

RIVM rapport 500028002/2004

Geluidmonitor 2003

Trend- en validatiemetingen omgevingsgeluid

J. Jabben, A.G.M. Dassen, C.J.M. Potma

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Milieu en Natuurplanbureau, in het kader van project 'Fysieke leefomgeving', projectnummer M/500028,

Abstract

Since 1999, RIVM is continuing a noise monitoring programme aimed at noise developments that are important for environmental quality, both in urban and rural areas.

In the framework of the programme, continuous noise measurements were made on a number of specific sites that would serve to support and validate models used in policy studies. The results of permanent noise measurements were collected from 1999 up to 2003 at the following five locations: the A2 (Breukelen) and A10 (Amsterdam) roadways and the Constant Erzeijstraat in Utrecht, whose purpose is to monitor the development of noise emissions from roadway traffic; the railway line from Utrecht to Amsterdam, where the average noise emissions from railway stock were monitored and Volkel Airbase, where noise levels are measured to monitor the noise related to military aircraft operations.

Noise monitoring results from 2003 are almost identical to the previous year. Only at the A2 roadway a slight increase in noise levels was measured. The average noise emission of light and heavy vehicles at the A2 roadway in 2003 were 107 and 110 dB(A). The average noise emission of railway carriages on the line between Utrecht and Amsterdam was 65 dB(A). At the location near the A10 roadway the noise load in 2003 was L_{den} 75 dB(A).

At Volkel airbase, the yearly average noise load at the measurement location in 2003 was approximately 2 dB lower than before. This was because of maintenance of the main runway during the second half of 2003. During this period a parallel runway was used that caused a southerly shift of equivalent noise contours.

In addition to the sites described above, in 2004 a sixth monitoring site was introduced along the railway line from Delft to Schiedam. The purpose is to monitor the emission from railway stock for various categories. The results of February 2004 are included in this report.

Abstract

Sinds 1999 voert het RIVM een monitorprogramma uit, dat gericht is op de ontwikkeling van omgevingsgeluid, zowel in stedelijk als landelijk gebied.

In het kader van dit programma worden doorlopend geluidmetingen verricht op een aantal specifieke locaties voor het registreren van trends en ter ondersteuning van modeluitkomsten gebruikt in beleidsstudies. Resultaten zijn beschikbaar van 1999 tot en met 2003 voor de volgende vijf locaties: voor wegverkeer, langs de A2 bij Breukelen, de A10-West bij Amsterdam en de Constant Erzeijstraat in Utrecht. Daarnaast de spoorweg van Utrecht naar Amsterdam en de militaire vliegbasis bij Volkel.

De resultaten uit 2003 zijn vrijwel gelijk aan het voorgaande jaar. Alleen langs de A2 werd een lichte toename van de geluidbelasting gemeten. De gemiddelde geluidemissie van lichte en zware voertuigen bij de A2 in 2003 bedroeg 107 en 110 dB(A). De gemiddelde geluidemissie per bak van het spoorwagematerieel tussen Utrecht en Amsterdam bedroeg 65 dB(A). Langs woningen aan de oostzijde van de A10 ter hoogte van de Wiltzanghlaan bedroeg de geluidbelasting Lden 75 dB(A).

De jaargemiddelde geluidbelasting in 2003 bij Volkel was 2 dB(A) lager dan in 2002. Dit werd veroorzaakt door onderhoudswerkzaamheden aan de hoofdstartbaan in de tweede helft van 2003. In die periode werd gebruik gemaakt een parallel gelegen baan waardoor de geluidcontouren in zuidelijke richting opschoven.

In aanvulling op de hierboven beschreven locaties is in februari 2004 een tweede monitorlocatie voor railverkeer in gebruik genomen langs het spoor tussen Delft en Schiedam. Het doel van deze locatie is de geluidemissie per treincategorie te kunnen monitoren. De resultaten over de maand februari van 2004 zijn in dit rapport meegenomen.

Inhoud

Samenvatting	6
1. Inleiding	9
1.1 Doelstelling	9
1.2 Monitorlocaties geluid in 2003 en 2004	9
2. Wegverkeersgeluid	13
2.1 Rijksweg A2 Breukelen	13
2.2 Rijksweg A10-West Amsterdam	16
2.3 Constant Erzeijstraat Utrecht	19
2.4 Conclusies wegverkeer	21
3. Railverkeersgeluid	23
3.1 Spoorlijn Utrecht - Amsterdam bij Breukelen	23
3.2 Spoorlijn Delft – Schiedam	25
3.3 Conclusies railverkeer	27
4. Luchtvaart	31
4.1 Metingen Vliegbasis Volkel	27
4.2 Conclusies Vliegbasis Volkel	27
5. Conclusies	37
Literatuur	39
Bijlage 1 Beschrijving meetlocaties en apparatuur	40
Bijlage 2 Gemeten indicatoren	47
Bijlage 3 Regressieanalyse meetgegevens wegverkeer	49
Bijlage 4 Normering van emissiegetallen railverkeer	51
Bijlage 5 Treincategorieën uit het reken- en meetvoorschrift railverkeer (RMV 1996)	52

Samenvatting

De onderhavige rapportage geeft een overzicht van monitorresultaten verkregen via een aantal vaste meetposten gericht op de ontwikkeling van geluidemissies door wegverkeer, railverkeer en luchtvaart. De resultaten hebben betrekking op doorlopend uitgevoerde metingen uitgevoerd in 2003. Het gaat om de volgende locaties:

- *Rijksweg A2 Breukelen*; een meetlocatie op circa 25 m aan de oostzijde van de A2 ter hoogte van Breukelen, gericht op het monitoren van de geluidemissies van het verkeer op rijkswegen;
- *Rijksweg A10- West Amsterdam*; een monitorlocatie aan de A10 - West bij Amsterdam, onder andere gericht op het geluidreducerende effect van dubbellaags zeer open asfalt beton (DZOAB) over langere periode;
- *Constant Erzeijstraat te Utrecht*; een meetlocatie gericht op de ontwikkeling van de geluidemissie van wegverkeer op stedelijke hoofdonthoudingswegen;
- *Spoorlijn Utrecht-Amsterdam bij Breukelen*; gericht op het monitoren van trends in de geluidemissie door spoorwegen;
- *Vliegbasis Volkel*; gericht op het monitoren van de geluidbelasting door het militaire vliegverkeer en de vergelijking van de gemeten geluidbelasting met de bij de vergunning berekende geluidbelasting.

Naast de bovenstaande bestaande meetlocaties en de resultaten daarvan over 2003 worden in dit rapport de eerste resultaten uit 2004 gepresenteerd van een in februari 2004 geplaatste meetopstelling langs het *spoor Delft - Schiedam*. In tegenstelling tot de locatie langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam worden op deze nieuwe locatie gelijktijdig met de geluidmetingen treincategorieën herkend, waardoor de geluidemissies per categorie bepaald kunnen worden.

De resultaten in 2003 wijken slechts licht af van de monitorresultaten uit 2002. Bij Rijksweg A2 Breukelen valt de etmaalwaarde (na afronding) nu 1 dB hoger uit dan de jaren daarvoor. Op deze locatie blijkt de geluidbelasting wat hoger te zijn dan volgens het wettelijke Rekenen Meetvoorschrift[5], zelfs indien een correctie wordt toegepast voor de relatief ongunstige geluidemissie van het wegdek ter plaatse. Bij de Constant Erzeijstraat in Utrecht werd 1 dB lager gemeten dan in het jaar daarvoor.

Op de locatie bij Volkel werd in 2003 een lagere geluidbelasting gemeten, ondanks dat er meer vluchten geregistreerd werden. Dit werd veroorzaakt door onderhoud aan de hoofdstartbaan in de tweede helft van 2003. In die periode werd gebruik gemaakt van een meer zuidelijk gelegen startbaan, waardoor in 2003 een verschuiving van de geluidcontouren in zuidelijke richting is opgetreden.

Een samenvattend overzicht van de belangrijkste resultaten uit dit rapport is opgenomen in tabel 1.

Tabel 1: Overzicht meetresultaten monitorlocaties geluid 2000-2003, eenheden in dB(A) tenzij anders vermeld

		2000	2001	2002	2003	Feb 2004
Rijksweg A2 Breukelen	Etmaal	83	83	83	84	
	Lden	81	81	81	81	
	emissie licht	107	107	107	107	
	emissie vracht	110	110	110	110	
Rijksweg A10-West Amsterdam	Etmaal	-	-	-	78	
	Lden	-	-	-	76	
Constant Erzeijstraat te Utrecht	Etmaal	-	72	72	71	
	Lden	-	70	70	69	
Spoorlijn Utrecht - Amsterdam	Etmaal	77	77	77	77	
	Lden	75	75	75	75	
	Emissie per bak	64	65	65	65	
Spoorlijn Delft - Schiedam	Etmaal					82
	Lden					81
	Emissie per bak					66/64*
Vliegbasis Volkel	Etmaal	73	71	72	70	
	Lden	70	69	69	68	
	B65 [KE]	53	50	50	48	
	Registraties [-]	4985	3538	4164	5077	

*nabije spoor (houten dwarsliggers) /verre spoor (betonnen dwarsliggers)

1. Inleiding

1.1 Doelstelling

De onderhavige rapportage betreft de resultaten van geluidmetingen aan wegverkeer, railverkeer en militaire luchtvaart, die in 2003 en deels in 2004 door het RIVM zijn verricht en zijn een vervolg op metingen vanaf 1999[1]. Deze metingen worden door het RIVM doorlopend uitgevoerd ten behoeve van het signaleren van trends in geluidemissies, onafhankelijk van modelveronderstellingen. De metingen dienen als waarborg van de kwaliteit van het modelinstrumentarium dat wordt ingezet bij de ondersteuning van het Nederlandse geluidbeleid.

De metingen worden verricht op een aantal vaste locaties en vinden vrijwel doorlopend plaats. De metingen langs verkeerswegen en langs spoorwegen zijn vooral gericht op het signaleren van trends in de geluidemissie van het wegverkeer en het spoorwegmaterieel. De geluidemissie kan uiteraard per voertuig of treinstel afzonderlijk worden gemeten, zoals dit bijvoorbeeld bij typekeuringen wordt gedaan. Dit geeft echter geen uitsluitsel of de bij een specifiek voertuig vastgestelde geluidemissie representatief is voor de verkeerssamenstelling in de praktijk. Zo zal het steeds geruime tijd duren voordat het huidige wagenpark geheel door nieuwe, mogelijk stillere, voertuigen is vervangen. Verder komt de situatie bij typekeuringen, waaraan de nieuwe voertuigen moeten voldoen, niet noodzakelijk overeen met de praktijk op de weg[2]. Door langs verkeerswegen en spoorwegen geluidniveaus te monitoren en deze te combineren met telgegevens kan de gemiddelde geluidemissie van de voertuigen in de praktijk rechtstreeks worden bepaald. Dit biedt informatie over de mate waarin maatregelen in de sfeer van bronbeleid in de praktijk werkelijk tot een lagere geluidemissies leiden en effectief zijn.

