



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Geluidmonitor 2017**

Meting en validatie van geluidproductie  
door rijkswegen en spoorwegen

RIVM Briefrapport 2018-0125  
D. Bergmans | M. Haaima | H. den Hollander





Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Geluidmonitor 2017**

Meting en validatie van geluidproductie door rijkswegen en  
spoorwegen

RIVM Briefrapport 2018-0125  
D. Bergmans | M. Haaima | H. den Hollander

## Colofon

© RIVM 2018

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2018-0125

D. Bergmans (auteur), RIVM  
M. Haaima (auteur), RIVM  
H. den Hollander (auteur), RIVM

Contact:

Dick Bergmans

Milieu en Veiligheid, Centrum Milieukwaliteit, Luchtkwaliteit, Klimaat en Geluid

[dick.bergmans@rivm.nl](mailto:dick.bergmans@rivm.nl)

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, in het kader van het Expertise Centrum Geluid

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven

Nederland

[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

## Publiekssamenvatting

### **Geluidmonitor 2017**

Het RIVM valideert jaarlijks geluid-berekeningsresultaten van de weg- en spoorwegbeheerder, Rijkswaterstaat en ProRail. Dit gebeurt met een steekproef van metingen. Zowel de validatie als de berekeningen zijn een verplichting die voortkomt uit de Wet Milieubeheer.

#### *Validatie 2016*

In 2016 lag de gemeten geluidproductie langs rijkswegen gemiddeld 2 decibel hoger dan de berekende waarden. Langs het spoor kwam in 2016 de gemeten en berekende geluidproductie gemiddeld met elkaar overeen. Dit beeld komt overeen met de resultaten van de jaren 2013, 2014 en 2015.

Zowel bij rijks- als spoorwegen variëren de verschillen tussen rekenen en meten op afzonderlijke trajecten. Deze lopen uiteen van 2 decibel lager tot 6 decibel hoger bij rijkswegen, en 4 decibel lager tot 6 decibel hoger bij spoorwegen.

#### *Metingen 2017*

Dit rapport geeft ook meetresultaten over 2017. Deze resultaten zullen in de geluidmonitor 2018 worden vergeleken met de rekenresultaten van Rijkswaterstaat en ProRail van 2018. De weg- en spoorbeheerder publiceren deze resultaten in de tweede helft van 2018. Daarna kunnen de resultaten worden vergeleken.

Kernwoorden: geluid, metingen, geluidproductie, validatie



## Synopsis

### **Noise monitor 2017**

Every year the motorway and railway authorities - Rijkswaterstaat and ProRail - are required to calculate the noise generated by road and railway traffic. RIVM validates these yearly noise calculations by taking their own measurement samples and comparing them with those calculated by the road and rail authorities. Both the above activities fall under the Environmental Management Act,

#### *Validation 2016*

In 2016, on average, the noise produced along national motorways was 2 decibels higher than the calculated values; along railways noise levels agreed with the calculated values. This overall picture is consistent with the findings of previous noise monitoring exercises conducted in 2013, 2014 and 2015.

On individual trajectories, the differences between calculation and measurement results varied. For national motorways, the distribution ranged from 2 decibels below to 6 decibels above the calculated levels; for railways, it ranged from 4 decibels below to 6 decibels above.

#### *Measurements 2017*

This report also presents the measurement results for 2017 which, in due course, will be compared to the calculation results set down in the noise monitor 2018. The motorway and railway authorities publish these 2017 results during the second term of 2018. A comparison, therefore, can only be made after this date.

Keywords: noise, measurements, noise production, validation





## Inhoudsopgave

### **Samenvatting — 9**

#### **1 Inleiding — 11**

#### **2 Validatie geluidproductie rijkswegen — 13**

2.1 Meetresultaten — 13

2.1.1 Bevindingen — 15

2.2 Vergelijking meetwaarden en nalevingswaarden — 15

2.2.1 Bevindingen — 15

2.3 Duiding verschillen meten en rekenen rijkswegen — 17

2.3.1 Aftrek art 5.11 — 17

2.3.2 Effect neerslag en temperatuur — 17

2.3.3 Wegdekgesteldheid — 18

2.3.4 Overige invloedfactoren — 18

2.3.5 Specifieke duiding veranderingen 2016 — 18

2.4 Verantwoording nalevingsverslag (conclusie) — 19

#### **3 Validatie geluidproductie hoofdspoor — 21**

3.1 Meetresultaten — 21

3.1.1 Bevindingen — 23

3.2 Vergelijking meetwaarde en nalevingswaarden — 23

3.2.1 Bevindingen — 23

3.3 Duiding verschillen meten en rekenen hoofdspoorwegen — 25

3.3.1 Spoorstaafruwheid — 25

3.3.2 Specifieke duiding veranderingen 2016 — 26

3.4 Verantwoording nalevingsverslag (conclusie) — 26

### **Referenties — 29**

### **Bijlage 1: Kader — 31**

### **Bijlage 2: Meet- en validatiemethode, onzekerheden — 34**



## Samenvatting

De voorliggende validatierapportage, 'Geluidmonitor 2017' is de vijfde sinds de invoering van de geluidproductieplafonds voor rijkswegen en spoorwegen. Deze plafonds zijn onderdeel van de Wet milieubeheer en ingesteld om een ongelimiteerde geluidproductie door autonome verkeersgroei te voorkomen.

Rijkswaterstaat en ProRail hebben een wettelijke nalevingsverplichting ten aanzien van de berekende geluidproductieplafonds. In deze rapportage worden de rekenuitkomsten uit de 2016 nalevingsrapportages van Rijkswaterstaat en ProRail gevalideerd met metingen. Ook worden de meetresultaten over 2017 gepresenteerd. Voor de nalevingsrapportages stelt het RIVM in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat jaarlijks de validatierapportage 'Geluidmonitor' op.

### Rijkswegen

Met een steekproef van 43 meetlocaties over Nederland is de gemeten geluidproductie in 2016 langs rijkswegen 2 dB hoger dan de rekenuitkomst uit de nalevingrapportage. Binnen de meetonzekerheden is er geen toe- of afname van de gemiddelde verschillen tussen meten en rekenen met andere monitoringsjaren. Het verschil schommelt over de jaren (2013-2016) telkens rond de 2 dB en is consistent.

In de meetreeksen van 2016 zijn op individuele meetpunten veranderingen waargenomen. Op de meetlocatie in Didam laten de meetresultaten van 2016 een grote verandering zien in verschil tussen meten en rekenen ten opzichten van 2014 en 2015. Wegdekvernieuwing is een plausibele verklaring voor deze afname. Voor de andere meetlocaties is geen eenduidige oorzaak op voorhand te benoemen. De geconstateerde veranderingen liggen binnen een bandbreedte van 2 dB.

### Hoofdspoor

Op een steekproef van 39 meetlocaties over Nederland langs spoorwegen bedroeg het gemiddelde verschil in 2016 tussen de gemeten en berekende geluidproductie 0 dB. Gemiddeld over de gehele steekproef stemmen meet- en rekenuitkomsten in 2016 vrijwel met elkaar overeen. Deze bevinding sluit aan bij de gemiddelde verschillen uit voorgaande monitoringsjaren (2013-2015).

Net zoals in 2015 is de grootste afwijking vastgesteld bij de meetlocatie in Markelo. De invloed van spoorstaafrouwheid biedt een plausibele verklaring voor het verschil tussen meet- en nalevingswaarde op het referentiepunt. Na het slijpen van het spoor bij Markelo is de gemeten geluidproductie in 2017 afgenomen. Voor de andere meetlocaties (dan Markelo) liggen de veranderingen in de verschillen tussen meten en rekenen binnen een bandbreedte van (afgerond) 2 dB. Hiervoor is zonder uitgebreide analyse geen eenduidige oorzaak aan te geven.



## 1 Inleiding

De voorliggende validatierapportage 'Geluidmonitor 2017' is de vijfde sinds de invoering van de geluidproductieplafonds voor rijkswegen en spoorwegen. Deze plafonds zijn onderdeel van de Wet milieubeheer en ingesteld om een ongelimiteerde geluidproductie door autonome verkeersgroei te voorkomen.

Rijkswaterstaat en ProRail hebben een wettelijke nalevingsverplichting ten aanzien van de berekende geluidproductieplafonds. In deze rapportage worden de rekenuitkomsten uit de nalevingsrapportages van Rijkswaterstaat en ProRail gevalideerd met metingen. Voor de nalevingsrapportages stelt het RIVM in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat jaarlijks de validatierapportage 'Geluidmonitor' op.

De volgende onderdelen<sup>1</sup> zijn in voorliggend rapportage beschreven en toegelicht:

- De presentatie en bevindingen van de meetresultaten over 2017. Deze resultaten zullen in de volgende rapportage worden vergeleken met de door de weg- en spoorbeheerder nog te rapporteren geluidproductie over 2017;
- Vaststelling en interpretatie van verschillen tussen gemeten en berekende geluidproductie voor de weg en het spoor op de geluidproductieplafondreferentiepunten over 2016.

### *Leeswijzer*

In hoofdstuk twee en drie worden achtereenvolgend de resultaten voor rijkswegen en hoofdspoorwegen weergegeven. Hierbij wordt ingegaan op de gevonden verschillen tussen meetresultaten en rekenuitkomsten over 2016 en worden meetresultaten over 2017 gepresenteerd. Beide hoofdstukken sluiten af met een conclusie ten behoeve van het nalevingsverslag van Rijkswaterstaat en ProRail.

