gesteld voor inspectie door de goedkeuringsinstantie.”.

- 5) Bijlage I, aanhangsel 6, wordt gewijzigd overeenkomstig bijlage I bij deze verordening.

- 6) Bijlage IIIA wordt gewijzigd overeenkomstig bijlage II bij deze verordening.

Artikel 2

Deze verordening treedt in werking op de twintigste dag na die van de bekendmaking ervan in het *Publicatieblad van de Europese Unie*.

Deze verordening is verbindend in al haar onderdelen en is rechtstreeks toepasselijk in elke lidstaat.

Gedaan te Brussel, 20 april 2016.

Voor de Commissie

De voorzitter

Jean-Claude JUNKER

BIJLAGE I

In bijlage I, aanhangsel 6, bij Verordening (EG) nr. 692/2008 wordt tabel 1 als volgt gewijzigd:

1) De rijen ZD, ZE en ZF worden vervangen door:

„ZD	Euro 6c	Euro 6-2	M, N ₁ klasse I	PI, CI		1.9.2018	31.8.2019
ZE	Euro 6c	Euro 6-2	N ₁ klasse II	PI, CI		1.9.2019	31.8.2020
ZF	Euro 6c	Euro 6-2	N ₁ klasse III, N ₂	PI, CI		1.9.2019	31.8.2020”

2) Na rij ZF worden de volgende rijen ingevoegd:

„ZG	Euro 6d-TEMP	Euro 6-2	M, N ₁ klasse I	PI, CI	1.9.2017	1.9.2019	31.12.2020
ZH	Euro 6d-TEMP	Euro 6-2	N ₁ klasse II	PI, CI	1.9.2018	1.9.2020	31.12.2021
ZI	Euro 6d-TEMP	Euro 6-2	N ₁ klasse III, N ₂	PI, CI	1.9.2018	1.9.2020	31.12.2021
ZJ	Euro 6d	Euro 6-2	M, N ₁ klasse I	PI, CI	1.1.2020	1.1.2021	
ZK	Euro 6d	Euro 6-2	N ₁ klasse II	PI, CI	1.1.2021	1.1.2022	
PLN	Euro 6d	Euro 6-2	N ₁ klasse III, N ₂	PI, CI	1.1.2021	1.1.2022”	

3) In de legenda bij de tabel worden na de alinea over de emissienorm „Euro 6b” de volgende alinea’s ingevoegd:

„emissienorm „Euro 6c” = alle Euro 6-emissievoorschriften, maar zonder kwantitatieve RDE-voorschriften, d.w.z. emissienorm Euro 6b, definitieve deeltjesaantalnormen voor PI-voertuigen, gebruik van de referentiebrandstof E10 en B7 (indien van toepassing) aan de hand van de voorgeschreven laboratoriumtestcyclus, en RDE-tests uitsluitend voor monitoringdoeleinden (geen toepassing van niet te overschrijden emissiegrenswaarden);

emissienorm „Euro 6d-TEMP” = alle Euro 6-emissievoorschriften, d.w.z. emissienorm Euro 6b, definitieve deeltjesaantalnormen voor PI-voertuigen, gebruik van de referentiebrandstof E10 en B7 (indien van toepassing) aan de hand van de voorgeschreven laboratoriumtestcyclus, en RDE-tests met tijdelijke conformiteitsfactoren;”.

4) In de legenda bij de tabel wordt de alinea over de emissienorm „Euro 6c” vervangen door:

„emissienorm „Euro 6d” = alle Euro 6-emissievoorschriften, d.w.z. emissienorm Euro 6b, definitieve deeltjesaantalnormen voor PI-voertuigen, gebruik van de referentiebrandstof E10 en B7 (indien van toepassing) aan de hand van de voorgeschreven laboratoriumtestcyclus, en RDE-tests met definitieve conformiteitsfactoren;”.

BIJLAGE II

Bijlage IIIA bij Verordening (EG) nr. 692/2008 wordt als volgt gewijzigd:

1) Punt 2.1 wordt vervangen door:

„2.1. Niet te overschrijden emissiegrenswaarden

Gedurende de normale levensduur van een voertuig waarvoor typegoedkeuring is verleend overeenkomstig Verordening (EG) nr. 715/2007, mogen de emissies ervan, zoals bepaald overeenkomstig de voorschriften van deze bijlage en uitgestoten bij elke mogelijke RDE-test die is uitgevoerd overeenkomstig de voorschriften van deze bijlage, niet meer bedragen dan de volgende niet te overschrijden (not-to-exceed — NTE) waarden:

$$NTE_{\text{pollutant}} = CF_{\text{pollutant}} \times TF(p_1, \dots, p_n) \times \text{EURO-6}$$

Daarbij is EURO-6 de in tabel 2 van bijlage I bij Verordening (EG) nr. 715/2007 vastgestelde toepasselijke Euro-6-emissiegrenswaarde.”.

2) De volgende punten 2.1.1, 2.1.2 en 2.1.3 worden ingevoegd:

„2.1.1. Definitieve conformiteitsfactoren

De conformiteitsfactor $CF_{\text{pollutant}}$ voor de desbetreffende verontreinigende stof wordt als volgt bepaald:

Verontreinigende stof	Massa stikstof-oxiden (NO _x)	Deeltjesaantal (PN)	Massa koolmonoxide (CO) ⁽¹⁾	Massa van het totaal aan koolwaterstoffen (THC)	Gecombineerde massa totale koolwaterstoffen en stikstofoxiden (THC + NO _x)
$CF_{\text{pollutant}}$	1 + <i>margin</i> met <i>margin</i> = 0,5	nog te bepalen	—	—	—

⁽¹⁾ De CO-emissies moeten worden gemeten en geregistreerd bij RDE-tests.

„*margin*” is een parameter die rekening houdt met de extra meetonzekerheden in verband met het gebruik van de PEMS-apparatuur, die jaarlijks worden geëvalueerd en die worden herzien naar aanleiding van kwaliteitsverbeteringen van de PEMS-procedure of de technische vooruitgang.

2.1.2. Tijdelijke conformiteitsfactoren

Bij wijze van uitzondering op het bepaalde in punt 2.1.1 kunnen gedurende een periode van vijf jaar en vier maanden na de in artikel 10, leden 4 en 5, van Verordening (EG) nr. 715/2007 gespecificeerde data en op verzoek van de fabrikant de volgende tijdelijke conformiteitsfactoren worden toegepast:

Verontreinigende stof	Massa stikstof-oxiden (NO _x)	Deeltjesaantal (PN)	Massa koolmonoxide (CO) ⁽¹⁾	Massa van het totaal aan koolwaterstoffen (THC)	Gecombineerde massa totale koolwaterstoffen en stikstofoxiden (THC + NO _x)
$CF_{\text{pollutant}}$	2,1	nog te bepalen	—	—	—

⁽¹⁾ De CO-emissies moeten worden gemeten en geregistreerd bij RDE-tests.

De toepassing van tijdelijke conformiteitsfactoren wordt vermeld op het certificaat van overeenstemming van het voertuig.

2.1.3. Overdrachtsfuncties

De in punt 2.1 bedoelde overdrachtsfunctie $TF(p_1, \dots, p_n)$ wordt vastgesteld op 1 voor de hele reeks parameters p_i ($i = 1, \dots, n$).