De opzet van deze rapportage is als volgt: per meetlocatie wordt steeds een beknopte opsomming gegeven van de metingen en verkeersgegevens die over 2002 zijn vastgesteld, *de signalering*. Er wordt voor elke meetlocatie een overzicht gegeven van zowel het jaarverloop van de geluidbelasting als van de etmaalverdeling van de geluidbelasting. Laatstgenoemde is belangrijk voor de signalering van verschuivingen van de geluidbelasting in het etmaal. De gemeten waarden worden vergeleken met soortgelijke gegevens uit voorgaande jaren[3,4]. Een toelichting op de gemeten geluidindicatoren is te vinden in bijlage 2.

Aansluitend op de signalering worden de resultaten geëvalueerd op beleidsrelevante aspecten en relatie met modelvorming (evaluatie), *de evaluatie*. Dit betreft aspecten als de analyse van trends, de vergelijking met resultaten uit rekenvoorschriften en de invloed van verkeersomvang en snelheid.

1.2 Monitorlocaties geluid in 2003 en 2004

Momenteel zijn er zes permanente meetlocaties in gebruik. Er zijn drie meetposten geplaatst langs verkeerswegen: de A2 bij Breukelen, de A10-West bij Amsterdam en de Constant Erzeijstraat in Utrecht. Daarnaast vinden doorlopend metingen plaats langs het spoor Utrecht-Amsterdam, eveneens bij Breukelen en de militaire vliegbasis bij Volkel. In februari 2004 is

een nieuwe meetpost geplaatst ten noorden van het spoor tussen Delft en Schiedam, waar gelijktijdig met de geluidsmetingen ook treincategorieën worden herkend. Een nadere omschrijving van de meetlocaties luidt:

- *Rijksweg A2 Breukelen*

Dit is een meetlocatie op circa 25 m afstand aan de oostzijde van de A2 ter hoogte van Breukelen. De meetpost bevindt zich bij km 46,3 en maakt gebruik van behuizing van het Landelijk Meetnet voor Luchtkwaliteit van het RIVM (LML). Bij de evaluatie van de geluidmetingen wordt gebruik gemaakt van telgegevens op uurbasis, tellus 47730 Vinkeveen, van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van Rijkswaterstaat. De metingen zijn gericht op het monitoren van trends in de gemiddelde geluidemissie per voertuig van het verkeer op rijkswegen. Aan de hand van de telgegevens wordt de geluidemissie van het lichte verkeer en het vrachtverkeer afzonderlijk vastgesteld. De eerste metingen op deze locatie zijn verricht in augustus 1999. De meetpost is vanaf februari 2000 permanent in bedrijf;

- *Rijksweg A10-West Amsterdam*

Dit is een meetlocatie aan de oostzijde van de A10 ter hoogte van de Wiltzanghlaan. De meetpost is in maart 2003 in gebruik genomen. Bij het grootschalig onderhoud van de A10-West in 2001 is op deze locatie geluidarm asfalt toegepast. Het gaat om dubbellaags zeer open asfaltbeton (DZOAB). De metingen beogen onder meer het geluidreducerende effect van dit type asfalt over langere periode te volgen;

- *Constant Erzeijstraat te Utrecht*

Dit is een binnenstedelijke meetlocatie gericht op de ontwikkeling van de geluidemissie van wegverkeer op stedelijke hoofdontsluitingswegen. De meetpost is vanaf maart 2001 permanent in bedrijf. In tegenstelling tot de meetlocatie bij de A2 worden hier geen telgegevens geregistreerd;

- *Spoorlijn Utrecht-Amsterdam*

Deze meetlocatie staat aan de oostzijde van het spoor tussen Utrecht en Amsterdam eveneens ter hoogte van Breukelen. De metingen zijn gericht op het monitoren van trends in de geluidemissie door spoorwegen. Daarnaast worden zij gebruikt als indicatieve toets van de geluidemissie zoals die volgt uit het Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï van 1996[5]. Er vindt op deze locatie geen onderscheid plaats naar de geluidemissie per categorie. Bij de treinpassages wordt alleen geluid gemeten en is er geen gelijktijdige registratie van het treintype;

- *Spoorlijn Delft-Schiedam*

Dit is een nieuwe meetlocatie aan de zuidzijde van het spoor tussen Delft en Schiedam en is eveneens gericht op het monitoren van trends in de geluidemissie door spoorwegen. Naast registratie van het geluidniveau tijdens de treinpassages vindt op deze locatie tevens herkenning van treintypen plaats. Doordat geluidniveaus kunnen worden gekoppeld aan de treincategorieën is nadere differentiatie naar de verschillende categorieën mogelijk. Dit biedt nuttige informatie bij bronbeleid gericht op vermindering van railverkeerslawaaï;

- *Vliegbasis Volkel*

Deze meetlocatie ligt in het verlengde van de startbaan van de militaire vliegbasis Volkel, op circa 2 km afstand ten zuidwesten van de baandrempel. De meetpost is vanaf 2 maart 2000 permanent in bedrijf. De metingen bieden een check op de modelvorming die ten grondslag ligt aan de zonering van militaire vliegvelden. De Koninklijke Luchtmacht (KLU) stelt daartoe voor deze locatie geluidgegevens van het Nationaal Ruimtevaart Laboratorium

(NLR) beschikbaar. De metingen aan militaire luchtvaart bij vliegbasis Volkel zijn vooral gericht op het monitoren van de geluidbelasting door het vliegverkeer van en naar de basis Volkel, ten zuiden van de woonkern Volkel. Daarnaast wordt de gemeten waarde vergeleken met de berekende waarde voor de geluidbelasting op de locatie van de meetpost. Deze berekende waarde wordt verkregen van het NLR die de geluidbelasting rondom Volkel jaarlijks berekent in het kader van de handhaving.

De situering van hiervoor beschreven meetlocaties en de technische omschrijving is nader weergegeven in bijlage 1.

Navolgend worden in de hoofdstukken 2 (wegverkeer), 3 (railverkeer) en 4 (luchtvaart) voor de bovenstaande vijf meetposten de meetresultaten van 2003 gepresenteerd en geëvalueerd.

2. Wegverkeersgeluid

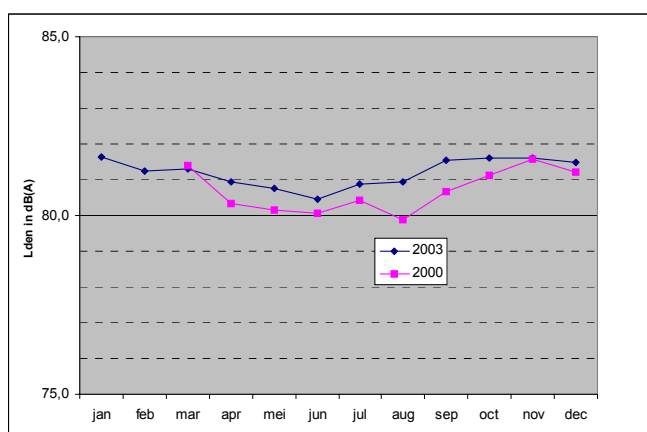
2.1 Rijksweg A2 Breukelen

2.1.1 Meetresultaten 2003

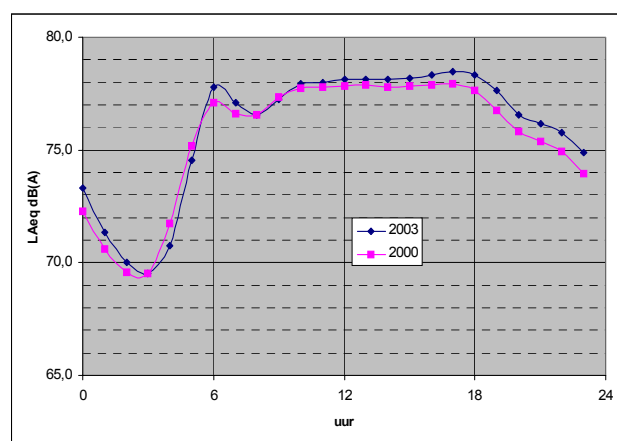
De meetlocatie is weergegeven figuur 2.1.1 en in bijlage 1. Het maandgemiddelde jaarverloop en het jaargemiddelde 24-uursverloop in 2003 zijn weergegeven in figuren 2.1.2 en 2.1.3.



Figuur 2.1.1 De meetlocatie langs de rijksweg A2 bij Breukelen, maart 2000



Figuur 2.1.2 Jaarverloop geluidbelasting Rijksweg A2 Breukelen; 2003 en 2000



Figuur 2.1.3 Gemiddeld 24-uurs verloop A2 Breukelen 2003 en 2000

In tabel 2.1.1 zijn de gemiddelde geluidniveaus voor dag-, avond- en nachtperiode gerubriceerd

Tabel 2.1.1 Geluidniveaus, A2 Breukelen 2000-2003

	2000	2001	2002	2003
LAeq, 7-19u	77,6	77,8	77,7	77,9
LAeq, 19-23u	75,8	76,4	76,2	76,6
LAeq, 23-7u	73,3	73,4	73,2	73,7
Lden	80,8	81	80,8	81,2

In de tabellen 2.1.2 en 2.1.3 zijn de tel- en snelheidsgegevens voor de locatie aangegeven (tellus 47730 Vinkeveen), verkregen van de AVV.

Tabel 2.1.2 Telgegevens verkeer A2 Breukelen 2000-2003

		2000	2001	2002	2003
licht	Etmaal	122520	124912	124777	126031
	Dag	74%	74%	74%	74%
	Avond	15%	15%	15%	15%
	Nacht	11%	11%	11%	11%
vracht	Etmaal	15347	13508	13815	12669
	Dag	73%	72%	73%	72%
	Avond	10%	9%	9%	9%
	Nacht	17%	13%	18%	19%

Tabel 2.1.3 Snelheidsgegevens verkeer A2 Breukelen 2000-2003

		2000	2001	2002	2003
licht	Dag	102	102	106	104
	Avond	110	111	114	114
	Nacht	112	114	117	116
vracht	Dag	84	84	86	84
	Avond	89	90	91	89
	Nacht	89	92	91	90

Geluidemissies

In tabel 2.1.3 zijn de gemiddelde voertuiggeluidemissies¹ van het verkeer weergegeven. Deze zijn bepaald met behulp van lineaire regressieanalyse (zie bijlage 3).