Voor het bestuderen en beschouwen van meetresultaten wordt verwezen naar de volgende twee websites:

- Rijkswegen: <https://geluid.rivm.nl/gpp/index.php?type=r>
- Spoorwegen: <https://geluid.rivm.nl/gpp/index.php?type=s>

Door een meetpunt aan te vinken op een kaart wordt interactief een jaaroverzicht verkregen van zowel de meetwaarden van het RIVM als de rekenuitkomsten van de beheerder. De resultaten op de website zijn gelijk aan de resultaten aangehaald in deze rapportage.

Voor de volledigheid is in bijlage 1 het kader van de Geluidmonitor nader toegelicht. Bijlage 2 gaat in op de beperkingen en onzekerheden van het meetnet. Het betreffen toelichtingen die zijn overgenomen uit de Geluidmonitor van 2016.

<sup>1</sup> In voorgaande geluidmonitor-rapportages zijn aanvullend monitoringsresultaten van de gemiddelde geluidemissie per (weg) voertuig, akoestische kwaliteit van wegdekken alsook geluidemissie van verschillende categorieën treinmaterieel opgenomen in de 'geluidmonitor'. Voor de 'geluidmonitor 2017' is gekozen om alleen de kerngegevens voor de nalevingsrapportage van Rijkswaterstaat en ProRail te rapporteren.



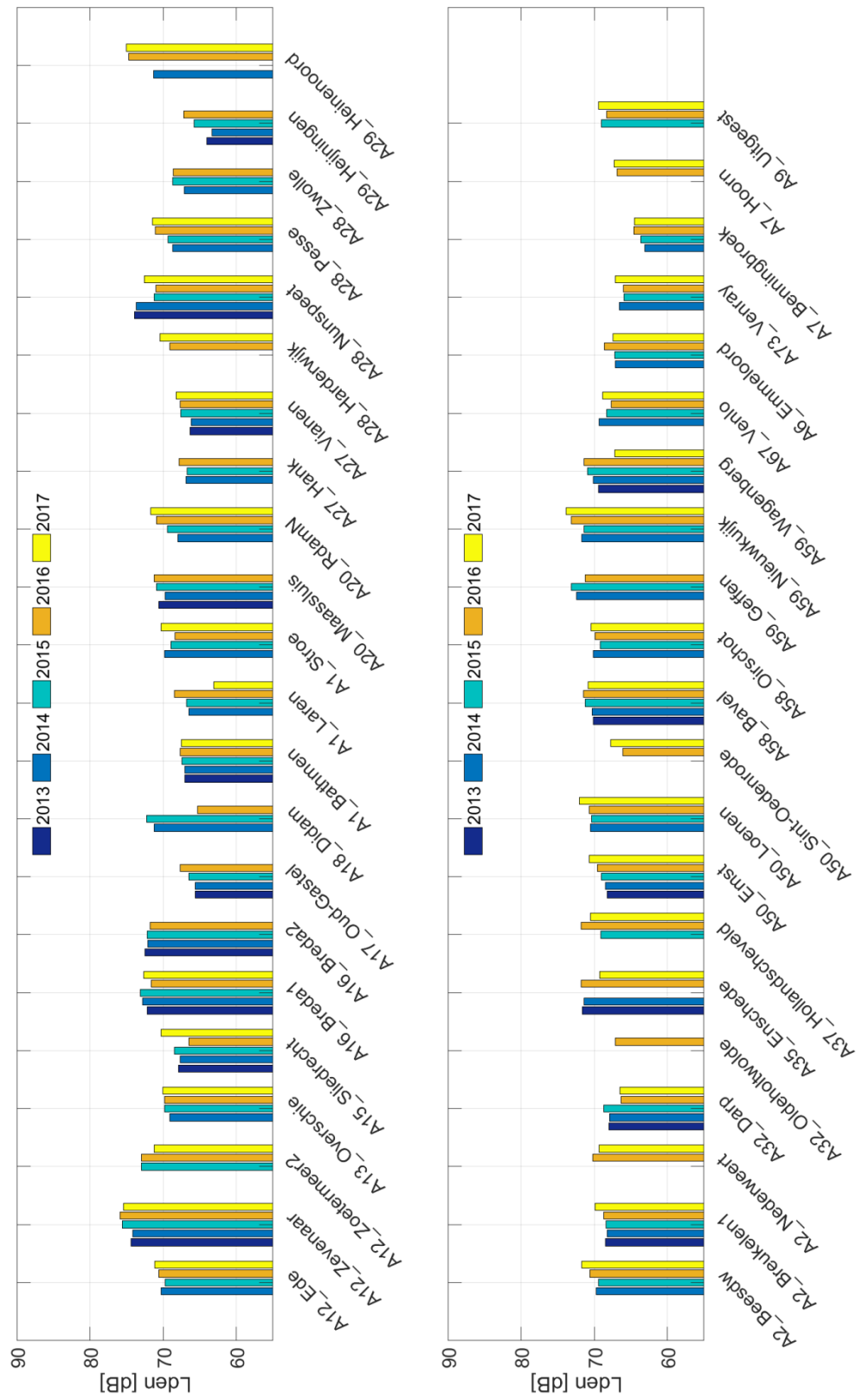
## 2 Validatie geluidproductie rijkswegen

### 2.1 Meetresultaten

Op meetlocaties uit het geluidproductieplafond-meetnet bij rijkswegen wordt het geluid gedurende een aantal maanden of gedurende het hele jaar gemeten. Op basis van de verkregen meetresultaten wordt de geluidproductie bepaald. Uren waarbij het aannemelijk is dat verstoringen door windgeruis ontstaan, zijn geen onderdeel bij de bepaling van de gemeten geluidproductie (zie voor een nadere toelichting bijlage 2). In figuur 1 zijn - net zoals op de RIVM-website - de meetlocaties (blauwe bolletjes) van het meetnet rijkswegen weergegeven.



Figuur 1: Meetlocaties meetnet rijkswegen



Figuur 2: Gemeten geluidproductie in het geluidproductieplafond-referentiepunt over de jaren 2013, 2014, 2015, 2016 en 2017



Figuur 2 geeft per meetlocatie de gemeten geluidproductie in het geluidproductieplafond-referentiepunt over de jaren 2013, 2014, 2015, 2016 en 2017.

Indien in de figuur een staafje ontbreekt zijn voor dat betreffende jaar op die locatie geen meetgegevens beschikbaar. In het onderste deel van Figuur 2 zijn bijvoorbeeld voor de meetlocatie naast de A35 ten hoogte van Enschede geen gegevens over 2015 beschikbaar.

### 2.1.1 *Bevindingen*

Op een aantal meetlocaties is geleidelijke toename over de laatste jaren waarneembaar; bijvoorbeeld Beesd, Ernst ook in 2017. Voor 2017 ten opzichte van voorgaande jaren neemt de gemeten geluidproductie voor Zoetermeer, Laren, Enschede en Wagenberg af.

## 2.2 **Vergelijking meetwaarden en nalevingswaarden**

In Figuur 3 wordt een overzicht gegeven van de verschillen tussen de meetwaarden en de nalevingswaarden op referentiepunten [RWS 2017] voor het jaar 2016. Voor het jaar 2017 zijn nog geen nalevingswaarden gepubliceerd, waardoor voor dat jaar nog geen vergelijking gemaakt kan worden. Aanvullend zijn ook de verschillen van 2013, 2014 en 2015 weergegeven om veranderingen over voorgaande monitoringsjaren te kunnen bestuderen. De verschillen zijn gesorteerd van groot naar klein over het jaar 2016. In de steekproef van 2016 is de gemeten geluidproductie meestal hoger dan de rekenuitkomst.

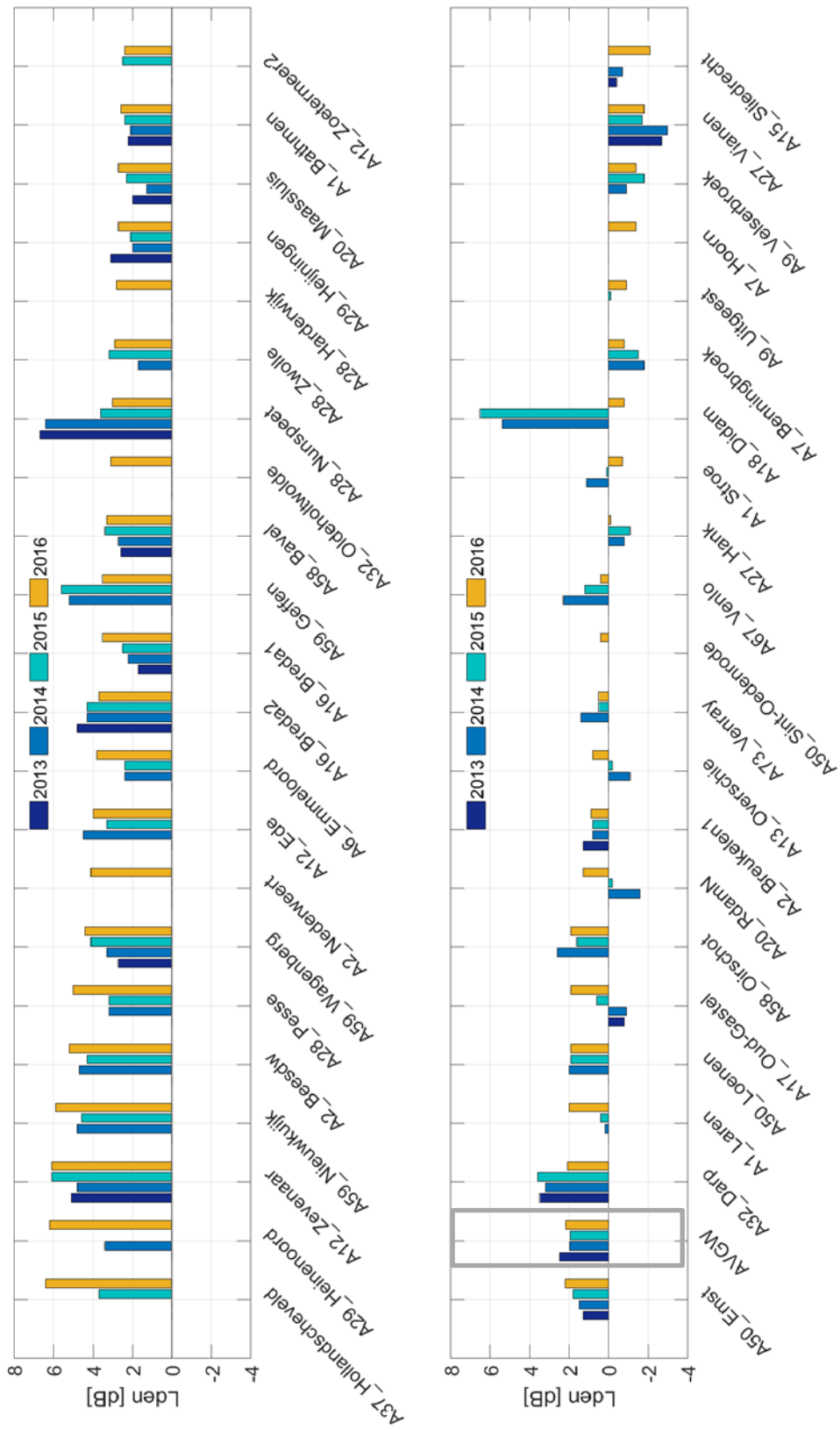
In de figuur is ook de 'meetlocatie' AVGW opgenomen (zie het grijze kader in onderste deel van Figuur 3). Dit is geen echte meetlocatie en betreft het gemiddelde numerieke verschil van de totale steekproef. Ten opzichte van 2015 neemt het gemiddelde verschil een klein beetje toe in 2016 en blijft afgerond 2 dB. De onzekerheidsmarge van het steekproefgemiddelde bedraagt over alle steekproeven in het jaar 2016 (afgerond)  $\pm 1$  dB. Voor meer toelichting over de afleiding van deze marge wordt verwezen naar bijlage 2.