Indien de overdrachtsfunctie $TF(p_1, \dots, p_n)$ wordt gewijzigd, gebeurt dit op een wijze die de milieueffecten en de doeltreffendheid van de RDE-testprocedures niet nadelig beïnvloedt. Met name moet de volgende voorwaarde zijn vervuld:

$$\int TF(p_1, \dots, p_n) * Q(p_1, \dots, p_n) dp = \int Q(p_1, \dots, p_n) dp$$

waarbij

- dp de integraal over de gehele ruimte van de parameters p_i ($i = 1, \dots, n$) vertegenwoordigt
- $Q(p_1, \dots, p_n)$ de waarschijnlijkheidsdichtheid is van een gebeurtenis die overeenkomt met de parameters p_i ($i = 1, \dots, n$) bij reële rijomstandigheden.”.

3) Het volgende punt 3.1.0 wordt ingevoegd:

„3.1.0. Aan de voorschriften van punt 2.1 moet worden voldaan voor de stadscyclus en de volledige PEMS-rit. Naar keuze van de fabrikant moet aan de voorwaarden van ten minste een van de twee onderstaande punten wordt voldaan:

3.1.0.1. $M_{gas,d,t} \leq NTE_{pollutant}$ en $M_{gas,d,u} \leq NTE_{pollutant}$ waarbij de definities van punt 2.1 van deze bijlage en de punten 6.1 en 6.3 van aanhangsel 5 en de instelling $gas = pollutant$ van toepassing zijn.

3.1.0.2. $M_{w,gas,d} \leq NTE_{pollutant}$ en $M_{w,gas,d,U} \leq NTE_{pollutant}$ waarbij de definities van punt 2.1 van deze bijlage en punt 3.9 van aanhangsel 6 en de instelling $gas = pollutant$ van toepassing zijn.”.

4) Punt 5.3 wordt geschrapt.

5) Punt 5.4 wordt vervangen door:

„5.4. Dynamische omstandigheden

De dynamische omstandigheden omvatten de werking van de weghelling, tegenwind en het dynamisch rijgedrag (acceleraties, vertragingen) en ondersteunende systemen op het energieverbruik en de emissies van het testvoertuig. De normaliteit van de dynamische omstandigheden wordt gecontroleerd nadat de test is voltooid, met gebruikmaking van geregistreerde PEMS-gegevens. Deze controle wordt in twee stappen uitgevoerd:

5.4.1. het totale overschot of tekort aan dynamisch rijgedrag tijdens de rit wordt gecontroleerd met behulp van de in aanhangsel 7A beschreven methoden;

5.4.2. indien de resultaten van de rit op grond van de controles van punt 5.4.1 als geldig worden aangemerkt, worden de in de aanhangsels 5 en 6 vastgelegde methoden toegepast om de normaliteit van de dynamische omstandigheden te toetsen. Elke methode omvat een referentie voor dynamische omstandigheden, bandbreedtes rond de referentie en de vereiste minimumdekking om tot een geldige test te komen.”.

6) Punt 6.8 wordt vervangen door:

„6.8. De gemiddelde snelheid (inclusief perioden van stilstand) van de rit in de stadscyclus moet tussen 15 en 40 km/h bedragen. De tijdsduur van de stadscyclus moet voor 6 tot 30 % bestaan uit perioden van stilstand, gedefinieerd als een voertuigsnelheid van minder dan 1 km/h. Een rit in de stadscyclus moet meerdere perioden van stilstand van ten minste tien seconden omvatten. Indien een periode van stilstand meer dan 180 s duurt, worden de emissies gedurende de 180 s na een dergelijke buitensporig lange periode van stilstand uitgesloten van de beoordeling.”.

7) In punt 6.11 wordt de volgende zin toegevoegd:

„Daarnaast moet het relatieve aantal overwonnen positieve hoogtemeters minder bedragen dan 1 200 m/100 km, vastgesteld overeenkomstig aanhangsel 7B.”.

8) Punt 9.5 wordt vervangen door:

„9.5. Als gedurende een bepaald tijdsinterval de omgevingsomstandigheden zijn uitgebreid in de zin van punt 5.2, worden de overeenkomstig aanhangsel 4 berekende emissies gedeeld door een waarde van 1,6 voordat wordt beoordeeld of zij voldoen aan de voorschriften van deze bijlage.”.

9) Aanhangsel 1 wordt als volgt gewijzigd:

a) in punt 3.4.6 wordt de volgende zin toegevoegd:

„Eventuele veiligheidsgelateerde verlichting van bevestigingen en toebehoren van PEMS-onderdelen buiten de cabine van het voertuig mag door de accu van het voertuig van energie worden voorzien.”;

b) in punt 4.5 wordt de volgende zin toegevoegd:

„Om het verloop van de analysator zo veel mogelijk te beperken, moet de nul- en ijkcalibratie van analysatoren worden verricht bij een omgevingstemperatuur die zo goed mogelijk overeenkomt met de temperatuur waaraan de testapparatuur tijdens de RDE-rit wordt blootgesteld.”.

10) In aanhangsel 2, punt 8, wordt voetnoot 2 bij tabel 4 vervangen door:

„⁽²⁾ Deze algemene eis is alleen van toepassing op de snelheidssensor; indien de voertuigsnellheid wordt gebruikt om parameters als de versnelling, het product van snelheid en positieve versnelling, of de relatieve positieve versnelling (relative positive acceleration — RPA) te bepalen, moet het snelheidssignaal een nauwkeurigheid van 0,1 % boven de 3 km/h en een bemonsteringsfrequentie van 1 Hz hebben. Aan dit nauwkeurigheidsvoor-schrift kan worden voldaan door gebruik te maken van het signaal van een sensor voor de draaisnellheid van de wielen.”.

11) In aanhangsel 6, punt 2, wordt de volgende definitie geschrapt:

„a_i Werkelijke versnelling in tijdstap i, indien niet anders bepaald in een vergelijking:

$$a_i = \frac{(v_{i+1} - v_i)}{3,6 \times (t_{i+1} - t_i)}, [m/s^2]”.$$

12) In aanhangsel 6, punt 2, worden de volgende definities ingevoegd:

„ $\overline{m}_{gas,U}$ Gewogen emissiewaarde van een uitlaatgascomponent „gas” voor de substeekproef van alle seconden i met $v_i < 60$ km/h [g/s]

$M_{w,gas,d,U}$ Gewogen emissies per afstand voor de uitlaatgascomponent „gas” voor de substeekproef van alle seconden i met $v_i < 60$ km/h [g/km]

$\overline{v}_U$ Gewogen voertuigsnellheid in wielvermogensklasse j [km/h]”.

13) In aanhangsel 6, punt 3.1, wordt de eerste alinea vervangen door:

„Het werkelijke wielvermogen $P_{r,i}$ is het totale vermogen om de luchtweerstand, de rolweerstand, de weghellingen, de longitudinale traagheid van het voertuig en de rotatietraagheid van de wielen te overwinnen.”.

14) In aanhangsel 6 wordt punt 3.2 vervangen door:

„3.2. Indeling van de voortschrijdende gemiddelden voor stad, buitenweg en snelweg

De standaardvermogensfrequenties worden gedefinieerd voor de stadscyclus en voor de gehele rit (zie punt 3.4) en de emissies worden afzonderlijk geëvalueerd voor de totale rit en voor het stadsgedeelte. De voortschrijdende 3-secondengemiddelden, berekend overeenkomstig punt 3.3, moeten daarom later worden toegewezen aan de rijomstandigheden in de stad en buiten de stad overeenkomstig het snelheidssignaal (v_i) van de werkelijke seconde i, zoals aangegeven in tabel 1-1.