Tabel 2.1.4 Geluidemissies van het verkeer in dB(A), Rijksweg A2 Breukelen

		2000	2001	2002	2003
licht verkeer	Dag	106,7	106,9	107,1	107,5
	Nacht	107,5	108,0	108,3	108,6
	24-uur	106,7	107,0	107,0	107,3
vrachtverkeer	Dag	109,5	109,3	108,7	107,8
	Nacht	111,5	111,0	111,3	111,4
	24-uur	110,3	110,0	110,1	110,4

¹ Dit betreft het A-gewogen geluidvermogen L_{WA} in dB ref. 10^{-12} Watt

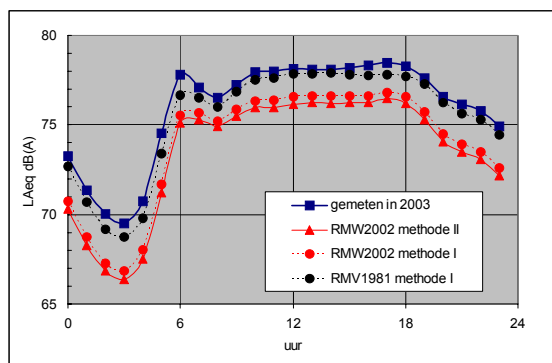
2.1.2 Evaluatie

Trendontwikkeling

De verschillen in de emissies ten opzichte van voorgaande jaren zijn klein. De emissie van het lichte verkeer in de nachtperiode blijkt in 2003 wat hoger dan in 2000, mogelijk doordat de gemiddelde rijnsnelheid licht in deze periode is toegenomen. De etmaalwaarde valt daardoor (na afronding 1 dB) hoger uit dan in 2003. De voertuigen hebben de hoogste geluidemissie in de nachtperiode als de snelheden wat hoger liggen. Ten opzichte van het jaar 2000 zijn de gemeten niveau's iets toegenomen. Het gaat echter om minder dan 0,5 dB(A) wat nog juist binnen de marge van de meetnauwkeurigheid ligt.

Vergelijking gemeten geluidbelasting met wettelijk rekenvoorschrift

De verkeersgegevens (intensiteiten en rijnsnelheden voor elk uur dat gemeten is) zijn gebruikt om de gemeten waarden te vergelijken met berekende waarden. Dit is gedaan voor de zowel het huidige Reken- en Meetvoorschrift voor Wegverkeer (RMW2002[6], standaard methoden SRM I en II) als het oude (RMV1981[7], standaardmethode I). De resultaten zijn weergegeven figuur 2.1.4 en tabel 2.1.5.



Figuur 2.1.4 Gemeten etmaalverloop A2 Breukelen, 2003 in vergelijking met rekenvoorschriften uit 2002 en 1981

Tabel 2.1.5 Vergelijking van de gemeten geluidbelasting met het oude en nieuwe reken- en nieuwe reken- en meetvoorschrift

	dag	avond	nacht	Lden
2003 als gemeten	77,9	76,6	73,7	81,2
2003 volgens SRM II_2002	-1,9	-2,5	-2,9	-2,6
2003 volgens SRM I_2002	-1,5	-2,1	-2,5	-2,2
2003 volgens SRM I_1981	-0,4	-0,4	-0,9	-0,7

Toepassing wegdekcorrectieterm volgens CPX methode

Uit figuur 2.1.4 en tabel 2.1.4 blijkt dat het 24-uurs verloop van het equivalente geluidniveau als bepaald volgens het reken- en meetvoorschrift RMW2002, 2 tot 3 dB hoger ligt dan het gemeten verloop. De metingen hebben slechts betrekking op één locatie en daarom kan uit dit resultaat niet worden geconcludeerd dat het rekenvoorschrift RMW 2002 in het algemeen lagere uitkomsten geeft als bij metingen. Het verschil op de locatie is echter aanzienlijk en daarom is er nader onderzoek verricht naar de wegdekgesteldheid ter plaatse[8]. Het wegdek op de locatie bestaat uit Dicht Asfalt Beton (DAB). Uit het onderzoek, waarbij geluidmetingen met de Close Proximity (CPX) methode zijn verricht, blijkt dit wegdek gemiddeld circa 1,5 dB(A) meer geluid te veroorzaken, dan de geluidemissie die standaard aan dit type wegdek in het rekenvoorschrift wordt toegekend. Deze waarde geldt voor *lichte motorvoertuigen*. Aangezien deze categorie het grootste deel van de verkeersstroom vormt kan deze waarde als een goede indicatie worden beschouwd. De verschillen in tabel 2.1.4 zijn dus voor een deel terug te voeren op het DAB wegdek ter plaatse, waarvan de geluidemissie hoger is dan van het standaard DAB referentiewegdek uit RMW 2002. In tabel 2.1.6 zijn de gecorrigeerde waarden volgens RMW2002 aangegeven, na een wegdekcorrectie van +1,5 dB.

Tabel 2.1.6 Verschillen tussen gemeten waarden in 2003 en RMW2002 na +1,5 dB wegdekcorrectie

	dag	avond	nacht	Lden
gemeten in 2003	77,9	76,6	73,7	81,2
SRM2 (2002)	-0,4	-1	-1,4	-1,1
SRM1 (2002)	0	-0,6	-1	-0,7

De overeenkomst tussen meten en rekenen in tabel 2.1.6 is, in het licht van meet- en rekenonzekerheden, nu beter maar het voorschrift komt gemiddeld nog steeds wat lager uit dan de metingen.

Een vraag die zich uit het voorafgaande opdringt is in welke mate de standaard geluidemissie voor DAB, zoals die in RMW 2002 wordt voorgeschreven in de praktijk van toepassing is. De mogelijkheid dat bij DAB wegdekken in de praktijk 1,5 dB hogere emissies kunnen optreden dan die voor het standaard DAB wegdek uit RMW 2002 is een aandachtspunt bij akoestische onderzoeken in het kader van bijvoorbeeld bouw- of saneringsprojecten, waarbij toetsing aan wettelijke grenswaarden van belang is.

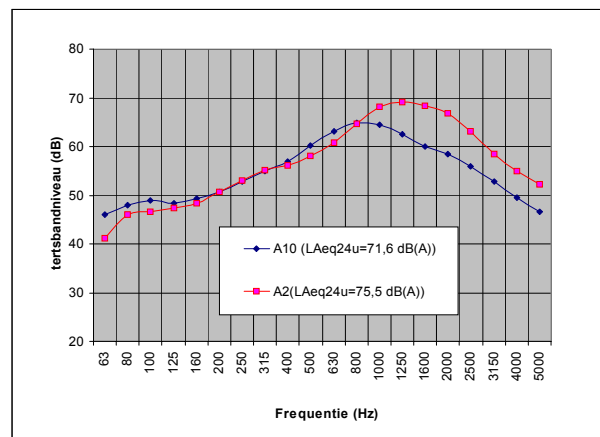
2.2 Rijksweg A10-West Amsterdam

2.2.1 Meetresultaten 2003

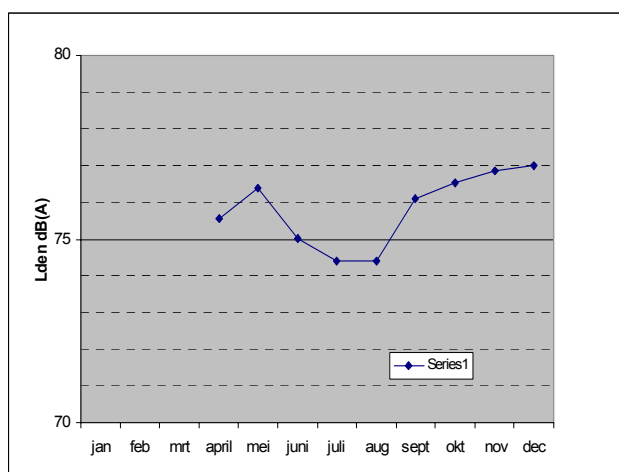
De meetlocatie is weergegeven in figuur 2.2.1 en in bijlage 1. In figuur 2.2.2 is het spectrum weergegeven en tevens vergeleken met dat gemeten op de locatie bij Breukelen. Het maandgemiddelde jaarverloop en het jaargemiddelde 24-uursverloop in 2003 zijn weergegeven in figuur 2.2.3 en figuur 2.2.4.



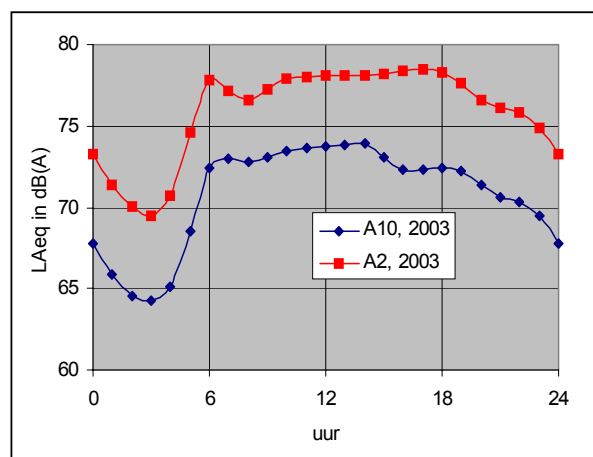
Figuur 2.2.1 De meetlocatie bij de A10-West



Figuur 2.2.2 Gemiddelde tertsspectra Rijksweg A10-West in vergelijking met Breukelen A2, 2003



Figuur 2.2.3 Maandgemiddeld jaarverloop van het Lden op de locatie langs de A10-West Amsterdam, inclusief 2 dB aftrek ivm gevelreflectie



Figuur 2.2.4 Gemiddeld 24-uurs verloop langs de A10 West bij Amsterdam in vergelijking met A2 bij Breukelen over 2003, A10 inclusief 2 dB(A) aftrek ivm gevel

In tabel 2.2.1 zijn de gemiddelde niveaus voor dag-, avond- en nachtperiode en de tel- en snelheidsgegevens voor de locatie aangegeven. Ter vergelijking zijn tevens de waarden voor de locatie A2 Breukelen aangegeven.