### 2.2.1 *Bevindingen*

Binnen de meetonzekerheden is er geen toe of afname van de gemiddelde verschillen (AVGW) tussen meten en rekenen met andere monitoringsjaren. Het verschil schommelt over de jaren (2013-2016) telkens rond de 2 dB en is consistent.

Uit Figuur 3 is op te maken dat voor 2016 op enkele locaties veranderingen van 2 dB of meer zijn waargenomen ten opzichte van de voorgaande jaren. Een verschil van 2 dB is (afgerond) een factor 2 hoger dan de meetonzekerheidsmarge en daarmee vanuit meetperspectief significant:

- A18\_Didam: In 2014 en 2015 was voor Didam het verschil tussen meten en berekenen meer dan 5 en 6 dB. In 2016 laat het verschil een negatieve waarde zien van net geen -1 dB. Een verandering van 7 dB ten opzichte van 2015.



Figuur 3: Verschillen tussen de gemeten en berekende geluidproductie over 2013, 2014 en 2015 op de steekproef van referentiepunten uit 2016.

- A59\_Geffen: Het verschil in 2016 is ten opzichte van voorgaande jaren met 2 dB afgenomen (van 6 naar 4 dB). De berekende resultaten komen voor 2016 dus beter overeen dan bij voorgaande jaren.
- A29\_Heinoord: Ten opzicht van het 2014 is het verschil tussen rekenen en meten met - naar beneden afgerond - 2 dB toegenomen (van 4 naar 6 dB). In 2015 zijn hier geen metingen uitgevoerd dus het is niet bekend in welk jaar precies wanneer dit verschil is toegenomen.
- A37\_Hollandscheveld: Ten opzicht van het voorgaande jaar neemt het verschil tussen meten en de rekenuitkomst toe met naar beneden afgerond 2 dB (van 4 naar 6 dB).

## 2.3 Duiding verschillen meten en rekenen rijkswegen

Er zijn verschillende factoren aan te wijzen als oorzaak van verschillen tussen de meet- en rekenwaarden op de referentiepunten. De aftrek art. 5.11 RMG 2012 [RMG2012] en de invloed van neerslag en temperatuur op de geluidbron werden in de voorgaande monitorrapportages als belangrijke oorzaken genoemd. Voor de volledigheid van deze rapportage zijn hieronder teksten tot paragraaf 2.3.4 deels overgenomen uit de monitoringsrapportage van 2016 [RIVM 2016].

### 2.3.1 *Aftrek art 5.11*

De aftrek art 5.11 uit het reken- en meetvoorschrift geluid 2012 [RMG2012] loopt vooruit op de verwachting dat auto's op rijkswegen na 2020 1 à 2 dB stiller zullen zijn door de aanscherping van Europese bandenrichtlijn [TNO2011]. Op ZOAB en 2-laags ZOAB (DZOAB) bedraagt de aftrek 1 dB en op fijn 2-laags ZOAB (FLZOAB) en andere wegtypen 2 dB. Praktijkmetingen waaronder de meetreeksen die het RIVM [RIVM2015] uitvoert, kunnen effecten van bronbeleid tot nu toe echter niet duidelijk aantonen.

### 2.3.2 *Effect neerslag en temperatuur*

De rekenmethode [RMG 2012] gaat uit van droge wegdekken. Aangezien de wegdekgesteldheid daar niet het hele jaar aan voldoet, werkt een hoger niveau bij een nat wegdek daarmee (licht) verhogend op het verschil tussen meten en rekenen.

Het effect van neerslag varieert afhankelijk van de meetlocatie. Zoals gerapporteerd in [RIVM 2016] bleek in 2014 de gemiddelde geluidproductie over alle uren 0,6 dB hoger dan in uren met droog wegdek. In 2015 is een gemiddeld effect van 0,9 dB gevonden en het effect in 2016 bedroeg 0,7 dB.

Behalve neerslag heeft ook de temperatuur invloed op de geluidemissie van het verkeer. Het RMG gaat uit van een temperatuur van gemiddeld 20 °C in plaats van de jaargemiddelde temperatuur in Nederland van ongeveer 10 à 11 °C. Een lagere temperatuur betekent een wat hogere geluidemissie. De temperatuurinvloed laat evenals de invloed van neerslag ruimtelijk variatie zien, maar kan in benadering worden gesteld op gemiddeld -0,05 dB per graad Celsius. Dit betekent een effect (jaargemiddeld lager rekenen dan meten) van circa 0,5 dB. Evenals de invloed van neerslag is dit is een relatief klein effect, maar beiden

werken verhogend in het verschil tussen en meten en rekenen: bij elkaar komt het effect op circa 1 tot 1,5 dB.

### 2.3.3 *Wegdekgesteldheid*

De wegdekgesteldheid (geluidsabsorberend of massief, ruw of vlak) is een van de belangrijkste factoren die de geluidemissie per voertuig en daarmee het niveau in de omgeving bepaalt. Bijlage III van het RMG2012 beschrijft een correctieterm (de ' $C_{\text{wegdek}}$ ') waarmee de invloed van het wegdek in de rekenuitkomst wordt meegenomen. De wegdekcorrectie in de rekenmethode geeft een gemiddelde geluidreductie ten opzichte van een standaard dicht asfaltbeton<sup>2</sup> (DAB) over de levensduur van het wegdek. Daarmee is de geluidreductie van een wegdek binnen de rekenmethode constant en niet afhankelijk van leeftijd of conditie van de deklaag. Op de weg laat de geluidreductie van poreuze wegdekken (ZOAB, (F)DZOAB) een tijdsverloop zien met aanvankelijk een hoge en daarna geleidelijk afnemende geluidreductie. Hierdoor kan er bij een meting verschil zijn tussen de werkelijk aanwezige geluidreductie van het wegdek en de gemiddelde waarde over levensduur volgens het RMG 2012. Het emissieverschil tussen een nieuw wegdek en halverwege de levensduur is circa 2 dB. Afhankelijk van wegdektype en onderhoud zal het verschil daarna nog verder oplopen.

### 2.3.4 *Overige invloedfactoren*

Het meet- en validatieprogramma loopt inmiddels zes jaar en de verschillen tussen meet- en rekenuitkomsten en mogelijke oorzaken hebben de nodige vragen en discussie teweeggebracht.

De weg- en spoorbeheerder hebben erop gewezen dat ook een akoestisch verharde (niet poreuze) ondergrond (bijvoorbeeld wegen of water) tussen de weg of het spoor en de meetlocatie, invloed heeft op het verschil tussen de meet- en rekenwaarde. De geluidproductie-rekenmethode gaat per definitie uit van een onverharde bodem. Bij de keuze van de meetlocaties wordt de invloed hiervan zo veel mogelijk beperkt, maar is niet altijd geheel te vermijden. Effecten vragen nog nader onderzoek, maar worden op de meeste weglocaties op minder dan 0,5 dB geschat.