Tabel 1-1

Snelheidsbandbreedtes voor de indeling van testgegevens in stad-, buitenweg- en snelwegcyclus bij de „power binning”-methode

	Stad	Buitenweg	Snelweg
v_i [km/h]	0 tot $\leq$ 60	> 60 tot $\leq$ 90	> 90”

15) In aanhangsel 6 wordt punt 3.9 vervangen door:

„3.9. Berekening van de gewogen emissiewaarde per afstand

De op tijd gebaseerde gewogen gemiddelden van de emissies in de test worden één maal voor de verzameling stadsritgegevens en één maal voor de totale gegevensreeks omgezet in op afstand gebaseerde emissies, en wel als volgt:

$$\text{voor de gehele rit: } M_{w, \text{gas}, d} = 1\,000 \cdot \frac{\bar{m}_{\text{gas}} \times 3\,600}{\bar{v}}$$

$$\text{voor het stadsgedeelte van de rit: } M_{w, \text{gas}, d, U} = 1\,000 \cdot \frac{\bar{m}_{\text{gas}, U} \times 3\,600}{\bar{v}_U}$$

Met deze formules worden de gewogen gemiddelden berekend voor de volgende verontreinigende stoffen, voor de gehele rit en voor het stadsgedeelte van de rit:

$M_{w, \text{NO}_x, d}$ gewogen NO_x -testresultaat in [mg/km]

$M_{w, \text{NO}_x, d, U}$ gewogen NO_x -testresultaat in [mg/km]

$M_{w, \text{CO}, d}$ gewogen CO-testresultaat in [mg/km]

$M_{w, \text{CO}, d, U}$ gewogen CO-testresultaat in [mg/km]”.

16) De volgende aanhangsels 7A en 7B worden ingevoegd:

„Aanhangsel 7A

Verificatie van de totale dynamiek van de rit

1. INLEIDING

In dit aanhangsel worden de procedures beschreven voor het verifiëren van de totale dynamiek van de rit, teneinde het totale overschot of gebrek aan dynamiek tijdens het rijden in het stads-, buitenweg- en snelweg-gedeelte te bepalen.

2. SYMBOLEN

RPA relatieve positieve versnelling (relative positive acceleration)

„versnellingsresolutie a_{res} ” minimale versnelling > 0, gemeten in [m/s²]

T4253H afvlakkende functie voor samengestelde gegevens

„positieve versnelling a_{pos} ” versnelling [m/s²] groter dan 0,1 m/s²

Index (i) verwijst naar de tijdstap

Index (j) verwijst naar de tijdstap van gegevensreeksen met positieve versnelling

Index (k) verwijst naar de categorie (t = totaal, u = stad, r = buitenweg, m = snelweg)

Δ	— verschil
$>$	— groter dan
$\geq$	— groter dan of gelijk aan
$\%$	— procent
$<$	— kleiner dan
$\leq$	— kleiner dan of gelijk aan
a	— versnelling [m/s^2]
a_i	— versnelling in tijdstap i [m/s^2]
a_{pos}	— positieve versnelling groter dan $0,1 \text{ m/s}^2$ [m/s^2]
$a_{\text{pos},i,k}$	— positieve versnelling groter dan $0,1 \text{ m/s}^2$ in tijdstap i, rekening houdend met de aandelen stad, buitenweg en snelweg [m/s^2]
a_{res}	— versnellingsresolutie [m/s^2]
d_i	— afgelegde afstand in tijdstap i [m]
$d_{i,k}$	— afgelegde afstand in tijdstap i, rekening houdend met de aandelen stad, buitenweg en snelweg [m]
M_k	— aantal steekproeven voor de aandelen stad, buitenweg en snelweg met een positieve versnelling groter dan $0,1 \text{ m/s}^2$
N_k	— totaal aantal steekproeven voor de aandelen stad, buitenweg en snelweg en de volledige rit
RPA_k	— relatieve positieve versnelling voor de aandelen stad, buitenweg en snelweg [m/s^2 of $\text{kWs}/(\text{kg} \times \text{km})$]
t_k	— duur van de aandelen stad, buitenweg en snelweg en de volledige rit [s]
v	— voertuigsnellheid [km/h]
v_i	— werkelijke voertuigsnellheid in tijdstap i [km/h]
$v_{i,k}$	— werkelijke voertuigsnellheid in tijdstap i, rekening houdend met de aandelen stad, buitenweg en snelweg [km/h]
$(v \cdot a)_i$	— werkelijke voertuigsnellheid per versnelling in tijdstap i [m^2/s^3 of W/kg]
$(v \cdot a_{\text{pos}})_{j,k}$	— werkelijke voertuigsnellheid per positieve versnelling groter dan $0,1 \text{ m/s}^2$ in tijdstap j, rekening houdend met de aandelen stad, buitenweg en snelweg [m^2/s^3 of W/kg]
$(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95]$	— 95e percentiel van het product van de voertuigsnellheid per positieve versnelling groter dan $0,1 \text{ m/s}^2$ voor de aandelen stad, buitenweg en snelweg [m^2/s^3 of W/kg]
$\bar{v}_k$	— gemiddelde voertuigsnellheid voor de aandelen stad, buitenweg en snelweg [km/h]

3. RITINDICATOREN

3.1. Berekeningen

3.1.1. Voorbewerking van gegevens

Dynamische parameters zoals versnelling, $v \cdot a_{\text{pos}}$ of RPA worden bepaald met een snelheidssignaal met een nauwkeurigheid van 0,1 % boven de 3 km/h en een bemonsteringsfrequentie van 1 Hz. Aan dit nauwkeurighedsvoorschrift wordt over het algemeen voldaan door signalen van de draaisnelheid van de wielen.

De snelheidskromme wordt gecontroleerd op foutieve of onwaarschijnlijke segmenten. De voertuigsnelheidskromme van dergelijke segmenten wordt gekenmerkt door getrapte, verspringende of terrasvormige krommen of ontbrekende waarden. Korte foutieve segmenten moeten worden gecorrigeerd, bijvoorbeeld door gegevensinterpolatie of benchmarking ten opzichte van een secundair snelheidssignaal. Korte ritten met foutieve segmenten kunnen in plaats daarvan eventueel ook worden uitgesloten van de verdere gegevensanalyse. Als tweede stap worden de versnellingswaarden in opklimmende volgorde gerangschikt om de versnellingsresolutie a_{res} = (minimale versnellingswaarde > 0) te bepalen.

Indien $a_{res} \leq 0,01 \text{ m/s}^2$, is de meting van de voertuigsnelheid nauwkeurig genoeg.

Indien $0,01 < a_{res} \leq r_{max} \text{ m/s}^2$, moet een afvlakking met behulp van een T4253-hanningfilter worden uitgevoerd.

Indien $a_{res} > r_{max} \text{ m/s}^2$, is de rit ongeldig.

Het T4253-hanningfilter voert de volgende berekeningen uit: De afvlakking begint met een glijdende mediaan van 4, die is gecentreerd rond een glijdende mediaan van 2. Vervolgens worden deze waarden opnieuw afgevlakt door toepassing van een glijdende mediaan van 5, een glijdende mediaan van 3, en hanning (glijdende gewogen gemiddelden). De restgetallen worden berekend door de afgevlakte reeks van de oorspronkelijke reeks af te trekken. Dit hele procedé wordt vervolgens herhaald op de berekende restgetallen. Ten slotte worden de afgevlakte restgetallen berekend door de tijdens de eerste toepassing van het procedé verkregen afgevlakte waarden af te trekken.

De juiste snelheidscurve vormt de basis voor verdere berekeningen en voor de indeling in klassen (binning), zoals beschreven in punt 3.1.2.

3.1.2. Berekening van afstand, versnelling en $v \cdot a$

De volgende berekeningen worden uitgevoerd over de hele op tijd gebaseerde snelheidscurve (resolutie 1 Hz) van seconde 1 tot seconde t_i (laatste seconde).