Tabel 2.2.1 Vergelijking gemeten geluidniveaus 2003 over dag-, avond- en nachtperiode, verkeersintensiteiten en rijsnelheden in km/u A10-West Amsterdam, 2003,

		cat	A10 - West*	A2 Breukelen	
wegdek			DZOAB	Dicht asfaltbeton	Vershil
geluidniveau dB(A)	Dag 19-23 u		73,0	77,7	4,7
	Avond 19-23 u		71,1	76,2	5,1
	Nacht 23-7 u		68,0	73,2	5,2
	Letmaal		78,0	83,2	5,2
	Lden		75,8	80,8	5,0
Etmaalintensiteit **		Licht	99.533	126.031	26.498
		vracht	9.402	12.669	3.267
Rijsnelheid in km/u**	Dag 19-23 u	Licht	87	104	17
		vracht	75	85	10
	Avond 19-23 u	Licht	93	114	21
		vracht	84	91	7
	Nacht 23-7 u	Licht	96	116	20
		vracht	84	91	7

* op de gemeten waarden is 2 dB(A) aftrek toegepast i.v.m. gevelreflectie

** bron AVV, A10: tellus 35675: 10R 25,587 en A2: tellus 47730 Vinkeveen

Geluidemissies

Evenals bij de Rijksweg A2 bij Breukelen is met behulp van de telgegevens en regressieanalyse een gemiddelde geluidemissie voor personenauto's en vrachtauto's bepaald. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.2.2.

Tabel 2.2.2 Vergelijking van de emissie van het verkeer op de A10-West bij Amsterdam en de A2 bij Breukelen

Locatie	Personenauto's		Vrachtauto's	
	Dag 7-19	Nacht 23-7	Dag 7-19	Nacht 23-7
A10 - West A'dam 2003	102,7	102,8	103,8	107,7
A2 Breukelen 2003	107,5	108,6	107,8	111,4
Vershil	-4,8	-5,8	-4	-3,7

2.2.2 Evaluatie

Vergelijking met de geluidemissies van de A2 bij Breukelen

De invloed van het stille asfalt is duidelijk te zien in het spectrum uit figuur 2.2.2. Het reducerende effect treedt op in het frequentiegebied vanaf 800 Hz. De emissiegetallen voor de A10 liggen gemiddeld ongeveer 5 dB(A) lager dan de emissiegetallen die bij Breukelen zijn gemeten. Dit is het gezamenlijke effect van de lagere rijsnelheden en het geluidarme asfalt op de A10. Uit tabel 2.2.2 blijkt dat de rijsnelheden op de A10 lager liggen dan op de A2 bij Breukelen. Volgens het Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaai RMW2002 betekent dit een reducerend effect van circa 1 dB(A) in de geluidemissie. Het overige deel van de verschillen in tabel 2.2.2 kan worden toegeschreven aan de werking van het geluidarme asfalt, die daarmee circa 4 dB(A) bedraagt *ten opzichte van het DAB bij Breukelen*. Dit wegdek geeft echter 1,5 dB meer geluidemissie dan een standaard DAB referentie wegdek uit het Reken en Meetvoorschrift (zie 2.1.2, CPX meting), resulterend in een reductie van DZOAB ten opzichte van het standaard DAB van maar 2,5 dB. De jaargemiddelde waarde blijft dan 2,5 dB achter bij de reductie die in de 'Cwegdek lijst' van de CROW wordt gegeven (zie <http://www.stillerverkeer.nl/stillewegdekken/index.htm>). Voor zowel personenauto's als vrachtauto's geeft deze lijst een reductie van 5 dB(A) bij de rijsnelheden uit tabel 2.2.2 ten opzichte van een standaard DAB wegdek.

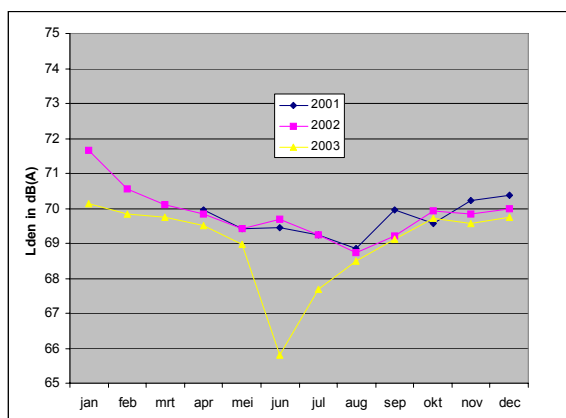
Onzekerheden

Tenslotte wordt opgemerkt dat bij bepaling van de emissies bij de A10 rekening moet worden gehouden met relatief ruime onzekerheidsmarges ($\sim \pm 1,0$ dB). Dit heeft te maken met de toegepaste correctie (-2 dB) voor gevelreflectie ('A2-Breukelen' is een vrije veld situatie) en de correctie aan de hand van de CPX meting op de A2 bij Breukelen. Gezien de benodigde correcties is een goede, nauwkeurige vergelijking tussen de wegdekken op de A2 en de A10 niet goed mogelijk. De meting is dan ook niet bedoeld als algemeen geldig resultaat met betrekking tot het effect van DZOAB ten opzichte van DAB, maar geeft slechts een indicatie daarvan op één meetlocatie. Doel van de meting is vooral trends in beeld te brengen, bijvoorbeeld een eventuele afname van het geluidreducerend effect over een aantal jaren door verandering van de wegdekgesteldheid. Voor een goede nauwkeurige bepaling van het effect van DZOAB ten opzichte van (standaard) DAB zijn de metingen niet geschikt.

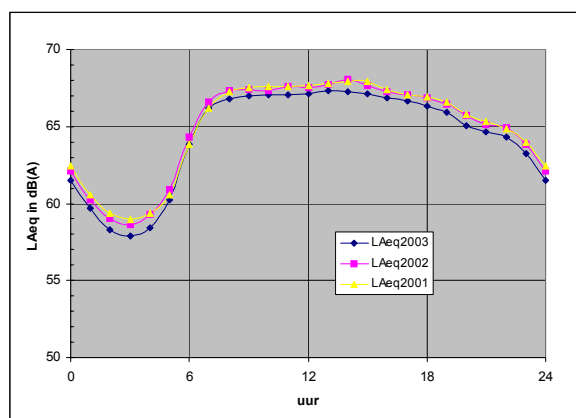
2.3 Constant Erzeijstraat Utrecht

2.3.1 Meetresultaten 2003

De meetlocatie is weergegeven in figuur 2.3.3 en in bijlage 1. Het maandgemiddelde jaarverloop en het jaargemiddelde 24-uursverloop in 2003 zijn weergegeven in figuur 2.3.1 en figuur 2.3.2, waarin de waarden tevens zijn vergeleken met de waarden in 2000 en 2001. In tabel 2.3.1 zijn de gemiddelde niveaus voor dag-, avond- en nachtperiode aangegeven.



Figuur 2.3.1 Gemeten jaarverloop van het Lden in dB(A) Constant Erzeijstraat Utrecht 2001 t/m 2003



Figuur 2.3.2 Gemiddeld etmaalverloop Constant Erzeijstraat in Utrecht 2001 t/ 2003

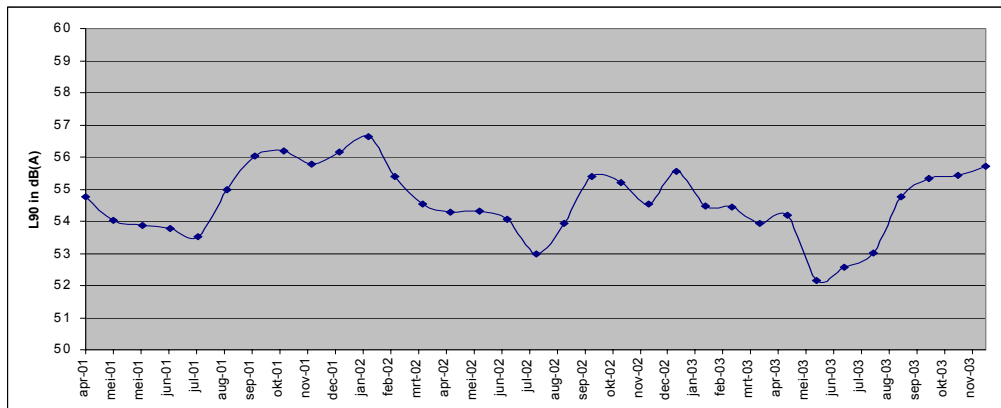


Figuur 2.3.3 De meetlocatie in de Constant Erzeijstraat in Utrecht

Tabel 2.3.1 Gemeten geluidniveaus Constant Erzeijstraat Utrecht in 2000, 2001 en 2002

jaar	2001	2002	2003
LAeq,dag	67,4	67,4	66,9
LAeq,avond	65,7	65,6	65
LAeq,nacht	61,5	61,9	60,9
Etmaal	71,5	71,9	70,9
Lden	69,7	69,9	69,2
L90	55,2	54,8	54,4

In figuur 2.3.3 is het verloop van het achtergrond niveau L90 weergegeven. De gemiddelde waarden over de jaren 2001; 2002 en 2003 bedroegen respectievelijk 55,2 ; 54,8 en 54,4 dB(A).



Figuur 2.3.4 Gemeten jaarverloop van het achtergrondniveau; (L90 in dB(A)); Constant Erzeijstraat Utrecht 2001 t/m 2003

2.3.2 Evaluatie

Voor de locatie aan de Constant Erzeijstraat zijn geen telgegevens beschikbaar en er is daarom geen analyse van geluidemissies per voertuigcategorie gemaakt. De locatie geeft alleen de trend weer die in benadering karakteristiek is voor het geluidbeeld in dit type omgeving. Over de jaren 2001 en 2002 is er geen significante wijziging in het beeld opgetreden. In 2003 is een iets lager niveau gemeten, met name doordat in de maand juni een lager niveau is gemeten.

Bij zowel de equivalente niveau's als ook de achtergrondniveau's is evenals bij de locaties langs de A2 en de A10 een toename te zien in de wintermaanden ten opzichte van de zomermaanden. Het verschil bedraagt maximaal ca 3 dB(A). Dit geeft aan dat deze seizoensinvloed niet alleen voor het verkeer op rijkswegen optreedt, maar ook op de stedelijke '50 km/u' wegen.

2.4 Conclusies wegverkeer

Rijksweg A2 Breukelen

De verschillen in de emissies ten opzichte van voorgaande jaren zijn klein. De emissie van het lichte verkeer in de nachtperiode blijkt in 2003 wat hoger dan in 2000, mogelijk doordat de gemiddelde rijnsnelheid in deze periode licht is toegenomen. De etmaalwaarde valt daardoor (na afronding 1 dB) hoger uit dan in 2003.