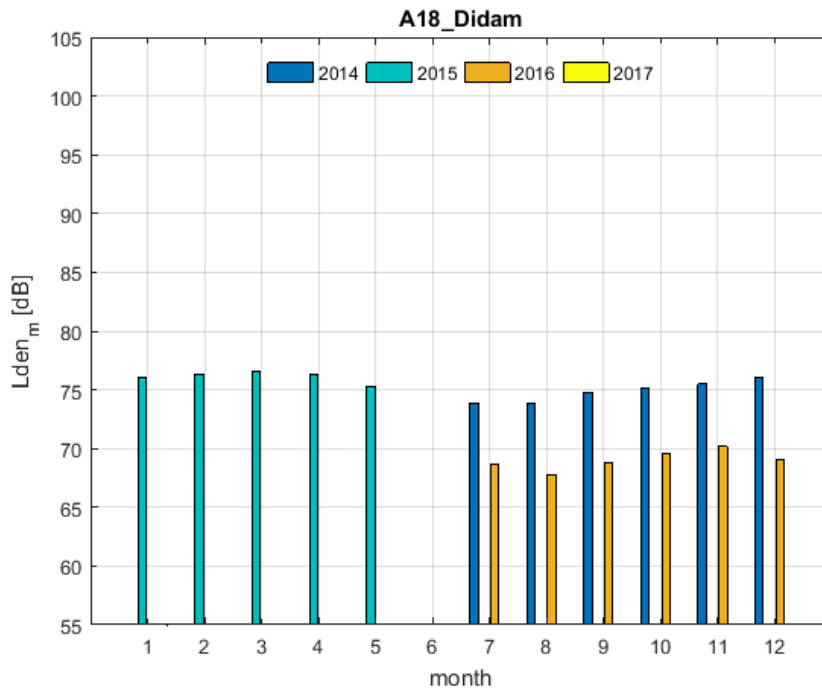
Daarnaast kan de overdrachtscorrectie, waarmee de gemeten geluidniveaus op het meetpunt worden gecorrigeerd naar een meetwaarde op het meest nabij gelegen referentiepunt, afwijken van de werkelijke overdracht. In de praktijk blijkt de afwijking zeer beperkt (zie Bijlage 2: Meet- en validatiemethode, onzekerheden).

### 2.3.5 *Specifieke duiding veranderingen 2016*

Voor de Didam bevindingen zijn interessant om nader te bestuderen. De relatief grote verandering duidt op externe factoren die van invloed zijn op de metingen, en waar het rekenmodel niet of in beperkte mate rekening mee houdt. In Figuur 4 is daarom nader ingezoomd op de meetresultaten op de locatie A18 Didam.

<sup>2</sup> Dit is het 'referentiewegdek' uit RMG 2012

Didam laat de grootste verandering zien in verschil tussen meten en rekenen. In de figuur is te zien dat de in 2016 de gemeten geluidproductie ten opzichte van 2014 en 2015 lager zijn. De oorzaak is dat in 2016 het wegdek van de noordelijke rijbaan vervangen is. Het oude wegdek bestond uit dicht asfaltbeton en is nu vervangen door ZOAB. Het weggedeelte was opgenomen in bijlage 3 van het Besluit Geluid milieubeheer als een wegvak waar bij inwerkingtreding van hoofdstuk 11 van de Wet milieubeheer nog geen ZOAB was aangelegd, maar waar op de vervanging al wel geanticipeerd was door te rekenen alsof er ZOAB lag. Er is nu invulling gegeven aan de daadwerkelijke fysieke wijziging waardoor het grote verschil tussen rekenen en meten is komen te vervallen. De figuur laat tevens seizoenverschillen zien. Rond de zomermaanden zijn de gemeten waarden lager dan rond de wintermaanden.



Figuur 4: Meetresultaten per jaar per maand op de meetlocatie A18 Didam

Voor de andere bevindingen uit paragraaf 2.2.1. zijn nadere analyses nodig voor een heldere verklaring van de veranderingen. Op voorhand is geen eenduidige oorzaak te benoemen, omdat binnen de bandbreedte (2 dB) van de geconstateerde verschillende invloedsferen elkaar kunnen versterken en of uitdoven. Desondanks is ook hier wegdekveroudering de meest waarschijnlijke oorzaak van een toename (A29 Heinoord en A37 Hollandscheveld) en doen afnamen zich voor na beheer en onderhoud c.q. vernieuwing en/of vervanging van (delen van) het asfalt (A59 Geffen).

## 2.4 Verantwoording nalevingsverslag (conclusie)

Ingevolge artikel 11.22 Wm moet de beheerder van de rijkswegen (RWS) in het nalevingsverslag een verantwoording van de validatie opnemen. Op basis van de voorgaande bevindingen luidt die verantwoording:

'Het RIVM heeft ter uitvoering van artikel 11.22 Wm, vierde lid, onder c, geluidmetingen uit 2016 vergeleken met de door Rijkswaterstaat voor dat jaar berekende geluidproductie op referentiepunten langs rijkswegen.

- Met een steekproef van 43 meetlocaties in 2016 is de gemeten geluidproductie langs rijkswegen  $2 \pm 1$  dB hoger dan de rekenuitkomst uit de nalevingrapportage.
- Binnen de meetonzekerheden is er geen toe of afname van de gemiddelde verschillen tussen meten en rekenen met andere monitoringsjaren. Het verschil schommelt over de jaren (2013-2016) telkens rond de 2 dB en is consistent.
- In de meetreeksen van 2016 zijn op individuele meetpunten veranderingen waargenomen. De Didam meetresultaten van 2016 laten een grote verandering (referentiepunt 50248) zien in verschil tussen meten en rekenen ten opzichten van 2014 en 2015. Wegdekvernieuwing is een plausibele verklaring voor deze afname. Voor de andere meetlocaties is geen eenduidige oorzaak op voorhand te benoemen. De geconstateerde veranderingen liggen binnen een bandbreedte van 2 dB.'

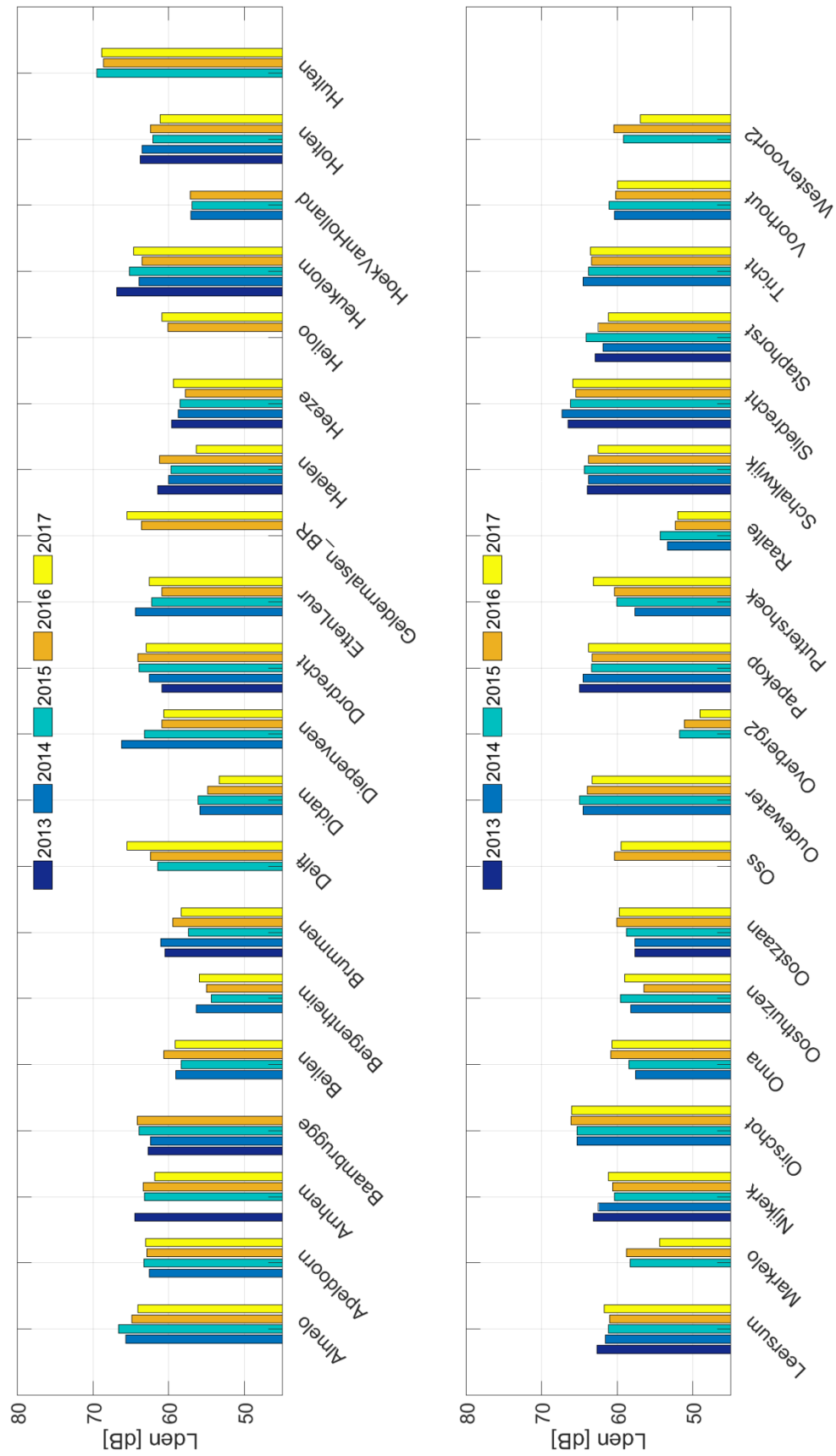
### 3 Validatie geluidproductie hoofdspoor

#### 3.1 Meetresultaten

Op meetlocaties uit het geluidproductieplafond-meetnet bij hoofdspoor wordt het geluid gedurende een aantal maanden in het jaar gemeten. Op basis van de verkregen meetresultaten wordt de geluidproductie van spoorwegen bepaald. Passages waarbij het aannemelijk is dat verstoringen door windgeruis kunnen ontstaan, zijn geen onderdeel bij de bepaling van de gemeten geluidproductie (zie voor een nadere toelichting bijlage 2). In Figuur 5 zijn - net zoals op de RIVM-website - de meetlocaties (oranje bolletjes) van het meetnet spoor weergegeven.