De toename van de afstand per steekproef wordt als volgt berekend:

$$d_i = v_i / 3,6, i = 1 \text{ tot en met } N_t$$

Daarbij is

d_i de afgelegde afstand in tijdstap i [m]

v_i de werkelijke voertuigsnelheid in tijdstap i [km/h]

N_t het totale aantal steekproeven

De versnelling wordt als volgt berekend:

$$a_i = (v_{i+1} - v_{i-1}) / (2 \cdot 3,6), i = 1 \text{ tot en met } N_t$$

Daarbij is

a_i de versnelling in tijdstap i [m/s^2]. Voor $i = 1$: $v_{i-1} = 0$, voor $i = N_t$: $v_{i+1} = 0$.

Het product van de voertuigsnelheid per versnelling wordt als volgt berekend:

$$(v \cdot a)_i = v_i \cdot a_i / 3,6, i = 1 \text{ tot en met } N_t$$

Daarbij is

$(v \cdot a)_i$ het product van de werkelijke voertuigsnelheid per versnelling in tijdstap i [m^2/s^3 of W/kg].

3.1.3. Indeling in klassen (binning) van de resultaten

Na de berekening van a_i en $(v \cdot a)_i$, worden de waarden v_i , d_i , a_i en $(v \cdot a)_i$ in opklimmende volgorde van de voertuigsnelheid gerangschikt.

Alle gegevensreeksen met $v_i \leq 60 \text{ km/h}$ behoren tot de snelheidsklasse „stad”, alle gegevensreeksen met $60 \text{ km/h} < v_i \leq 90 \text{ km/h}$ behoren tot de snelheidsklasse „buitenweg” en alle gegevensreeksen $v_i > 90 \text{ km/h}$ met behoren tot de snelheidsklasse „autosnelweg”.

Het aantal gegevensreeksen met versnellingswaarden $a_i > 0,1 \text{ m/s}^2$ in elke snelheidsklasse moet groter zijn dan of gelijk zijn aan 150.

Voor elke snelheidsklasse wordt de gemiddelde voertuigsnelheid $\bar{v}_k$ als volgt berekend:

$$\bar{v}_k = \left(\sum_i v_{i,k} \right) / N_k, \quad i = 1 \text{ tot en met } N_k, k = u, r, m$$

Daarbij is

N_k het totale aantal steekproeven voor de aandelen stad, buitenweg en snelweg.

3.1.4. Berekening van $v \cdot a_{\text{pos}}[95]$ per snelheidsklasse

Het 95^e percentiel van de waarden $v \cdot a_{\text{pos}}$ wordt als volgt berekend:

De waarden $(v \cdot a)_{i,k}$ in elke snelheidsklasse worden in opklimmende volgorde gerangschikt voor alle gegevensreeksen met $a_{i,k} \geq 0,1 \text{ m/s}^2$ en het totale aantal van deze steekproeven M_k wordt bepaald.

Vervolgens worden als volgt percentielwaarden toegekend aan de waarden $(v \cdot a_{\text{pos}})_{j,k}$ met $a_{i,k} \geq 0,1 \text{ m/s}^2$:

De laagste waarde $v \cdot a_{\text{pos}}$ krijgt het percentiel $1/M_k$, de op een na laagste $2/M_k$, de op twee na laagste $3/M_k$ en de hoogste waarde $M_k/M_k = 100 \%$.

$(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95]$ is de waarde $(v \cdot a_{\text{pos}})_{j,k}$ met $j/M_k = 95 \%$. Indien niet aan $j/M_k = 95 \%$ kan worden voldaan, wordt $(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95]$ berekend met behulp van lineaire interpolatie tussen de opeenvolgende steekproeven j en $j + 1$ met $j/M_k < 95 \%$ en $(j + 1)/M_k > 95 \%$.

De relatieve positieve versnelling per snelheidsklasse wordt als volgt berekend:

$$RPA_k = \Sigma_j (\Delta t \cdot (v \cdot a_{\text{pos}})_{j,k}) / \Sigma_i d_{i,k}, \quad j = 1 \text{ tot en met } M_k, i = 1 \text{ tot en met } N_k, k = u, r, m$$

Daarbij is

RPA_k de relatieve positieve versnelling voor de aandelen stad, buitenweg en snelweg in $[\text{m/s}^2 \text{ of } \text{kWs}/(\text{kg} \cdot \text{km})]$

Δt tijdsverschil gelijk aan 1 seconde

M_k het aantal steekproeven voor de aandelen stad, buitenweg en snelweg met positieve versnelling

N_k het totale aantal steekproeven voor de aandelen stad, buitenweg en snelweg.

4. VERIFICATIE VAN DE GELDIGHEID VAN DE RIT

4.1.1. Verificatie van $v \cdot a_{\text{pos}}[95]$ per snelheidsklasse (met v in $[\text{km/h}]$)

Indien $\bar{v}_k \leq 74,6 \text{ km/h}$

en

$$(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95] > (0,136 \cdot \bar{v}_k + 14,44)$$

is de rit ongeldig.

Indien $\bar{v}_k > 74,6 \text{ km/h}$ en $(v \cdot a_{\text{pos}})_{k-}[95] > (0,0742 \cdot \bar{v}_k + 18,966)$, is de rit ongeldig.

4.1.2. Verificatie van RPA per snelheidsklasse

Indien $\bar{v}_k \leq 94,05 \text{ km/h}$ en $RPA_k < (-0,0016 \cdot \bar{v}_k + 0,1755)$, is de rit ongeldig.

Indien $\bar{v}_k > 94,05 \text{ km/h}$ en $RPA_k < 0,025$, is de rit ongeldig.

*Aanhangsel 7B***Procedure voor het bepalen van het aantal tijdens een rit overwonnen positieve hoogtemeters**

1. INLEIDING

In dit aanhangsel wordt de procedure beschreven om het aantal tijdens een RDE-rit overwonnen hoogtemeters te bepalen.

2. SYMBOLEN

$d(0)$	— afstand aan het begin van een rit [m]
d	— cumulatieve afgelegde afstand op het afzonderlijke routepunt in kwestie [m]
d_0	— cumulatieve afgelegde afstand tot en met de meting direct vóór het desbetreffende routepunt d [m]
d_1	— cumulatieve afgelegde afstand tot de meting direct na het desbetreffende routepunt d [m]
d_a	— referentieroutepunt op $d(0)$ [m]
d_e	— cumulatieve afgelegde afstand tot het laatste afzonderlijke routepunt [m]
d_i	— momentane afstand [m]
d_{tot}	— totale testafstand [m]
$h(0)$	— hoogtepositie van het voertuig na screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit aan het begin van een rit [m boven zeeniveau]
$h(t)$	— hoogtepositie van het voertuig na screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit op punt t [m boven zeeniveau]
$h(d)$	— hoogtepositie van het voertuig op het routepunt d [m boven zeeniveau]
$h(t-1)$	— hoogtepositie van het voertuig na screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit op punt $t-1$ [m boven zeeniveau]
$h_{\text{corr}}(0)$	— gecorrigeerde hoogtepositie van het voertuig direct vóór het desbetreffende routepunt d [m boven zeeniveau]
$h_{\text{corr}}(1)$	— gecorrigeerde hoogtepositie van het voertuig direct na het desbetreffende routepunt d [m boven zeeniveau]
$h_{\text{corr}}(t)$	— gecorrigeerde momentane hoogtepositie van het voertuig op gegevenspunt t [m boven zeeniveau]
$h_{\text{corr}}(t-1)$	— gecorrigeerde momentane hoogtepositie van het voertuig op gegevenspunt $t-1$ [m boven zeeniveau]
$h_{\text{GPS},i}$	— met behulp van gps gemeten momentane hoogtepositie van het voertuig [m boven zeeniveau]
$h_{\text{GPS}}(t)$	— met behulp van gps gemeten hoogtepositie van het voertuig op gegevenspunt t [m boven zeeniveau]
$h_{\text{int}}(d)$	— geïnterpoleerde hoogtepositie van het voertuig op het afzonderlijke routepunt in kwestie d [m boven zeeniveau]
$h_{\text{int,sm},1}(d)$	— afgevlakte geïnterpoleerde hoogtepositie, na de eerste afvlakingsstap, op het afzonderlijke routepunt in kwestie d [m boven zeeniveau]
$h_{\text{map}}(t)$	— met behulp van topografische kaart bepaalde hoogtepositie van het voertuig op gegevenspunt t [m boven zeeniveau]
Hz	— hertz
km/h	— kilometer per uur
m	— meter