Het Reken- en Meetvoorschrift RMW 2002 geeft voor standaard DAB wegdek een circa 2,5 dB lagere geluidbelasting dan de gemeten waarde bij de A2. Dit is voor een deel terug te voeren op het DAB wegdek ter plaatse, waarvan de geluidemissie circa 1,5 dB hoger is dan van het standaard DAB referentiewegdek uit het Reken en Meetvoorschrift. Ook na correctie voor het wegdek zijn ligt de berekende waarde nog steeds wat lager dan de gemeten waarde.

Rijksweg A10-West Amsterdam

Een indicatie van de geluidreductie van het DZOAB wegdek op de A10 bedraagt 4 dB ten opzichte van het DAB wegdek op de A2 bij Breukelen en 2,5 dB en ten opzichte van een standaard DAB wegdek uit het Reken- en Meetvoorschrift RMW 2002. Hierbij moet rekening worden gehouden met ruime onzekerheidsmarges.

Constant Erzeijstraat Utrecht

In 2003 is een iets lager niveau gemeten, met name doordat in de maand juni een lager niveau is gemeten.

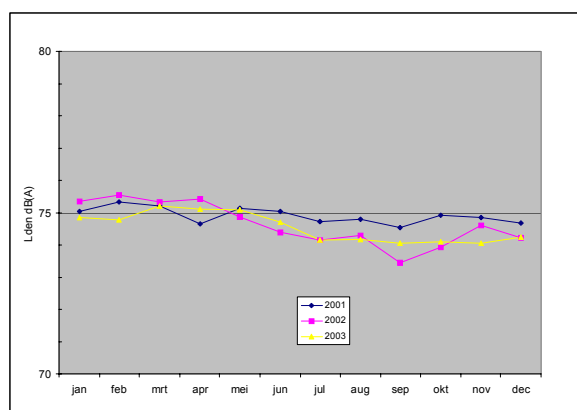
3. Railverkeersgeluid

3.1 Spoorlijn Utrecht - Amsterdam bij Breukelen

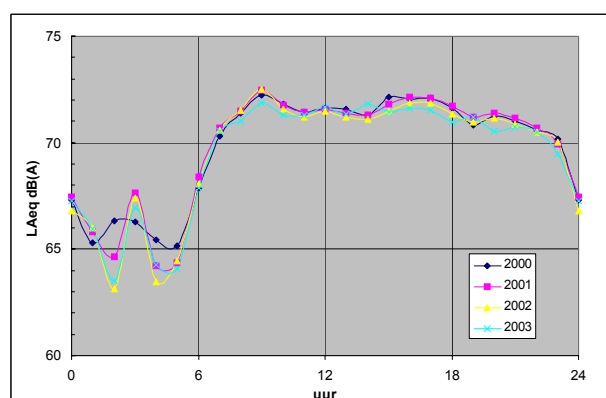
3.1.1 Meetresultaten 2003

De meetlocatie is weergegeven in bijlage 1.

Het maandgemiddelde jaarverloop en het jaargemiddelde 24-uursverloop zijn weergegeven in figuur 3.1.1 en figuur 3.1.2, waarin tevens is vergeleken met metingen uit 2001 en 2002. In tabel 3.1.1 zijn de gemiddelde niveaus en het aantal gemeten passages voor de dag-, avond- en nachtperiode gerubriceerd vanaf het jaar 2000.



Figuur 3.1.1 Gemeten jaarverloop van het Lden in dB(A) Spoor Utrecht-Amsterdam 2001 t/m 2003



Figuur 3.1.2 Gemiddeld etmaalverloop Spoor Utrecht - Amsterdam in 2000 t/m 2003

Tabel 3.1.1 Vergelijking gemeten geluidniveaus en aantal passages per maand Spoor Utrecht-Amsterdam bij Breukelen in 2000 t/m 2003

		2000	2001	2002	2003
Geluidniveau	LAeq,7-19u	71,7	71,7	71,5	71,4
	LAeq,19-23u	70,9	71,1	70,9	70,8
	LAeq,23-7u	67	67	66,8	66,6
	Letm	77,0	77,0	76,8	76,6
	Lden	74,9	74,9	74,7	74,5
passages/maand	Dag, 7-19u	7853	5850	5976	6472
	Avond, 19-23u	1946	1609	1547	1658
	Nacht, 23-7u	1629	1223	1152	1226

3.1.2 Evaluatie

Gemiddelde emissie per passage

Op de locatie vindt geen treindetectie plaats (geen registratie van treintype, aantal bakken en snelheid). Daardoor kunnen er geen emissiegetallen per categorie worden bepaald. De emissie kan alleen als gemiddelde over alle treincategorieën worden vastgesteld. De methode die daarvoor is toegepast is nader weergegeven in bijlage 4. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3.1.2.

Tabel 3.1.2 Emissiegetallen spoor Utrecht-Amsterdam tot en met 2003

	Periode	ASWIN ¹	2000	2001	2002	2003
Gemeten aantal bakken per uur (alle categorieën)	Dag	153	190	142	145	160
	Avond	130	141	117	112	123
	Nacht	50	59	44	42	45
LAeq in dB(A)	Dag	72,5	71,7	71,7	71,5	71,4
	Avond	72,2	70,9	71,1	70,9	70,8
	Nacht	67	67	67	66,8	66,6
Genormeerd Emissiegetal E* ²	Dag	64,9	63,9	65,2	64,9	64,3
	Avond	65,3	64,4	65,4	65,4	64,9
	Nacht	64,3	64,3	65,5	65,5	65
	24-uur	64,8	64,2	65,4	65,2	64,6

¹ASWIN R2001 v6/02, traject386 km 20490

² de geluidemissie bij 1 bak per uur in dB(A) zie bijlage 4; aangenomen is 9 bakken per trein

Ten opzichte van de voorgaande jaren zijn de verschillen gering, zowel met betrekking tot verkeersvolume als met betrekking tot het gemeten jaar- en gemiddelde etmaalverloop. De geluidemissies stemmen vrij goed overeen met de waarden uit het akoestisch spoorboekje (ASWIN).

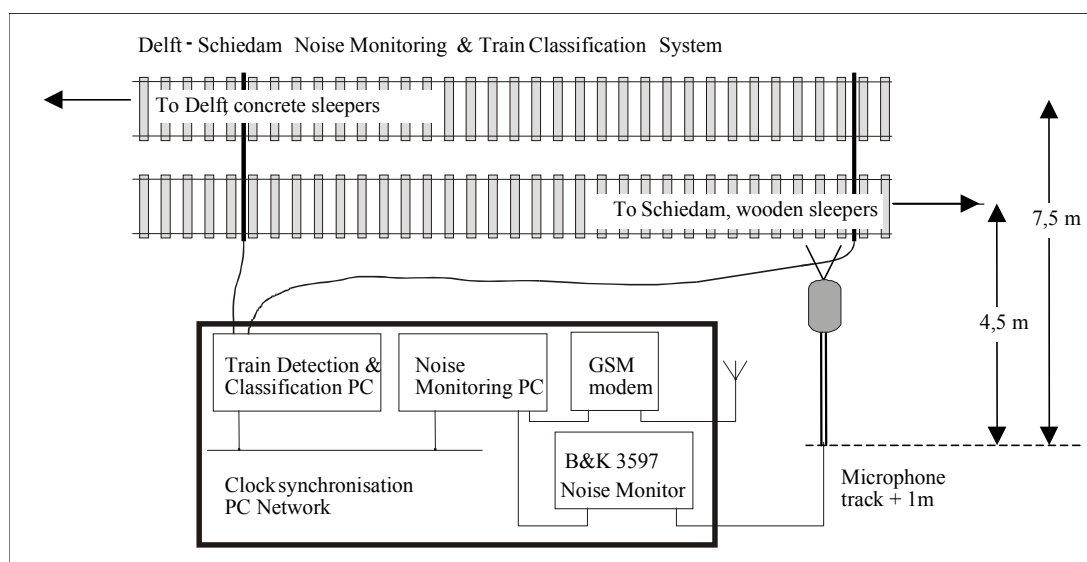
3.2 Spoorlijn Delft – Schiedam

In aanvulling op de hiervoor beschreven meetlocatie langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam is in februari 2004 door het RIVM in samenwerking met Prorail nog een tweede meetlocatie aan railverkeer in gebruik genomen. Naast meting van het geluidniveau bij treinpassages vindt op deze nieuwe meetlocatie tevens gelijktijdige registratie van het type trein plaats. Daardoor wordt het mogelijk om de geluidemissie van het spoor niet alleen als totaal, maar tevens per categorie te monitoren. Dit biedt een beter inzicht in de akoestische ontwikkeling van het materieel en betere mogelijkheden om verkeersgegevens en geluidemissies uit het standaard Reken- en Meetvoorschrift (RMR96[5]) te valideren.

3.2.1 Meetopstelling en resultaten

De meetopstelling is weergegeven in figuur 3.2.1 en 3.2.2. De meetopstelling is continu in bedrijf en bestaat uit twee afzonderlijke elementen:

1. Een geluid monitor systeem
2. Een trein detectie en classificatie systeem



Figuur 3.2.1 Geluid Monitor Systeem met treindetectie en classificatie langs het spoor tussen Delft en Schiedam, geplaatst februari 2004



Figuur 3.2.2 Overzicht monitor opstelling railverkeer, Spoor Delft-Schiedam, februari 2004

Het geluidmonitorsysteem bestaat uit een omkaste analyser in combinatie met een buitenmicrofoon. Deze is bevestigd op een kort statief op circa 1 m ten opzichte van de bovenkant van het spoor en op circa 6 m afstand van de hartlijn tussen de beide sporen. De analyser is gekoppeld aan een PC die voor de dataverzameling en opslag zorgt. De data wordt via GSM modem door het RIVM in Bilthoven uitgelezen. De instelling is zodanig dat alleen treinpassages, waarbij gedurende tenminste 2 seconden het niveau meer dan 75 dB(A) bedraagt, worden geregistreerd. De PC's voor treindetectie en geluidmeting doen hun dataregistratie afzonderlijk. Door synchronisatie van hun interne klok (Network Time Control) is het echter na uitlezing van de geregistreeerde treintypegegevens en geluidgegevens mogelijk deze met elkaar te 'matchen'. Van belang is verder dat het nabije spoor voorzien is van houten dwarsliggers en het verre spoor van betonnen dwarsliggers.