Figuur 5: Meetlocaties meetnet hoofdspoor



Figuur 6: Gemeten geluidproductie in het GPP-referentiepunt over de jaren 2013, 2014, 2015, 2016 en 2017



Figuur 6 geeft per meetlocatie de gemeten geluidproductie in het geluidproductieplafond-referentiepunt over de jaren 2013, 2014, 2015, 2016 en 2017.

### 3.1.1 *Bevindingen*

Voor 2017 zijn ten opzichte van 2016 zowel toenames als afnamen van de geluidproductie gemeten. De grootste toename in 2017 ten opzichte van 2016 heeft zich plaatsgevonden bij Delft (3 dB). De grootste afname heeft zich bij Markelo voorgedaan (4 dB).

## 3.2 **Vergelijking meetwaarde en nalevingswaarden**

In Figuur 7 wordt een overzicht gegeven van de verschillen tussen de meetwaarden en de nalevingswaarden op referentiepunten [ProRail 2017] uit de steekproef van 2016. Voor het jaar 2017 zijn nog geen nalevingswaarden gepubliceerd, waardoor voor dat jaar nog geen vergelijking gemaakt kan worden. Aanvullend zijn ook de verschillen van 2013, 2014 en 2015 weergegeven om veranderingen over voorgaande monitoringsjaren te kunnen bestuderen. De verschillen zijn gesorteerd van groot naar klein over het jaar 2016. In de steekproef is de gemeten geluidproductie in 2016 ongeveer net zo vaak hoger als lager dan de rekenuitkomst.

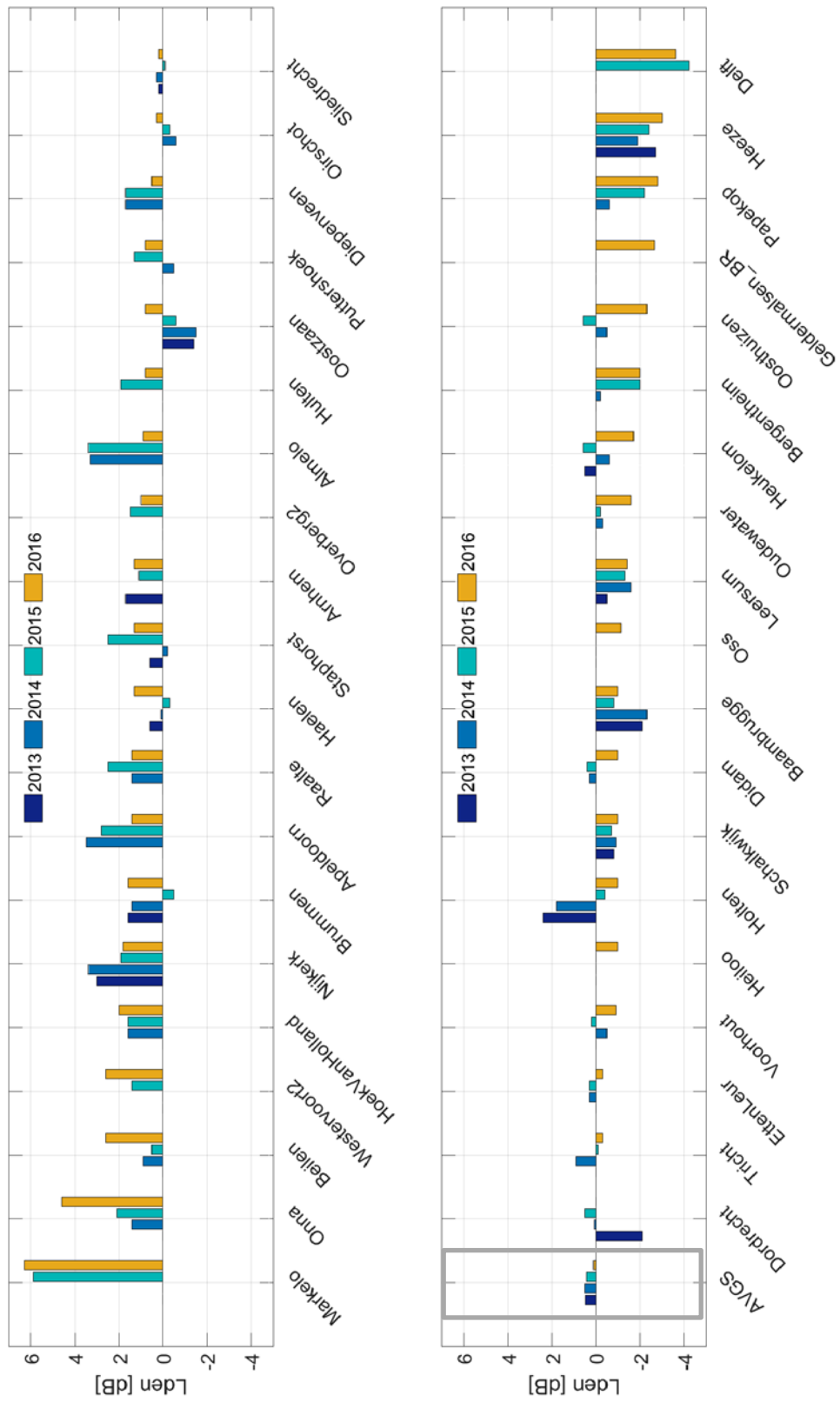
In de figuur is ook de 'meetlocatie' AVGS (in het grijze kader) opgenomen. Dit is geen echte meetlocatie en betreft het gemiddelde numerieke verschil van de totale steekproef. Ten opzicht van 2015 neemt het gemiddelde verschil iets toe in 2016, maar blijft het afgerond 0 dB. De onzekerheidsmarge van het steekproefgemiddelde bedraagt over alle steekproeven in het jaar 2016 (afgerond)  $\pm 1$  dB). Voor meer toelichting over de afleiding van deze marge wordt verwezen naar bijlage 2.

### 3.2.1 *Bevindingen*

Gemiddeld over de gehele steekproef stemmen meet- en rekenuitkomsten in 2016 vrijwel met elkaar overeen. Deze bevinding sluit aan bij de gemiddelde verschillen uit voorgaande monitoringsjaren (allen afgerond 0 dB).

Voor 2016 zijn op enkele locaties veranderingen van 2 dB of meer waargenomen in de verschilreeksen van individuele meetpunten in Figuur 7. Een verschil van 2 dB is afgerond een factor 2 hoger dan de meetonzekerheidsmarge en daarmee vanuit meetperspectief significant:

- Onna: In 2014 en 2015 bevond het verschil tussen meten en rekenen zich tussen de 1 á 2 dB. In 2016 is het verschil meer dan 4 dB zien en dus met 2 dB gestegen. De berekende resultaten komen voor Onna nu minder overeen dan bij voorgaande jaren.
- Beilen: Het verschil in 2016 is ten opzichte van 2015 met 2 dB toegenomen. De berekende resultaten komen minder overeen dan bij voorgaande jaren.
- Brummen: In 2016 was het verschil 2 dB groter vergeleken met 2015, echter 2016 laat wel eenzelfde beeld zien als 2013 en 2014, waardoor 2015 afwijkend lijkt.



Figuur 7: Verschillen tussen de gemeten en berekende geluidproducties en over 2013, 2014, 2015 en 2016 op de steekproef van referentiepunten uit 2016.

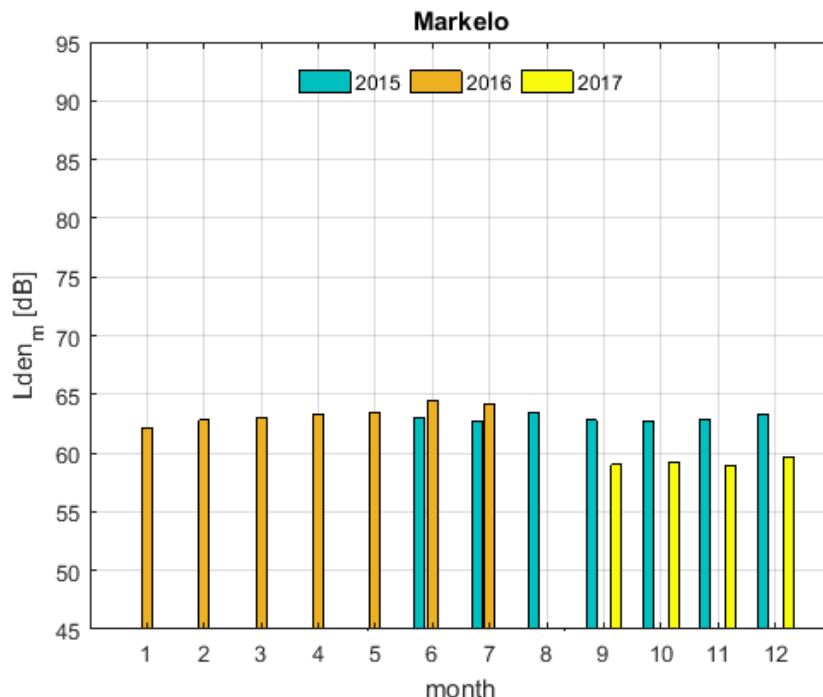
- Almelo: Het verschil in 2016 is ten opzichte van 2015 en 2014 (naar beneden afgerond) 2 dB afgenomen. De berekende resultaten komen voor 2016 beter overheen dan voorgaande jaren.
- Heukelom en Oosthuizen: Het verschil in 2016 ten opzichte van 2015 is met 2 dB afgenomen. Het berekende resultaat slaat in 2015 naar 2016 om van een overschatting naar een onderschatting.