$road_{grade,1}(d)$	— afgevlakte weghelling op het afzonderlijke routepunt in kwestie d na de eerste afvlakingsstap [m/m]
$road_{grade,2}(d)$	— afgevlakte weghelling op het afzonderlijke routepunt in kwestie d na de tweede afvlakingsstap [m/m]
$\sin$	— trigonometrische sinusfunctie
t	— verstreken tijd sinds het begin van de test [s]
t_0	— verstreken tijd bij de meting die zich direct vóór het desbetreffende routepunt d bevindt [s]
v_i	— momentane voertuigsnelheid [km/h]
$v(t)$	— voertuigsnelheid van gegevenspunt t [km/h]

3. ALGEMENE VOORSCHRIFTEN

Het aantal tijdens een RDE-rit overwonnen positieve hoogtemeters wordt bepaald aan de hand van drie parameters: de momentane hoogtepositie van het voertuig $h_{GPS,i}$ [m boven zeeniveau] zoals gemeten met behulp van de gps, de momentane voertuigsnelheid v_i [km/h] die bij een frequentie van 1 Hz is geregistreerd, en de overeenkomstige tijd t [s] die is verstreken sinds het begin van de test.

4. BEREKENING VAN DE OVERWONNEN HOOGTEMETERS

4.1. Algemeen

Het aantal tijdens een RDE-rit overwonnen positieve hoogtemeters wordt berekend met behulp van een procedure die bestaat uit drie stappen, te weten: i) de screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit, ii) de correctie van de gegevens over de momentane hoogtepositie van het voertuig en iii) de berekening van de overwonnen hoogtemeters.

4.2. Screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit

De gegevens over de momentane voertuigsnelheid worden gecontroleerd op volledigheid. Voor ontbrekende gegevens mag worden gecorrigeerd indien de lacunes binnen de in aanhangsel 4, punt 7, gespecificeerde vereisten blijven; in andere gevallen moeten de testresultaten ongeldig worden verklaard. De gegevens over de momentane hoogtepositie van het voertuig worden gecontroleerd op volledigheid. Lacunes in de gegevens moeten worden aangevuld door middel van gegevensinterpolatie. De juistheid van de geïnterpoleerde gegevens wordt geverifieerd met behulp van een topografische kaart. Het verdient aanbeveling geïnterpoleerde gegevens te corrigeren indien de volgende voorwaarde van toepassing is:

$$|h_{GPS}(t) - h_{map}(t)| > 40 \text{ m}$$

De hoogtecorrectie wordt zodanig toegepast dat:

$$h(t) = h_{map}(t)$$

Daarbij is

$h(t)$	— hoogtepositie van het voertuig na screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit op gegevenspunt t [m boven zeeniveau]
$h_{GPS}(t)$	— met behulp van gps gemeten hoogtepositie van het voertuig op gegevenspunt t [m boven zeeniveau]
$h_{map}(t)$	— met behulp van topografische kaart bepaalde hoogtepositie van het voertuig op gegevenspunt t [m boven zeeniveau]

4.3. Correctie van gegevens over de momentane hoogtepositie van het voertuig

De hoogtepositie $h(0)$ aan het begin van een rit bij $d(0)$ wordt met behulp van gps vastgesteld en de juistheid ervan wordt geverifieerd met behulp van een topografische kaart. De afwijking mag niet meer dan 40 m bedragen. Alle gegevens over de momentane hoogtepositie $h(t)$ moeten worden gecorrigeerd indien de volgende voorwaarde van toepassing is:

$$|h(t) - h(t-1)| > (v(t)/3,6 * \sin 45^\circ)$$

De hoogtecorrectie wordt zodanig toegepast dat:

$$h_{\text{corr}}(t) = h_{\text{corr}}(t-1)$$

Daarbij is

- $h(t)$ — hoogtepositie van het voertuig na screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit op gegevenspunt t [m boven zeeniveau]
- $h(t-1)$ — hoogtepositie van het voertuig na screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit op gegevenspunt $t-1$ [m boven zeeniveau]
- $v(t)$ — voertuigsnellheid van gegevenspunt t [km/h]
- $h_{\text{corr}}(t)$ — gecorrigeerde momentane hoogtepositie van het voertuig op gegevenspunt t [m boven zeeniveau]
- $h_{\text{corr}}(t-1)$ — gecorrigeerde momentane hoogtepositie van het voertuig op gegevenspunt $t-1$ [m boven zeeniveau]

Na afronding van de correctieprocedure wordt een geldige gegevensreeks over de hoogtepositie vastgesteld. Deze gegevensreeks wordt gebruikt voor de definitieve berekening van de overwonnen hoogtemeters zoals beschreven in punt 4.4.

4.4. Definitieve berekening van de overwonnen hoogtemeters

4.4.1. Vaststellen van een homogene ruimtelijke resolutie

De totale door een rit bestreken afstand d_{tot} [m] wordt bepaald als de som van de momentane afstanden d_i . De momentane afstand d_i wordt als volgt bepaald:

$$d_i = \frac{v_i}{3,6}$$

Daarbij is

- d_i — momentane afstand [m]
- v_i — momentane voertuigsnellheid [km/h]

De overwonnen hoogtemeters worden berekend op basis van gegevens met een constante ruimtelijke resolutie van 1 m, beginnend met de eerste meting aan het begin van een rit $d(0)$. De afzonderlijke gegevenspunten bij een resolutie van 1 m worden aangeduid als routepunten, die worden gekenmerkt door een specifieke afstandswaarde d (bv. 0, 1, 2, 3 m...) en hun overeenkomstige hoogtepositie $h(d)$ [m boven zeeniveau].

De hoogtepositie van elk afzonderlijk routepunt d wordt als volgt berekend door middel van interpolatie van de momentane hoogtepositie $h_{\text{corr}}(t)$:

$$h_{\text{int}}(d) = h_{\text{corr}}(0) + \frac{h_{\text{corr}}(1) - h_{\text{corr}}(0)}{d_1 - d_0} \cdot (d - d_0)$$

Daarbij is

- $h_{\text{int}}(d)$ — geïnterpoleerde hoogtepositie van het voertuig op het afzonderlijke routepunt in kwestie d [m boven zeeniveau]
- $h_{\text{corr}}(0)$ — gecorrigeerde hoogtepositie van het voertuig direct vóór het desbetreffende routepunt d [m boven zeeniveau]
- $h_{\text{corr}}(1)$ — gecorrigeerde hoogtepositie van het voertuig direct na het desbetreffende routepunt d [m boven zeeniveau]
- d — cumulatieve afgelegde afstand tot het afzonderlijke routepunt in kwestie d [m]

- d_0 — cumulatieve afgelegde afstand tot en met de meting die zich direct vóór het desbetreffende routepunt d bevindt [m]
- d_1 — cumulatieve afgelegde afstand tot en met de meting die zich direct na het desbetreffende routepunt d bevindt [m]