Resultaten Equivalent geluidniveau's, februari 2004

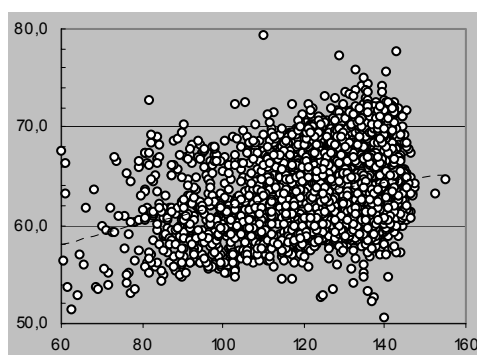
Van 29 dagen in februari 2004, is de data gemeten op 1, 3, 7 en 8 februari niet meegenomen, in verband met sterke wind. Na 'matching' van de trein passages van de resterende 25 dagen met de geluid-events en verwijdering van 303 gelijktijdige passages op beide sporen was een totaal van 8687 events geschikt voor validatie van geluidniveaus en emissies. In tabel 3.2.1 zijn de gemeten equivalente geluidniveau's over de maand februari 2004 vergeleken met de waarden verkregen uit het 'Akoestisch Spoorboekje' (ASWIN, peiljaar R2001 v 6/02), welke gebaseerd zijn op het standaard reken- en meetvoorschrift uit 1996 (RMR 1996[6])

Tabel 3.2.1 Vergelijking tussen gemeten en berekende equivalente geluidniveau's (ASWIN R2001 v6/02 , traject 550, km 75000) langs het spoor tussen Delft en Schiedam, alle waarden in dB(A)

	nabije spoor (houten dwarsliggers) op 4,5 m			verre spoor (betonnen dwarsliggers) op 7,5 m		
	7.00-19.00 h	19.00-23.00 h	23.00-7.00 h	7.00-19.00 h	19.00-23.00 h	23.00-7.00 h
berekend	77,3	76,9	71,2	73,0	72,6	66,9
gemeten	76,5	76,2	70,6	71,9	71,4	66,8
verschil	0,8	0,7	0,6	1,1	1,2	0,1

Resultaten emissie getallen

Van de geregisteerde passages is het genormeerde emissiegetal bepaald als beschreven in bijlage 4. Deze zijn allen weergegeven in fig 3.2.1.



Figuur 3.2.3 Geluidemissies in dB(A) vs snelheid (km/h), Delft – Schiedam, Feb 2004

3.2.2 Evaluatie

De gemeten en berekende geluidniveau's vertonen goede overeenkomst; verschillen blijven beperkt tot maximaal circa 1 dB(A), waarbij de berekende waarden wat hoger uitkomen. Uit figuur 3.2.3 blijkt dat de emissiegetallen van de treinpassages *onderling* aanzienlijke verschillen vertonen en een bereik van 15-20 dB(A) omvatten. Met behulp van de informatie uit het trein detectiesysteem is een bij deze passages een nader onderscheid gemaakt in de emissiegetallen per treincategorie. In tabel 3.2.2 zijn het aantal geregisteerde treinpassages en de gemeten geluidemissies voor beide sporen vergeleken met waarden uit het rekenvoorschrift.

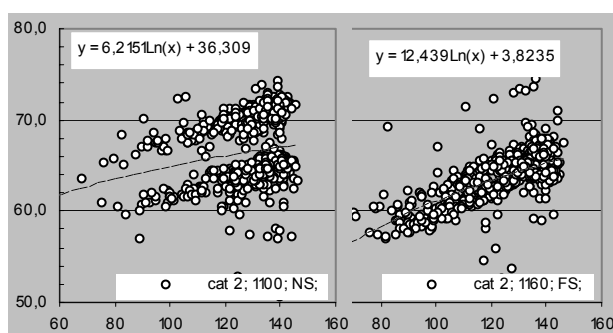
Tabel 3.2.2 Vergelijking van het aantal bakken (wagons) en geluidemissies, zoals geregistreerd en gemeten en de waarden volgen ASWIN (traject 550, km 75.000), Delft-Schiedam; februari 2004

	gemiddeld aantal bakken per uur						snelheid km/u		gem. geluidemissie/m bij 1 bak /uur, E_c^* dB(A)					
	dag		avond		nacht		reken	meet	nabije spoor op 4,5 m			verre spoor op 7,5 m		
cat ²	reken	meet	reken	meet	reken	meet			reken	meet	verschil	reken	meet	verschil
8	64,3	55,7	53,2	47,5	18,7	17,3	140	133	62,3	63,4	-1,1	60,3	61,4	-1,1
2	54,3	52,0	54,2	48,2	13,0	9,6	140	129	68,7	67,8	0,9	66,7	64,7	2
1	16,7	14,5	11,1	12,5	3,6	6,2	140	130	67,5	68,7	-1,2	65,5	66,9	-1,4
9	6,3	4,0	8,1	4,9	0,5	0,6	140	130	63,3	62,6	0,7	61,3	60,6	0,7
4	2,7	0,9	0,0	1,1	1,5	0,2	80	98	64,4	65,2	-0,8	62,4	65,3	-2,9
3	0,1	0,3	0,0	0,2	0,0	0,2	80	112	58,8	64,9	-6,1	57,8	61,7	-3,9
alle	144,5	127,3	126,7	114,4	37,2	34,0	139	130	66,3	66,4	-0,1	64,3	63,9	0,4

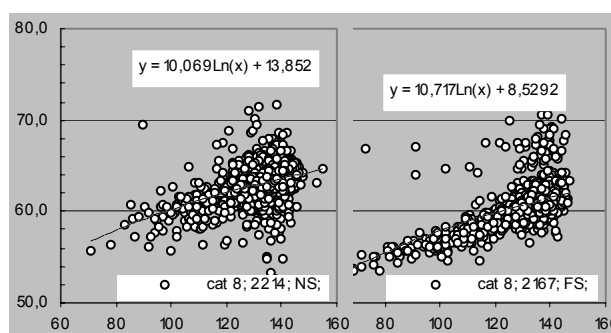
² typen uit RMR 1996 zijn:

1. Mat64, Duits Materieel (DB) reizigers treinen met gietijzeren blok-remmen
2. ICR, ICMIII, DDM-1, SNCF, TEE, B reizigers treinen met overwegend schijfremmen en toegevoegde gietijzeren blok-remmen
3. SGM 2/3 stop treinen met uitsluitend schijf-remmen
4. CARGO Goederen treinen met gietijzeren blok-remmen
8. IRM, ICM4, DDM2/3 reizigers treinen met schijfremmen en toegevoegde niet-ijzeren blok-remmen
9. Thalys, hoge snelheidsmaterieel met hoofdzakelijk schijfremmen

Hoewel de berekende en gemeten geluidniveaus' s in tabel goede gelijkenis vertonen zijn er in tabel 3.2.2 duidelijk verschillen in de geluidemissie *per categorie*. In het bijzonder valt op dat in het rekenvoorschrift de geluidemissies van treinen in categorie 3 en 8 lager uitvallen. De verklaring is dat voor deze treinen de aangenomen rijsnelheden aanzienlijk lager liggen dan de werkelijk geregistreerde snelheden. Het spoor met houten dwarsliggers geeft ruim 2 dB meer geluidemissie dan het spoor met betonnen dwarsliggers. De verschillen in het aantal treinen als geregistreerd en volgens ASWIN, in het bijzonder voor de belangrijkste categorieën 2 en 8 zijn relatief gering. Met betrekking tot de gemiddelde geluidemissie van alle categorieën, blijft het verschil in geluidemissie beperkt tot minder dan 0,5 dB(A). Verder inzicht in de juiste specificatie van geluidemissie wordt gegeven door figuur 3.2.4 en figuur 3.2.5, waarin de geluidemissies als functie van de rijsnelheid afzonderlijk voor een aantal verschillende categorieën zijn weergegeven. Uit deze figuren blijkt dat binnen eenzelfde categorie, de treinen niet steeds dezelfde emissie laten zien. In het bijzonder is dit het geval voor categorie 2.

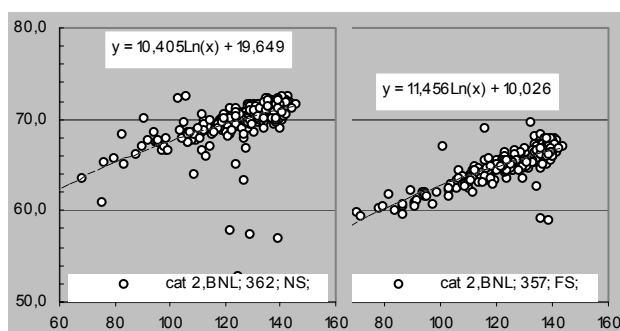


Figuur 3.2.4 Geluidemissies van cat. 2 treinen op nabij (NS) en verre spoor (FS), februari 2004



Figuur 3.2.5 Geluidemissies van cat. 8 treinen op nabij (NS) en verre spoor (FS), februari 2004

Figuur 3.2.6 laat de geluidemissie zien voor passages van Belgisch spooormaterieel (BNL). Dit materieel valt volgens het Nederlandse rekenvoorschrift in categorie 2. Het valt op dat de spreiding van deze categorie afzonderlijk, kleiner is dan voor categorie 2 en 8. Verder is voor dit type trein het grote verschil in geluidemissie op houten of betonnen dwarsliggers opmerkelijk. Dit resultaat duidt erop dat monitoring van geluidemissies van spoorwegmaterieel op de hierboven omschreven wijze, mogelijk uitgebreid met nog een aantal monitorlocaties, goede mogelijkheden biedt om tot een meer actuele en getrouwere akoestische indeling van het spoorwegmaterieel te komen. Daarmee zou meer inzicht kunnen worden verkregen in welke mate verschillende treintypen verantwoordelijk zijn voor relatief hoge geluidniveau's, wat een effectiever bronbeleid ten goede komt.



Figuur 3.2.6 Geluidemissies Belgisch materieel op nabij(NS) en verre(FS) spoor, februari 2004

In het Innovatieprogramma Geluid (IPG) is de inrichting van nog een aantal monitorlocaties voorzien, waarbij op soortgelijke wijze gelijktijdige geluidmeting en treinherkenning plaatsvindt. Daarmee is een beter inzicht in de geluidemissies van diverse treintypen mogelijk wat kan bijdragen aan een effectiever bronbeleid voor het spoormaterieel.