### 3.3 Duiding verschillen meten en rekenen hoofspoorwegen

Er zijn verschillende factoren aan te wijzen als oorzaak van verschillen tussen de meet- en rekenwaarden op de referentiepunten. Net zoals bij rijkswegen geldt de invloed van de bodem en overdrachtscorrectie. Variatie van spoorstaafrouwheid ten opzichte van het gemiddelde in RMG 2012 is ook van invloed.

#### 3.3.1 Spoorstaafrouwheid

Op de individuele meetlocaties is in 2016 (net zoals in 2015) de grootste afwijking vastgesteld bij Markelo (6 dB verschil). Bij geluidemissiemetingen in 2015 [RIVM 2016] bleek ter plaatse dat op het traject bij Markelo 4 dB hogere waarden werden gemeten dan de nominale waarde volgens RMG2012 (er rijdt hier 1 type trein). Bij herhalingsmetingen in 2016 is er 6 dB hoger gemeten. De hogere emissie bij het meetpunt te Markelo biedt daarmee een verklaring voor het verschil tussen meet- en nalevingswaarde op referentiepunt.



Figuur 8: Meetresultaten per jaar per maand op de meetlocatie Markelo

In Figuur 8 is nader ingezoomd op de meetresultaten op de locatie Markelo. Uit correspondentie met ProRail blijkt dat ter hoogte van het meetpunt Markelo in maart 2017 het spoor geslepen is. In de figuur is

duidelijk te zien dat na maart 2017 de gemeten geluidproductie ten opzichte van 2014 en 2015 lager is. Het slijpen van de rails en daarmee het verlagen van de spoorstaafrouwheid is een logische verklaring voor de gemeten verlaging van de geluidproductie in 2017. Aannemend; dat de verkeerssamenstelling op de locatie in Markelo niet significant gewijzigd is in 2017. Voor het jaar 2017 zijn nog geen nalevingswaarden gepubliceerd, waardoor voor dat jaar nog geen goede vergelijking kan worden gemaakt.

### 3.3.2 *Specifieke duiding veranderingen 2016*

Uit correspondentie met ProRail blijkt, dat in 2016 de meetlocatie Heukelom op een omrijdroute lag in de periode van april tot oktober. Voor het bepalen van de geluidproductie heeft het RIVM van januari tot juni meetgegevens verzameld. Mogelijk heeft een verandering van de verkeersverdeling gedurende het jaar invloed gehad op de geconstateerde verandering. Echter, is op voorhand geen eenduidige oorzaak te benoemen, omdat binnen de bandbreedte (2 dB) de genoemde invloed factoren onder hoofdstuk 3.3 elkaar kunnen versterken en of uitdoven.

De Onna bevindingen zijn interessant om nader te bestuderen. De berekende resultaten komen minder overeen dan voorgaande jaren en stijgt tot een verschil van meer dan 4 dB. Mogelijk zijn er, door de relatief grote verandering, duidelijke externe factoren aan te wijzen, die invloed hebben op het metingen waar het rekenmodel niet of in beperkte mate rekening mee houdt. Vooralsnog is geen duidelijke externe factor aan te wijzen.

## 3.4 **Verantwoording nalevingsverslag (conclusie)**

Ingevolge artikel 11.22 Wm moet de beheerder van de spoorwegen (ProRail) in het nalevingsverslag een verantwoording van de validatie opnemen. Op basis van de voorgaande bevindingen luidt die verantwoording:

'Het RIVM heeft ter uitvoering van artikel 11.22 Wm, vierde lid, onder c, geluidmetingen uit 2016 vergeleken met de door ProRail voor dat jaar berekende geluidproductie op referentiepunten langs hoofdspoorwegen.

- Op een steekproef van 39 meetlocaties langs spoorwegen bedroeg het gemiddelde verschil in 2016 tussen de gemeten en berekende geluidproductie:  $0 \pm 1$  dB.
- Gemiddeld over de gehele steekproef stemmen meet- en rekenuitkomsten in 2016 vrijwel met elkaar overeen. Deze bevinding sluit aan bij de gemiddelde verschillen uit voorgaande monitoringsjaren (allen afgerond 0 dB).
- Net zoals in 2015 is de grootste afwijking vastgesteld bij Markelo (referentiepunt 11814). Bij emissiemetingen in 2015 en 2016 is gebleken dat de gemeten geluidniveaus van de treinen (er rijdt hier 1 type trein) op dit punt hoger is dan volgens het RMG2012. Tevens is geconstateerd dat na het slijpen van het spoor de gemeten geluidproductie in 2017 met 4 dB verlaagd is. De invloed van spoorstaafrouwheid biedt daarmee een plausibele verklaring voor het verschil tussen meet- en nalevingswaarde op het referentiepunt.

- Voor de andere meetlocaties (dan Markelo) liggen de veranderingen in de verschillen tussen meten en rekenen binnen een bandbreedte van (afgerond) 2 dB. Hiervoor is zonder uitgebreide analyse geen eenduidige oorzaak aan te geven.'



## Referenties

- [IEC2002] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61672-1  
Electroacoustics –Sound level meters Part 1:  
Specifications
- [ISO2007] ISO 1996-2:2007 Acoustics -- Description,  
measurement and assessment of environmental noise -  
- Part 2: Determination of environmental noise levels
- [ISO 9613] ISO 9613-2: Acoustics -- Attenuation of sound during  
propagation outdoors -- Part 2: General method of  
calculation
- [Probst 2005] Wolfgang Probst, Uncertainties in the prediction of  
environmental noise and in noise mapping, Acoustiques  
& Technique no40, Centre d'information et de  
documentation sur le bruit, CIDB 2005
- [ProRail 2017] Nalevingsverslag geluidproductieplafonds 2016,  
publicatie ProRail september 2017
- [RIVM 2014] Geluidmonitor 2013 – Meetwaarden op  
referentiepunten uit SWUNG-1, Briefrapport 2015-0021
- [RIVM 2015] Geluidmonitor 2014 – Meetwaarden op  
referentiepunten uit SWUNG-1, Briefrapport 2015-0146
- [RIVM 2016] RIVM, Geluidmonitor 2015, Briefrapport nr. 2016-0122
- [RMG 2012] Staatscourant Nr. 11810, Regeling van de  
Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu, van 12  
juni 2012, nr. IENM/BSK-2012/37333, houdende  
vaststelling van regels voor het berekenen en meten  
van de geluidsbelasting en de geluidproductie ingevolge  
de Wet geluidhinder en de Wet milieubeheer (Reken-  
en meetvoorschrift geluid 2012)
- [RWS 2017] Akoestisch onderzoek op referentiepunten, Naleving  
geluidproductieplafonds rijkswegen 2016, september  
2017
- [TNO 2011] De Roo, F.: Prognose geluidemissie wegverkeer-versie  
2, TNO-MEM-2011-00869





## Bijlage 1: Kader

### **Algemeen**

In de Wet milieubeheer zijn in juli 2012 geluidproductieplafonds ingevoerd op referentiepunten langs rijkswegen en spoorwegen. De referentiepunten zijn beoordelingspunten die overwegend op 50 meter afstand van de infrastructuur en op 100 m onderlinge afstand liggen. De geluidproductie, uitgedrukt in  $L_{den}$  dB op de referentiepunten, dient aan weerszijden van de weg of het spoor onder een wettelijk vastgelegde grenswaarde, het Geluid-Productie-Plafond (GPP), te blijven.

Rijkswaterstaat en ProRail hebben als beheerders de wettelijke taak de jaargemiddelde-geluidproductie langs rijkswegen en spoorwegen te monitoren en daarover jaarlijks aan de minister te rapporteren. De monitoring vindt reken-technisch plaats, waarbij na elk kalenderjaar de gerealiseerde verkeers- en infragegevens worden vastgesteld en waarmee vervolgens de geluidproductie op de referentiepunten wordt berekend. Vóór oktober volgend op een kalenderjaar moet de berekende geluidproductie (in het vervolg GPR: Geluid-Productie-Realisatie) in een nalevingsverslag worden gerapporteerd aan de minister van Infrastructuur en Waterstaat.

### **Reikwijdte GPP-meetprogramma**

Het onderhavige rapport 'Geluidmonitor 2017' is de vijfde rapportage sinds de inwerkingtreding van de geluidproductieplafonds. De validatie die in dit kader door het RIVM wordt uitgevoerd, heeft een technisch-wetenschappelijk karakter en is geen handhavinginstrument in juridische zin. De systematiek van de GPP's is gebaseerd op een rekenkundige bepaling van de aan het plafond te toetsen geluidproductie en beperkt zich voor wat betreft meetactiviteiten tot een steekproefsgewijze validatie. De meetresultaten kunnen leiden tot voorstellen en adviezen om rekenmethoden aan te passen, maar de wettelijke toetsing aan de plafondwaarden vindt plaats op basis van de geluidproductie zoals die met het vigerend rekenvoorschrift door de weg- of spoorbeheerder is vastgesteld.

Het meetprogramma richt zich op de signalering van afwijkingen tussen rekenen en meten op de referentiepunten. Alle meetlocaties zijn daarom zo gekozen dat op het meest nabij gelegen referentiepunt een gemeten geluidproductie kan worden vastgesteld die rechtstreeks kan worden vergeleken met de door de weg- of spoorbeheerder opgegeven berekende waarde, zoals bij de wet werd beoogd. Verschillen hebben, zoals hiervoor toegelicht, geen onmiddellijke juridische betekenis, maar vestigen wel de aandacht op locaties waar de verschillen ruim buiten de meetonzekerheid liggen. Onderzoek naar de oorzaken van deze verschillen kan onvolkomenheden in de wettelijke rekenmethoden of in de invoer daarvan aan het licht brengen. Doordat het meetprogramma voorziet in een periodieke steekproef zal na enige jaren een goed inzicht ontstaan of, los van individuele verschillen, de rekenresultaten gemiddeld in overeenstemming zijn met de werkelijke niveaus.