4.4.2. Aanvullende afvlakking van de gegevens

De voor elk afzonderlijk routepunt verkregen hoogtegegevens worden afgevlakt met behulp van een tweestapsprocedure; d_a en d_e staan respectievelijk voor het eerste en het laatste gegevenspunt (figuur 1). De eerste afvlakingsstap wordt als volgt uitgevoerd:

$$\begin{aligned} road_{grade,1}(d) &= \frac{h_{int}(d + 200\text{ m}) - h_{int}(d_a)}{(d + 200\text{ m})} \text{ voor } d \leq 200\text{ m} \\ road_{grade,1}(d) &= \frac{h_{int}(d + 200\text{ m}) - h_{int}(d - 200\text{ m})}{(d + 200\text{ m}) - (d - 200\text{ m})} \text{ voor } 200\text{ m} < d < (d_e - 200\text{ m}) \\ road_{grade,1}(d) &= \frac{h_{int}(d_e) - h_{int}(d - 200\text{ m})}{d_e - (d - 200\text{ m})} \text{ voor } d \geq (d_e - 200\text{ m}) \\ h_{int,sm,1}(d) &= h_{int,sm,1}(d - 1\text{ m}) + road_{grade,1}(d), \quad d = d_a + 1 \text{ tot en met } d_e \\ h_{int,sm,1}(d_a) &= h_{int}(d_a) + road_{grade,1}(d_a) \end{aligned}$$

Daarbij is

- $road_{grade,1}(d)$ — afgevlakte weghelling op het afzonderlijke routepunt in kwestie na de eerste afvlakingsstap [m/m]
- $h_{int}(d)$ — geïnterpoleerde hoogtepositie van het voertuig op het afzonderlijke routepunt in kwestie d [m boven zeeniveau]
- $h_{int,sm,1}(d)$ — afgevlakte geïnterpoleerde hoogtepositie, na de eerste afvlakingsstap, op het afzonderlijke routepunt in kwestie d [m boven zeeniveau]
- d — cumulatieve afgelegde afstand op het afzonderlijke routepunt in kwestie [m]
- d_a — referentieroutepunt op een afstand van nul meter [m]
- d_e — cumulatieve afgelegde afstand tot het laatste afzonderlijke routepunt [m]

De tweede afvlakingsstap wordt als volgt uitgevoerd:

$$\begin{aligned} road_{grade,2}(d) &= \frac{h_{int,sm,1}(d + 200\text{ m}) - h_{int,sm,1}(d_a)}{(d + 200\text{ m})} \text{ voor } d \leq 200\text{ m} \\ road_{grade,2}(d) &= \frac{h_{int,sm,1}(d + 200\text{ m}) - h_{int,sm,1}(d - 200\text{ m})}{(d + 200\text{ m}) - (d - 200\text{ m})} \text{ voor } 200\text{ m} < d < (d_e - 200\text{ m}) \\ road_{grade,2}(d) &= \frac{h_{int,sm,1}(d_e) - h_{int,sm,1}(d - 200\text{ m})}{d_e - (d - 200\text{ m})} \text{ voor } d \geq (d_e - 200\text{ m}) \end{aligned}$$

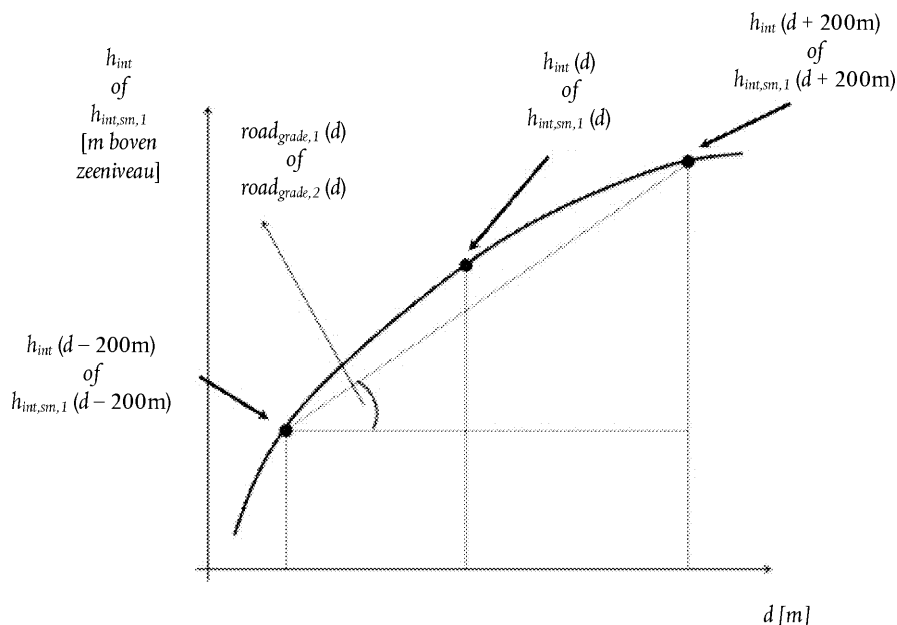
Daarbij is

- $road_{grade,2}(d)$ — afgevlakte weghelling op het afzonderlijke routepunt in kwestie na de tweede afvlakingsstap [m/m]
- $h_{int,sm,1}(d)$ — afgevlakte geïnterpoleerde hoogtepositie, na de eerste afvlakingsstap, op het afzonderlijke routepunt in kwestie d [m boven zeeniveau]

- d — cumulatieve afgelegde afstand op het afzonderlijke routepunt in kwestie [m]
- d_a — referentieroutepunt op een afstand van nul meter [m]
- d_e — cumulatieve afgelegde afstand tot het laatste afzonderlijke routepunt [m]

Figuur 1

Illustratie van de procedure voor het afvlakken van de geïnterpoleerde hoogtesignalen



4.4.3. Berekening van het eindresultaat

Het aantal tijdens een rit overwonnen positieve hoogtemeters wordt berekend door integreren van alle positieve geïnterpoleerde en afgevlakte weghellingen, d.w.z. $road_{grade,2}(d)$. Het resultaat moet worden genormaliseerd aan de hand van de totale testafstand d_{tot} en worden uitgedrukt in hoogtemeters per afstand van honderd kilometer.

5. CIJFERVOORBEELD

In de tabellen 1 en 2 worden de stappen getoond in de berekening van de overwonnen hoogtemeters op basis van gegevens die zijn geregistreerd tijdens een met PEMS uitgevoerde test op de weg. Korthedshalve wordt hier een fragment van 800 m en 160 s besproken.

5.1. Screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit

De screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit bestaat uit twee stappen. In de eerste plaats wordt de volledigheid van gegevens over de voertuigsnelheid gecontroleerd. In deze steekproef zijn met betrekking tot de voertuigsnelheid geen lacunes in de gegevens vastgesteld (zie tabel 1). In de tweede plaats worden de gegevens over de hoogtepositie gecontroleerd op volledigheid; in de steekproef ontbreken gegevens over de hoogtepositie voor seconde 2 en seconde 3. De lacunes worden opgevuld door het gps-signaal te interpoleren. Daarnaast wordt de hoogtepositie volgens gps geverifieerd met behulp van een topografische kaart; deze verificatie heeft ook betrekking op de hoogtepositie $h(0)$ aan het begin van de rit. De gegevens over de hoogtepositie voor seconde 112 tot en met 114 worden gecorrigeerd op basis van de topografische kaart, zodat aan de volgende voorwaarde wordt voldaan:

$$h_{GPS}(t) - h_{map}(t) < -40 \text{ m}$$

Als resultaat van de toegepaste gegevensverificatie worden de gegevens in de vijfde kolom $h(t)$ verkregen.