3.3 Conclusies railverkeer

- De gemeten equivalente geluidniveaus langs de sporen Utrecht-Amsterdam en Delft-Schiedam vertonen goede overeenkomst met de waarden volgens het Nederlandse standaard reken- en meetvoorschrift;
- Hoewel de totale gemeten geluidemissie goed met die uit het rekenvoorschrift vergelijkt, laten de geluidemissies *per categorie*, die gedurende februari 2004 langs het spoor Delft-Schiedam zijn gemeten, verschillen zien ten opzichte van dit voorschrift;
- Eén of een aantal permanent registerende geluidmeters in combinatie met een systeem waarmee gelijktijdig treintypen en rijksnelheden kunnen worden geregistreerd bieden mogelijkheden tot een betrouwbaarder akoestische indeling van de treinen. Daarmee zou een beter inzicht worden verkregen in welk treinen het meeste bijdragen aan een hoge geluidbelasting langs het spoor. Dit inzicht kan bijdragen aan een effectief bronbeleid.

4. Luchtvaart

4.1 Metingen Vliegbasis Volkel

Nabij de militaire vliegbasis Volkel is begin 2000 een geluidmeetpost geplaatst bij een meetstation uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM (station 232 – Volkel, Heikantse pad). De meetlocatie ligt op circa 2 km ten zuidwesten van het vliegveld in het verlengde van de startbaan. De militaire vliegtuigen passeren deze meetpost op een hoogte van enkele honderden meters. De beschrijving van de locatie en apparatuur is weergegeven in bijlage 1.

Sinds maart 2000 is het geluid van startende en landende vliegtuigen gemeten en geregistreerd. Over de uitvoering van de metingen is uitgebreid gerapporteerd in [9]. Hierbij is een foutenanalyse uitgevoerd en een vergelijking gemaakt met berekende waarden voor de geluidbelasting op de locatie van de meetpost. Deze zijn verkregen van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR). Het NLR berekent jaarlijks de geluidbelasting door het vliegverkeer rondom Volkel in het kader van de handhaving van de geluidszonering. De resultaten van de berekeningen voor 2002 en 2003 zijn gerapporteerd in [10] en [11].

4.1.1 Meetresultaten 2003

De totale, gemeten geluidbelasting op het meetpunt bedroeg in 2003, in de voor militair luchtvaartgeluid wettelijk vigerende geluidmaat B_{65} , circa 48 Kosteneenheden (Ke). In de geluidmaat L_{den} bedroeg de waarde 68 dB(A). In vergelijking met de voorgaande jaren zijn heeft de meetpost meer passages geregistreerd. De gemeten geluidniveaus zijn echter lager dan in voorgaande jaren. Een overzicht is weergegeven in tabel 4.1.1, inclusief de resultaten vanaf 2000.

Tabel 4.1.1 Vergelijking resultaten 2000, t/m 2003, meetpunt Volkel over dag-, avond- en nachtperiode. Tevens zijn de etmaalwaarde(Letm) en het L_{den} aangegeven

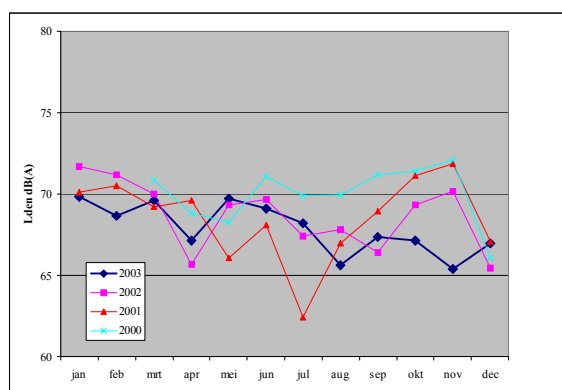
	2000	2001	2002	2003
Aantal registraties	4985	3538	4164	5077
LAeq, 7-19u (dB(A))	73	71	72	70
LAeq, 19-23u(dB(A))	64	65	65	64
LAeq, 23-7u(dB(A))	50	48	50	47
Letmaal(dB(A))	73	71	72	70
L_{den} (dB(A))	70	69	69	68
B_{65} (Ke)	53	50	50	48

De gemeten waarden in 2003 zijn gebaseerd op 5077 registraties (tegenover 4164 in 2002). Registratie van het geluid vindt plaats bij overschrijding van een geluidniveau van 85 dB(A) in de meterstand 'slow' gedurende minimaal 3 seconden. Tabel 4.1.2 toont het aantal registraties per maand. De opsplitsing naar de etmaalperiodes is gebaseerd op de indeling voor de toepassing van de zogenaamde straffactoren in de berekening van de geluidbelasting in Kosteneenheden (zie bijlage 2).

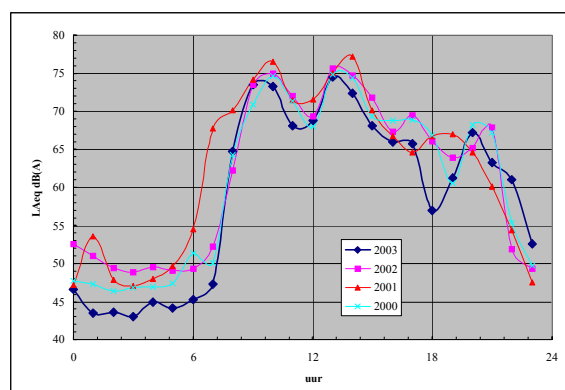
Tabel 4.1.2 Overzicht registraties meetpost 2003 en cumulatief verloop Ke waarde

Periode	nsf	2000	2001	2002	Jan 03	Feb 03	Mrt 03	Apr 03	Mei 03	Jun 03	Jul 03	Aug 03	Sep 03	Okt 03	Nov 03	Dec 03	Tot. 2003
0-6; 23-24	10	4	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	7
6-7; 22-23	8	7	11	12	4	6	14	16	16	0	10	0	5	1	0	3	75
21-22	6	24	11	105	12	19	10	14	5	56	0	0	22	7	0	3	148
7-8; 20-21	4	146	110	82	23	7	32	14	6	111	3	7	37	10	8	17	275
19-20	3	114	29	44	5	16	2	17	1	5	6	6	0	4	4	12	78
18-19	2	77	90	108	6	2	2	4	0	7	0	0	3	2	0	3	29
8-18	1	4613	3287	3807	337	387	365	280	363	365	552	367	371	626	213	239	4465
Totaal		4985	3538	4164	392	437	425	345	391	544	571	380	440	650	225	277	5077
B65 cumul.		53	50	50	29,4	34	37,9	39,7	42,1	43,5	44,7	45,3	46,1	46,8	47,1	47,6	48

Deze registraties zijn in figuur 4.1.1 en figuur 4.1.2 verwerkt tot overzichten van de maandelijkse geluidbelasting respectievelijk het gemiddelde 24-uursverloop, waarbij een vergelijking is gemaakt met 2000, 2001 en 2003.



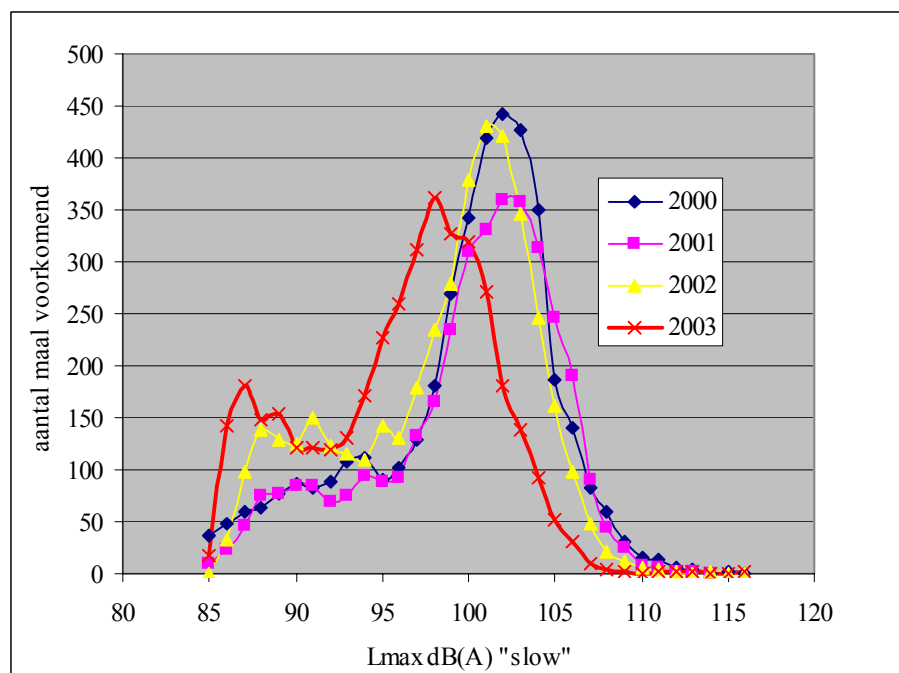
Figuur 4.1.1 Maandverloop geluidbelasting meetpost Volkel 2000 t/m 2003



Figuur 4.1.2 Gemiddeld etmaalverloop meetpost Volkel 2000 t/m 2003

Uit figuur 4.1.1 blijkt dat in 2003 in de tweede helft van het jaar een aanzienlijk lagere geluidbelasting is gemeten dan in voorgaande jaren. De etmaalverdeling in figuur 4.1.2 laat zien dat er jaargemiddeld vooral in de nachtperiode een lagere geluidbelasting (orde 5 dB(A)) is gemeten.

In 2002 bleek dat de Lden-waarde niet was toegenomen ten opzichte van 2001, ondanks het grotere aantal vluchten. Dit had te maken met het feit dat de vliegtuigen gemiddeld lagere (piek)niveaus veroorzaakten doordat er meer starts met naverbrander werden gemaakt. Starts met naverbrander veroorzaken tijdens en vlak na het opstijgen weliswaar meer geluid maar door het snellere stijgen zijn de niveaus ter hoogte van de meetlocatie lager dan bij 'gewone' starts. De verdeling van de gemeten piekniveaus is voor de jaren 2000 t/m 2003 weergegeven in figuur 4.1.3.