### **Validatieplicht**

In de Wet milieubeheer is op verzoek van de Tweede Kamer een verplichte verantwoording van validatie opgenomen. De voorschriften hiervoor zijn opgenomen in artikel 11.22 en 11.33 van de Wet milieubeheer:

- Artikel 11.22 stelt dat het nalevingsverslag van de beheerder, 'een verantwoording van de validatie van de berekende waarden voor de referentiepunten moet bevatten, waarbij de validatie in ieder geval plaatsvindt middels steekproefsgewijze metingen door een onafhankelijke partij'.
- Artikel 11.33 stelt dat de rekenmethoden van de minister meet-technisch gevalideerd moeten worden. 'Bij het berekenen van de geluidproductie, bedoeld in het vorige lid, wordt uitgegaan van de gemiddelde waarden over de technische levensduur van de weg of spoorweg, welke zijn gevalideerd door metingen uitgevoerd door een onafhankelijke partij'.

Deze voorschriften hebben tot doel dat metingen de integriteit van het beheersysteem waarborgen. Voorkomen moet worden dat, als gevolg van verkeerde aannamen of fouten in rekenmethoden en/of invoergegevens, een verandering in geluidproductie niet of onvoldoende tot uiting komt in de berekende waarde op de referentiepunten.

#### *Validatie voor de GPP-referentiepunten (art. 11.22)*

Validatie dient plaats te vinden door middel van steekproefsgewijze metingen. Het doel hiervan is om de berekende geluidproductie op referentiepunten te vergelijken met een meting. De validatie dient een goed inzicht te geven in de orde en oorzaken van verschillen tussen rekenen en meten. Dit inzicht kan er toe leiden dat het RIVM, als beheerder van de rekenmethoden voor weg- en spoorgeluid (zie volgende paraaf), een advies aan de minister geeft tot verbetering van de rekensystematiek, waardoor rekenuitkomsten beter aansluiten bij de realiteit.

#### *Advisering en beheer van de rekenmethoden (art. 11.33)*

Advisering en beheer van de rekenmethoden vindt plaats binnen een onderzoeksprogramma dat gestuurd wordt door het RIVM in samenwerking met een werkgroep, waarin diverse stakeholders vertegenwoordigd zijn. Het RIVM signaleert knelpunten en brengt advies uit aan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat over gewenste actualisaties en verbeteringen. Resultaten vanuit het validatieprogramma op de GPP-referentiepunten kunnen een trigger zijn voor het onderzoeksprogramma en worden mede meegenomen in de aanbevelingen. Maar ook de uitkomsten van andere akoestische onderzoekprogramma's worden in het algemene beheer van de rekenmethoden geagendeerd. Doel is de rekenmethoden zo actueel mogelijk te houden, zodanig dat verschillen met praktijkmetingen in brede zin zo veel mogelijk beperkt blijven. De minister beslist aan de hand van het advies over te ondernemen acties, die vervolgens onder regie van het RIVM worden uitgevoerd. Deze acties kunnen uiteindelijk leiden tot concrete voorstellen om de wettelijke rekenmethoden op onderdelen aan te passen en bij goedkeuring van de minister, tot implementatie daarvan.

De validatie beperkt zich tot de signalering van afwijkingen tussen rekenen en meten, maar doet geen aanbevelingen of voorstellen ten aanzien van eventuele wijzigingen in rekenmethoden. Wel beoogt het onderzoek inzicht te geven in de mogelijke oorzaken van verschillen tussen rekenen en meten en daarmee handvaten te bieden voor verbeteringen. Belangrijk daarbij is hoe aannames in rekenmethoden ten aanzien van de gemiddelde geluidemissie van voertuigen of treinen zich verhouden tot waarnemingen in de praktijk. Artikel 11.33 houdt in dat ook deze gegevens via metingen regelmatig gevalideerd dienen te worden. Voor het meetprogramma betekent dit dat er niet alleen metingen nodig zijn met als doel de geluidproductie op referentiepunten vast te stellen, maar dat ook metingen nodig zijn gericht op algemene modelvalidatie en onderliggende parameters zoals de geluidproductie van verschillende typen wegdekken voertuigen en treinen. Zonder een goed inzicht in deze aspecten kunnen immers geen goede adviezen worden opgesteld.

## Bijlage 2: Meet- en validatiemethode, onzekerheden

### **Meetopzet bij validatie van Geluidproductie rijks- en spoorwegen**

Het geluidmeetnet omvat circa 90 meetlocaties langs rijkswegen en spoorwegen, waar de geluidproductie gedurende een voldoende ruime periode van het jaar werd bemonsterd. Het gaat om GPP-meetlocaties, bedoeld ter validatie van door de weg- en spoorbeheerder berekende geluidproductie op een nabij gelegen referentiepunt. De omgeving van elke GPP-meetlocatie dient in overeenstemming te zijn met de rekensystematiek [RMG2012], omdat anders geen rechtstreekse vergelijking mogelijk is. Daarnaast dient het aantal meetlocaties voldoende groot te zijn om een representatief beeld van verschillen tussen rekenen en meten te verkrijgen.

De strategie bij de keuze van de meetlocaties is:

- Binnen beschikbare middelen, realisatie van een geluidmeetnet van voldoende omvang en representativiteit, zowel langs de weg als het spoor
- Realisatie van voldoende diversiteit in typen snelwegen en wegdekken, bovenbouwconstructies en spoormaterieel
- Voldoende ruimtelijke spreiding over Nederland, waarbij aandacht voor drukke rijkswegen en spoorwegen met relatief veel vracht/goederen verkeer naar Duitsland.
- De GPP-meetlocaties zoveel mogelijk in lijn met de GPP-rekenmethode. Dat wil zeggen poldersituaties zonder invloed van gebouwen en invloed van verharde oppervlakken in de overdracht.
- Geen invloed van wegen die niet onder GPP-regelgeving vallen of bijdragen van andere typen omgevingsgeluid.
- Geen storende invloed van meteofactoren, zoals te harde wind
- Daarnaast geldt voor alle GPP-locaties dat er vanuit het meetpunt, ingericht op 4 m hoogte ten opzichte van het maaiveld, een vrij akoestisch zicht op de (spoor)weg aanwezig moet zijn.

### **Meetonzekerheden**

Uitkomsten van rekenmethoden roepen vaak discussie over de betrouwbaarheid op. Bij metingen is er eerder draagvlak voor de uitkomsten, omdat deze vrij zijn van aannamen ten aanzien van overdracht of verkeerssamenstelling. De uitkomsten van metingen bieden echter evenmin 100% betrouwbaarheid en de onzekerheden zullen bij een verkeerde meetopzet groter zijn dan bij een goed onderbouwd rekenmodel. De betrouwbaarheid van een meting wordt bepaald door de kwaliteit van de meetapparatuur, de representativiteit van de meetperiode, de afwezigheid van geluid dat niet tot de te beoordelen bron behoort en geschikte meteorologische omstandigheden tijdens de meting. Navolgend worden deze punten nader omschreven en wordt toegelicht hoe deze doorwerken in de onzekerheid van het meetresultaat.

De onzekerheid in de gemeten geluidproductie voor een referentiepunt is afhankelijk van:

- a) het type meetapparatuur: klasse-1 of 2 (apparatuur onzekerheid)

- b) de duur van de meetperiode gedurende het jaar (statistische onzekerheid)
- c) het verschil in meetlocatie ten opzichte van het referentiepunt (plaats onzekerheid)
- d) Invloed van andere dan de te meten geluidbronnen (windruis, lokale gemeentelijke wegen, industrie etc.)

*Ad a) Onzekerheid apparatuur*

We onderscheiden meetapparatuur die voldoet aan de specificaties uit IEC 61672-1 voor klasse-1 en klasse-2 microfoons [IEC2002]. Deze internationale standaard stelt tolerantiegrenzen per frequentie. Bij 1000 Hz bedraagt toelaatbare tolerantie  $\pm 0.7$  dB voor klasse-1 en  $\pm 1.5$  dB voor klasse-2 apparatuur. In de praktijk komt dit voor breedbandig, A-gewogen geluidsniveaus neer op een onzekerheid van maximaal  $\pm 1$  dB voor klasse-1 en maximaal  $\pm 2$  dB voor klasse-2 apparatuur. Bij de opbouw van het meetnet in 2013 is aanvankelijk gewerkt met een combinatie van klasse-1 en klasse-2 meetposten. Bij de uitbouw van het meetnet is er in 2014 voor gekozen om geheel over te gaan op klasse-2 geluidloggers. Deze hebben weliswaar een wat kleinere meetnauwkeurigheid, maar zijn zeer flexibel en snel inzetbaar. Dit maakt het mogelijk om meetlocaties eenvoudig te rouleren en biedt tevens de mogelijkheid om tegen acceptabele kosten aanzienlijk meer meetlocaties in te richten. Hierdoor kan een beter totaalbeeld worden verkregen dan met een beperkt aantal meetposten. Het huidige meetnet heeft een omvang van ordegrrootte 45 meetlocaties langs de weg en 45 langs het spoor. De klasse-2 apparatuur is beschreven en gevalideerd in [RIVM2014]

*Ad b) Statistische onzekerheid*

Naast de onnauwkeurigheid van de meetapparatuur neemt de onzekerheid toe wanneer er niet jaarrond wordt gemeten. De te valideren geluidsproductie ( $L_{den}$  in dB(A)) is een gewogen, jaargemiddelde waarde en wanneer bij validatie over een kortere periode wordt gemeten, ontstaat er een onzekerheid in hoeverre de gekozen meetperiode representatief is voor het jaargemiddelde. De onzekerheid neemt toe naarmate de meettijd gedurende het te beoordelen jaar afneemt en om deze zoveel mogelijk te beperken dient er dus zo lang mogelijk te worden gemeten. Er kan immers niet zonder meer vanuit worden gegaan dat een meetperiode van een dag of een maand zonder meer de correcte jaarwaarde oplevert. De geluidproductie van dag tot dag of van week tot week is onderhevig aan sterk wisselende invloeden. Te denken valt hierbij aan windrichting, temperatuur, neerslag en het verkeersaanbod en rijsnelheden.