5.2. Correctie van gegevens over de momentane hoogtepositie van het voertuig

Als volgende stap worden de gegevens over de hoogtepositie $h(t)$ voor seconde 1 tot en met 4, 111 tot en met 112 en 159 tot en met 160 gecorrigeerd, uitgaande van de waarden voor de hoogtepositie voor respectievelijk seconde 0, 110 en 158, aangezien de volgende voorwaarde van toepassing is:

$$|h(t) - h(t-1)| > (v(t)/3,6 * \sin 45^\circ)$$

Als resultaat van de toegepaste gegevenscorrectie worden de gegevens in de zesde kolom $h_{\text{corr}}(t)$ verkregen. Het effect van de toegepaste verificatie- en correctiestappen op de gegevens over de hoogtepositie wordt weergegeven in figuur 2.

5.3. Berekening van de overwonnen hoogtemeters

5.3.1. Vaststellen van een homogene ruimtelijke resolutie

De momentane afstand d_i wordt berekend door de momentane voertuigsnellheid in km/h te delen door 3,6 (kolom 7 van tabel 1). Herberekening van de gegevens over de hoogtepositie om een homogene ruimtelijke resolutie van 1 m te verkrijgen, levert de afzonderlijke routepunten d (kolom 1 van tabel 2) en hun overeenkomstige waarden voor de hoogtepositie $h_{\text{int}}(d)$ (kolom 7 van tabel 2) op. De hoogtepositie van elk afzonderlijk routepunt d wordt als volgt berekend door middel van interpolatie van de gemeten momentane hoogtepositie h_{corr} :

$$h_{\text{int}}(0) = 120,3 + \frac{120,3 - 120,3}{0,1 - 0,0} \cdot (0 - 0) = 120,3000$$

$$h_{\text{int}}(520) = 132,5 + \frac{132,6 - 132,5}{523,6 - 519,9} \cdot (520 - 519,9) = 132,5027$$

5.3.2. Aanvullende afvlakking van de gegevens

In tabel 2 zijn de eerste en laatste afzonderlijke routepunten respectievelijk $d_a = 0$ m en $d_e = 799$ m. De hoogtegegevens van elk afzonderlijk routepunt worden afgevlakt met behulp van een tweestapsprocedure. De eerste afvlakkingsschaduw bestaat uit:

$$\text{road}_{\text{grade},1}(0) = \frac{h_{\text{int}}(200 \text{ m}) - h_{\text{int}}(0)}{(0 + 200 \text{ m})} = \frac{120,9682 - 120,3000}{200} = 0,0033$$

gekozen om de afvlakking te demonstreren voor $d \leq 200$ m

$$\text{road}_{\text{grade},1}(320) = \frac{h_{\text{int}}(520) - h_{\text{int}}(120)}{(520) - (120)} = \frac{132,5027 - 121,9808}{400} = 0,0288$$

gekozen om de afvlakking te demonstreren voor $200 \text{ m} < d < (599 \text{ m})$

$$\text{road}_{\text{grade},1}(720) = \frac{h_{\text{int}}(799) - h_{\text{int}}(520)}{799 - (520)} = \frac{121,2000 - 132,5027}{279} = -0,0405$$

gekozen om de afvlakking te demonstreren voor $d \geq (599 \text{ m})$

De afgevlakte en geïnterpoleerde hoogtepositie wordt als volgt berekend:

$$h_{\text{int},\text{sm},1}(0) = h_{\text{int}}(0) + \text{road}_{\text{grade},1}(0) = 120,3 + 0,0033 \approx 120,3033 \text{ m}$$

$$h_{\text{int},\text{sm},1}(799) = h_{\text{int},\text{sm},1}(798) + \text{road}_{\text{grade},1}(799) = 121,2550 - 0,0220 = 121,2330 \text{ m}$$

Tweede afvlakkingsschaduw:

$$\text{road}_{\text{grade},2}(0) = \frac{h_{\text{int},\text{sm},1}(200) - h_{\text{int},\text{sm},1}(0)}{(200)} = \frac{119,9618 - 120,3033}{(200)} = -0,0017$$

gekozen om de afvlakking te demonstreren voor $d \leq 200$ m

$$road_{grade,2}(320) = \frac{h_{int,sm,1}(520) - h_{int,sm,1}(120)}{(520) - (120)} = \frac{123,6809 - 120,1843}{400} = 0,0087$$

gekozen om de afvlakking te demonsteren voor $200 \text{ m} < d < (599)$

$$road_{grade,2}(720) = \frac{h_{int,sm,1}(799) - h_{int,sm,1}(520)}{799 - (520)} = \frac{121,2330 - 123,6809}{279} = -0,0088$$

gekozen om de afvlakking te demonsteren voor $d \geq (599 \text{ m})$

5.3.3. Berekening van het eindresultaat

Het aantal tijdens een rit overwonnen positieve hoogtemeters wordt berekend door integreren van alle positieve geïnterpoleerde en afgevlakte weghellingen, d.w.z. $road_{grade,2}(d)$. Voor dit voorbeeld bedroeg de totale afgelegde afstand $d_{tot} = 139,7 \text{ km}$ en bedroegen alle positieve geïnterpoleerde en afgevlakte weghellingen 516 m . Het aantal overwonnen positieve hoogtemeters bedroeg dus $516 \times 100/139,7 = 370 \text{ m}/100 \text{ km}$.

Tabel 1

Correctie van gegevens over de momentane hoogtepositie van het voertuig

Tijd t [s]	$v(t)$ [km/h]	$h_{GPS}(t)$ [m]	$h_{map}(t)$ [m]	$h(t)$ [m]	$h_{corr}(t)$ [m]	d_i [m]	Cum. d [m]
0	0,00	122,7	129,0	122,7	122,7	0,0	0,0
1	0,00	122,8	129,0	122,8	122,7	0,0	0,0
2	0,00	—	129,1	123,6	122,7	0,0	0,0
3	0,00	—	129,2	124,3	122,7	0,0	0,0
4	0,00	125,1	129,0	125,1	122,7	0,0	0,0
...	...	...	...	...	...	...	...
18	0,00	120,2	129,4	120,2	120,2	0,0	0,0
19	0,32	120,2	129,4	120,2	120,2	0,1	0,1
...	...	...	...	...	...	...	...
37	24,31	120,9	132,7	120,9	120,9	6,8	117,9
38	28,18	121,2	133,0	121,2	121,2	7,8	125,7
...	...	...	...	...	...	...	...
46	13,52	121,4	131,9	121,4	121,4	3,8	193,4
47	38,48	120,7	131,5	120,7	120,7	10,7	204,1
...	...	...	...	...	...	...	...
56	42,67	119,8	125,2	119,8	119,8	11,9	308,4
57	41,70	119,7	124,8	119,7	119,7	11,6	320,0
...	...	...	...	...	...	...	...
110	10,95	125,2	132,2	125,2	125,2	3,0	509,0
111	11,75	100,8	132,3	100,8	125,2	3,3	512,2

Tijd t [s]	$v(t)$ [km/h]	$h_{GPS}(t)$ [m]	$h_{map}(t)$ [m]	$h(t)$ [m]	$h_{corr}(t)$ [m]	d_i [m]	Cum. d [m]
112	13,52	0,0	132,4	132,4	125,2	3,8	516,0
113	14,01	0,0	132,5	132,5	132,5	3,9	519,9
114	13,36	24,30	132,6	132,6	132,6	3,7	523,6
...	...	...	...	...	...	...	
149	39,93	123,6	129,6	123,6	123,6	11,1	719,2
150	39,61	123,4	129,5	123,4	123,4	11,0	730,2
...	...	...	...	...	...	...	
157	14,81	121,3	126,1	121,3	121,3	4,1	792,1
158	14,19	121,2	126,2	121,2	121,2	3,9	796,1
159	10,00	128,5	126,1	128,5	121,2	2,8	798,8
160	4,10	130,6	126,0	130,6	121,2	1,2	800,0

— staat voor lacunes in de gegevens

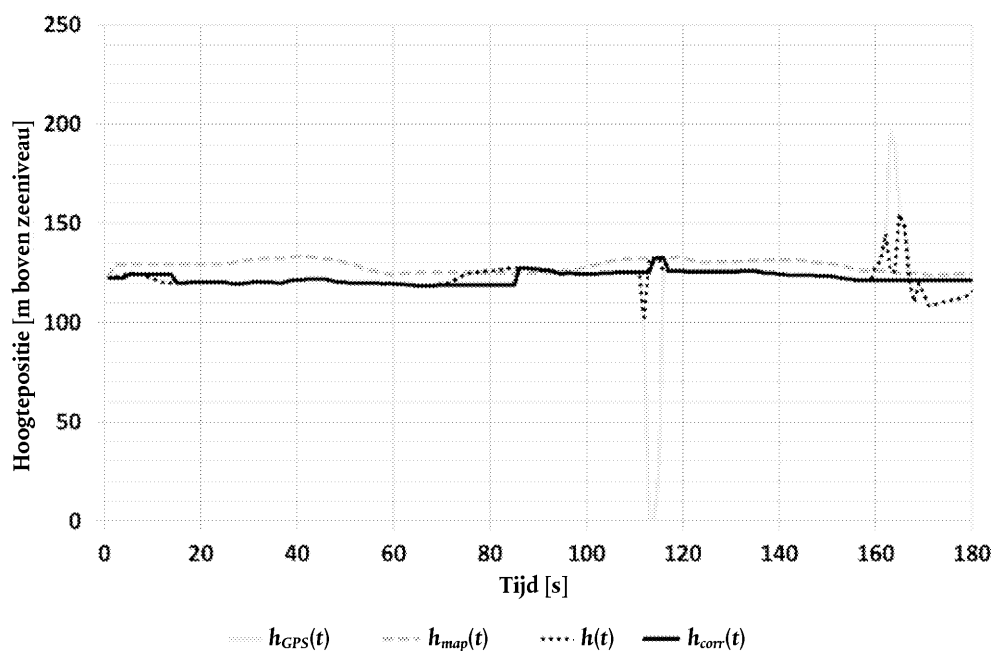
Tabel 2

Berekening van de weghelling

d [m]	t_0 [s]	d_0 [m]	d_i [m]	h_0 [m]	h_i [m]	$h_{int}(d)$ [m]	$road_{grade,1}(d)$ [m/m]	$h_{int,sm,1}(d)$ [m]	$road_{grade,2}(d)$ [m/m]
0	18	0,0	0,1	120,3	120,4	120,3	0,0035	120,3	– 0,0015
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
120	37	117,9	125,7	120,9	121,2	121,0	– 0,0019	120,2	0,0035
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200	46	193,4	204,1	121,4	120,7	121,0	– 0,0040	120,0	0,0051
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
320	56	308,4	320,0	119,8	119,7	119,7	0,0288	121,4	0,0088
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
520	113	519,9	523,6	132,5	132,6	132,5	0,0097	123,7	0,0037
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
720	149	719,2	730,2	123,6	123,4	123,6	– 0,0405	122,9	– 0,0086
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
798	158	796,1	798,8	121,2	121,2	121,2	– 0,0219	121,3	– 0,0151
799	159	798,8	800,0	121,2	121,2	121,2	– 0,0220	121,3	– 0,0152

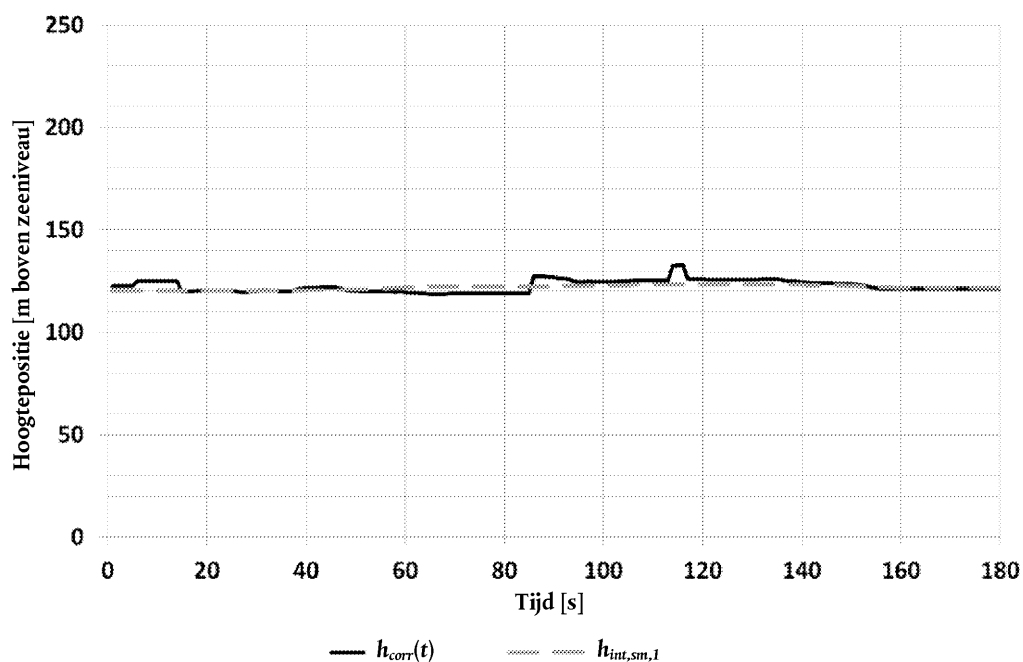
Figuur 2

Het effect van de verificatie en correctie van de gegevens — Het met behulp van gps gemeten hoogteprofiel $h_{GPS}(t)$, het hoogteprofiel op basis van de topografische kaart $h_{map}(t)$, het na de screening en beginseltoetsing van de gegevenskwaliteit verkregen hoogteprofiel $h(t)$ en de correctie $h_{corr}(t)$ van de gegevens in tabel 1



Figuur 3

Vergelijking tussen het gecorrigeerde hoogteprofiel $h_{corr}(t)$ en de afgevlakte en geïnterpoleerde hoogtepositie $h_{int,sm,1}$



Tabel 2

Berekening van de overwonnen hoogtemeters

d [m]	t_0 [s]	d_0 [m]	d_1 [m]	h_0 [m]	h_1 [m]	$h_{int}(d)$ [m]	$road_{grade,1}(d)$ [m/m]	$h_{int,sm,1}(d)$ [m]	$road_{grade,2}(d)$ [m/m]
0	18	0,0	0,1	120,3	120,4	120,3	0,0035	120,3	– 0,0015
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
120	37	117,9	125,7	120,9	121,2	121,0	– 0,0019	120,2	0,0035
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
200	46	193,4	204,1	121,4	120,7	121,0	– 0,0040	120,0	0,0051
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
320	56	308,4	320,0	119,8	119,7	119,7	0,0288	121,4	0,0088
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
520	113	519,9	523,6	132,5	132,6	132,5	0,0097	123,7	0,0037
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
720	149	719,2	730,2	123,6	123,4	123,6	– 0,0405	122,9	– 0,0086
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
798	158	796,1	798,8	121,2	121,2	121,2	– 0,0219	121,3	– 0,0151
799	159	798,8	800,0	121,2	121,2	121,2	– 0,0220	121,3	– 0,0152"