In de praktijk blijkt het niet mogelijk om alle uren van het jaar continu te meten. Conform de richtlijnen uit de ISO 1996-2 [ISO2007] kunnen metingen niet worden verricht bij een windsterkte van meer dan 5 m/s. Bij alle uren is met behulp van KNMI-gegevens gecontroleerd of de metingen hieraan voldoen. Geluidniveaus die zijn gemeten bij te harde wind zijn uit de data gefilterd en niet meegenomen in de middeling. Verder kan apparatuur soms een periode uitvallen door stroomuitval.

Om de statische onzekerheid in het meetresultaat voor de  $L_{den}$  te schatten, wordt aangenomen dat de etmaalwaarde hiervan ( $L_{den}$  bepaald

over 24 u) een normale verdeling volgt. Een meetpunt levert dan een steekproef (gelijk aan het aantal geldige meetdagen) uit deze verdeling, waaruit vervolgens met de gebruikelijke onzekerheidsstatistiek een 95% betrouwbaarheidsinterval voor de jaargemiddelde  $L_{den}$  kan worden afgeleid. Figuur 9 illustreert dit voor de RIVM meetlocatie langs de A2 bij Breukelen en toont de spreiding in dagwaarden en onzekerheidsmarges voor het steekproefgemiddelde als schatter voor de jaargemiddelde  $L_{den}$ . De statistische onzekerheid over de gehele periode van januari tot oktober bedraagt circa  $\pm 0,2$  dB.



Figuur 9 Dagwaarden, spreiding en onzekerheidsmarges  $L_{den}$  gemeten langs de A2 bij Breukelen, periode januari – oktober 2013.

Om een betrouwbare meting te doen van de jaargemiddelde-geluidproductie langs rijkswegen en spoorwegen is het niet nodig een jaar lang continu te meten. Na een aantal maanden blijkt de statistische onzekerheid in de gemeten geluidproductie klein ten opzichte van de apparatuur- en plaatsonzekerheid. Het biedt dan voordeel een tweede meetreeks op een andere locatie op te bouwen, zodat met eenzelfde meetinspanning een groter aantal referentiepunten kan worden gevalideerd. Om tot een meetwaarde van  $L_{den}$  te komen wordt meerdere maanden in het jaar continu gemeten waarbij een zomer en winterperiode wordt meegenomen.

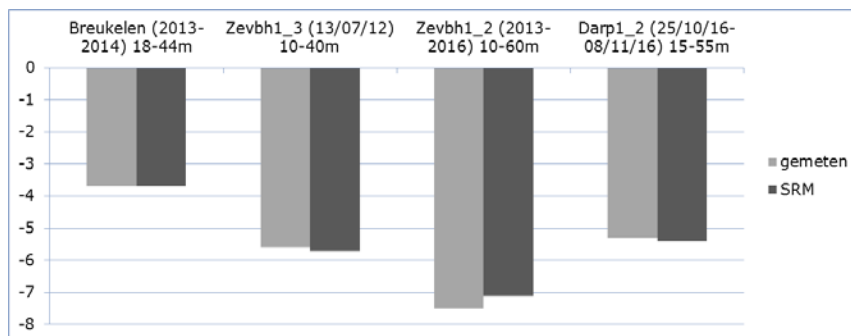
#### Ad c) Plaatsonzekerheid

Een derde bron van onzekerheid is in welke mate een meetuitkomst afwijkt van de te valideren geluidproductie op een GPP-locatie (referentiepunt), wanneer het meetpunt niet samenvalt met het referentiepunt. Het is in de praktijk meestal niet mogelijk om een meetpunt exact op een GPP-referentiepunt in te richten. In veel gevallen is het vanuit praktische omstandigheden nodig om een positie te kiezen die hier enigszins van afwijkt. Om de gemeten geluidniveaus bij afwijkende meetpositie te kunnen relateren aan een berekende geluidproductie op een GPP-referentiepunt wordt de meting daarom gecorrigeerd voor het verschil in afstand tot de bron met behulp van de overdracht die in de standaardmethode [RMG 2012] zoals die ook voor de berekening van de GPP waarden wordt toegepast. Dit brengt een kleine extra onzekerheid met zich mee die wordt meegenomen in de betrouwbaarheidsmarge rondom de gemeten geluidproductie op het referentiepunt. De onzekerheid neemt toe naarmate de benodigde correctie groter is en hangt af van de afstand van het meetpunt tot de verbindingslijn door de referentiepunten op 50 meter afstand van de

weg of het spoor. De onzekerheid in de overdrachtscorrectie bedraagt ongeveer  $\pm 20\%$  van de absolute waarde van de correctie [Probst 2005]. Het gaat om relatief kleine correcties die een onzekerheid opleveren die klein is ten opzichte van de apparatuur en statistische onzekerheid. Als bijkomend voordeel van deze methode kan nog worden genoemd dat men dichterbij de bron minder snel bijdragen van lokale geluidbronnen (niet behorend tot de rijksweg) zal ondervinden.

#### Ad c2) Validatiemetingen overdracht volgens RMG2012

Door de wegbeheerder is gewezen op een mogelijke afwijking van de huidige overdracht volgens RMG2012, ten opzichte van metingen op 1,5 in het bereik van 15 tot 40 m [TNO 2011]. De metingen in het GPP meetprogramma worden verricht op circa 4 m en volgens de standaard overdracht RMG2012 vertaald naar een meetwaarde op het dichtstbij gelegen referentiepunt. Om na te gaan in hoeverre de daarbij gehanteerde overdracht tot afwijkingen leidt, zijn op een viertal locaties aanvullend op het meetpunt overdrachtsmetingen verricht. De resultaten zijn hierna weergegeven. Bij de overdrachtsmetingen is gelijktijdig op twee meetposities over langere periode gemeten en is het gemeten niveauverschil vergeleken met een berekende overdracht volgens [RMG 2012]



Figuur 10 Vergelijking van gemeten en berekende overdracht op een viertal meetlocaties

Tabel 1 Resultaten overdrachtsvalidatie op diverse locaties

locatie	Periode	Afstanden a-b	duur	Gemeten overdracht	RMG (ISO9613-2) overdracht* $\pm 20\%$
Breukelen	2013-2014	18-44 m	2 jaar	-3.7	$-3.7 \pm 0.7$
Zevbh1_3	13/07/12	10-40 m	40 min	-5.6	$-5.7 \pm 1.1$
Zevbh1_2	2013-2016	10-60 m	2013-2016	-7.5	$-7.1 \pm 1.4$
Darp1_2	25/10/16-08/11/16	15-55 m	10 dagen	-5.3	$-5.4 \pm 1.1$

\*vrije veldoverdracht, vanuit wegverharding over grasland van a-b, beiden op 4 m hoogte

De resultaten van de overdrachtsvalidatie laten zien dat de overdracht volgens RMG 2012 (praktisch vergelijkbaar met [ISO 9613]) in het bereik van de afstanden uit tabel 1 in overeenstemming is met de gemeten overdracht. Daarmee is de meting op het meetpunt, mits de afstandsverschillen beperkt blijven, te corrigeren naar een meetwaarde volgens RMG2012 [ISO 9613] op het nabij gelegen referentiepunt, zonder dat dit tot fouten groter dan de aangehouden onzekerheidsmarge ( $\pm 20\%$ ) leidt.

*Ad d) Onzekerheden door stoorgeluid*

Dit treedt op wanneer op de meetlocatie geluidbronnen invloed hebben op het meetresultaat, die niet tot de beoogde bron (rijksweg of spoor) behoren. Bijvoorbeeld nabij gelegen industriële installaties, brommers, vliegtuigen etc. Deze bijdrage aan de onzekerheid is tot een minimum beperkt alle meetlocaties zorgvuldig te inspecteren op de afwezigheid van mogelijke stoorbronnen. In veel gevallen is er altijd enig andersoortig geluid aanwezig, maar de meetlocaties zijn zo gekozen dat de bijdrage van stoorbronnen ruim (10-15 dB) lager is dan de bijdrage van de rijksweg of het spoor. Dit wordt vergemakkelijkt doordat alle meetlocaties relatief dicht bij de beoogde bronnen liggen.

*Resulterende onzekerheid*

Genoemde onzekerheden zijn conform ISO1996-2[ISO 2007] in de gemeten geluidproductie  $L_{den}$  verwerkt en op de referentiepunten als volgt meegenomen.

$$\delta L_{den} \approx \pm \sqrt{m^2 + s^2 + (0.2\Delta_{ovd})^2}$$

Waarin,

- m : onzekerheid apparatuur  $\pm 1$  dB voor klasse-1 en  $\pm 2$  dB voor klasse-2 met maandelijks klasse-1 kalibratie
- s : statistische onzekerheid, bepaald aan de hand van de variantie van het verkregen steekproefgemiddelde uit maximaal 365 dagwaarden  $L_{den}$
- $\Delta_{ovd}$  : geluidoverdracht meetpunt–referentiepunt volgens [RMG 2012]





**RIVM**

*De zorg voor morgen begint vandaag*