Figuur 4.1.3 Maximale geluidniveaus gemeten in de meterstand 'slow' bij de meetpost Volkel in 2003; tevens de verdeling uit 2000 t/m 2002

Ten opzichte van 2002 zijn de gemeten piekniveaus opnieuw afgenomen, en zelfs aanzienlijk sterker dan de afname die in 2002 ten opzichte van 2001 werd gemeten. Dit verklaart de verdere afname van de gemeten geluidniveaus in 2003, ondanks dat er in vrijwel alle perioden meer registraties zijn geweest. Het aantal passages met een piekniveau van meer dan 100 dB is gedaald naar minder dan 44 % van het aantal in 2002 (zie tabel 4.1.3)

Tabel 4.1.3 aantal registraties met een piekwaarde van meer dan 100 dB(A)

Jaar	2000	2001	2002	2003
Aantal	2179	1975	1799	787

De afname in de piekniveaus lijkt in tegenstrijd met het lagere percentage starts dat in 2003 is uitgevoerd met naverbrander. Uit de jaarrapportage van het NLR over de jaarberekening 2003[11] blijkt dat het percentage starts met naverbrander dat in zuidelijke richting is uitgevoerd, bijna is gehalveerd: van 11,7% naar 7,1%.

In de toelichting van de Koninklijke Luchtmacht op het NLR-rapport wordt gemeld dat vanwege renovatie van de hoofdbaan, in de tweede helft³ van 2003 de parallelbaan is gebruikt. Deze baan ligt circa 200 m ten zuiden van de hoofdbaan. Uit het NLR-rapport blijkt dat de parallelbaan voor starten in zuidelijke richting in 2003 zelfs meer is gebruikt dan de hoofdbaan. Dit verklaart het lagere aantal registraties met een piekniveau boven 100 dB en het feit dat de totale geluidbelasting op de meetlocatie lager is dan voorgaande jaren. Vliegtuigen die van de parallelbaan starten passeren de meetlocatie grotere afstand en veroorzaken aldus lagere geluidniveaus.

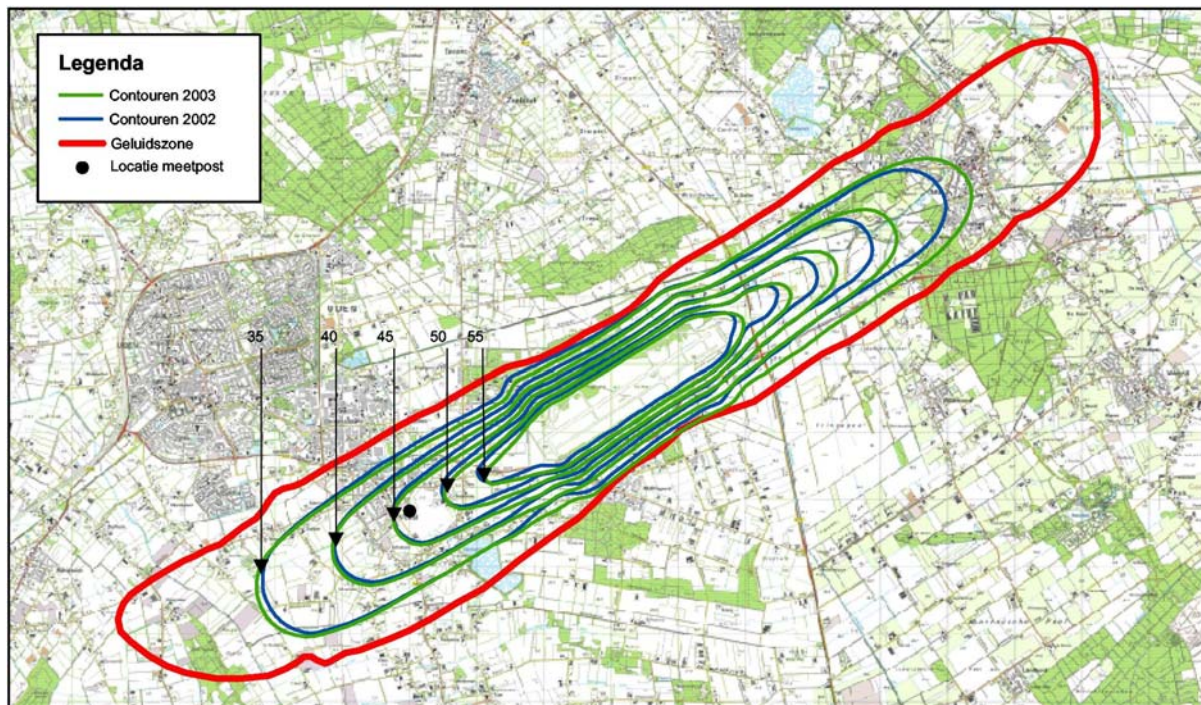
³ In de toelichting wordt melding gemaakt van renovatie van de hoofdbaan in de eerste helft van 2003. Vanwege het inconsistente beeld van dit baangebruik met de hogere meetwaarden in de eerste helft van het jaar, is hierover navraag gepleegd bij de Koninklijke Luchtmacht. Door de KLu is aangegeven dat het een onjuiste vermelding van de periode betreft. De correcte vermelding had moeten zijn: van juli 2003 tot en met januari 2004

Vergelijking met berekende waarden

Uit de jaarberekening van het NLR voor Volkel over 2003 volgt voor de geluidbelasting op de locatie van de meetpost een waarde van 46,5 Ke. Dit is 0,8 Ke lager dan in 2001 en 1,7 Ke lager dan in 2000. Het verschil met de gemeten waarde (48 Ke \pm 1 Ke) bedraagt zodoende ruim 1 Ke (\pm 1 Ke). Uit de vergelijking die in 2001 is uitgevoerd is naar voren gekomen dat het verschil waarschijnlijk wordt veroorzaakt doordat in de berekening een uniforme spreiding van de vluchten over een (horizontaal) gebied met een breedte van circa 1 kilometer (500 m aan beide kanten van het nominale vliegp pad) wordt aangenomen. Een uniforme spreiding is conform het voorschrift voor de berekening van de geluidbelasting in Kosteneenheden.

Nadere analyse van de radartracks door de Koninklijke Luchtmacht heeft aangetoond dat de vliegtuigen in werkelijkheid binnen een veel kleiner spreidingsgebied vliegen. Dit wordt door de vliegers gedaan om het overvliegen van bebouwde gebieden te vermijden. Om de invloed op de geluidbelasting daarvan te kunnen kwantificeren is door het NLR voor het jaar 2003, een extra berekening uitgevoerd zonder spreiding. Dit leidt tot een geluidbelasting op de locatie van de meetpost van 48,4 Ke. De aanname van een uniforme spreiding leidt tot een circa 2 Ke lagere geluidbelasting. De waarde van 48,4 Ke (zonder spreidingsaanname) valt binnen de betrouwbaarheidsmarge van de gemeten waarde.

Figuur 4.1.4 toont de geluidcontouren uit de jaarberekeningen van 2002 en 2003. Uit deze figuur blijkt dat de geluidbelasting is iets is 'opgeschoven' in zuidelijke richting en dat de zone aan de zuidoostkant zelfs marginaal is overschreden. Deze overschrijding houdt verband met het al genoemde gebruik van de zuidelijker gelegen parallelbaan.



Figuur 4.1.4 geluidzone en berekende geluidcontouren (in Ke waarden) in 2002 en 2003

4.2 Conclusies Vliegbasis Volkel

- Ondanks toename van het aantal registraties is de gemeten geluidbelasting op het meetpunt bij Volkel in 2003 met 2 dB afgenomen. Dit werd veroorzaakt doordat in 2003 de parallelbaan is gebruikt. Vliegtuigen die van de parallelbaan starten passeren de meetlocatie grotere afstand en veroorzaken aldus lagere geluidniveaus;
- Hoewel de geluidbelasting op het meetpunt is afgenomen heeft het gebruik van de parallelbaan ertoe geleid dat de geluidcontouren in zuidelijke richting zijn verschoven. Op punten van ten zuiden van de basis is de geluidbelasting daardoor toegenomen.

5. Conclusies

Algemeen

Op de RIVM- monitorlocaties voor geluid zijn vanaf 2000 de volgende geluidsniveaus geregistreerd:

Tabel 5.1 Overzicht meetresultaten monitorlocaties geluid 2000-2004

		2000	2001	2002	2003	Feb 2004
Rijksweg A2 Breukelen	Etmaal	83	83	83	84	
	Lden	81	81	81	81	
	emissie licht	107	107	107	107	
	emissie vracht	110	110	110	110	
Rijksweg A10-West Amsterdam	Etmaal	-	-	-	78	
	Lden	-	-	-	75	
Constant Erzeijstraat te Utrecht	Etmaal	-	72	72	71	
	Lden	-	70	70	69	
Spoorlijn Utrecht - Amsterdam	Etmaal	77	77	77	77	
	Lden	75	75	75	75	
	Emissie per bak	64	65	65	65	
Spoorlijn Delft - Schiedam	Etmaal					82
	Lden					81
	Emissie per bak					66/64*
Vliegbasis Volkel	Etmaal	73	71	72	70	
	Lden	70	69	69	68	
	B65 (KE)	53	50	50	48	
	Registraties	4985	3538	4164	5077	

*nabije spoor (houten dwarsliggers) /verre spoor (betonnen dwarsliggers)

Wegverkeer

- Ten aanzien van het wegverkeer zijn geen significante veranderingen in emissie opgetreden ten opzichte van de metingen uit voorgaande jaren. Langs de A2 komt na afronding de etmaalwaarde in 2003, 1 dB hoger uit dan in 2002. Op de binnenstedelijke locatie aan de Constant Erzeijstraat te Utrecht zijn vrijwel ongeveer dezelfde jaargemiddelde geluidsniveaus gemeten.
- Op de locatie bij Breukelen blijkt uit CPX metingen dat het DAB-wegdek ter plaatse circa 1,5 dB meer geluidemissie veroorzaakt dan het referentiewegdek uit het vigerende Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaai[6].
- Na toepassing van 1,5 wegdekcorrectie ligt gemeten geluidbelasting circa 1 dB hoger dan een berekening volgens het vigerende Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaai[6].
- Gezien de verschillen in geluidemissie die bij wegdekken van het type DAB kunnen voorkomen moeten bij toepassing van het vigerende Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaai, de akoestische eigenschappen van het wegdek goed bekend zijn. De aanname van standaard DAB uit dit voorschrift kan in de praktijk tot een onderschatting van de werkelijk optredende geluidsniveaus langs DAB wegen veroorzaken.
- De geluidbelasting over 2003 op woningen aan de oostkant van de A10 - West Amsterdam ter hoogte van de Wiltzanghlaan bedraagt Lden 76 dB(A). Een indicatie van het effect van het geluidarme asfalt ter plaatse bedraagt circa 4 dB(A) in vergelijking met het DAB wegdek op de A2 bij Breukelen.

Railverkeer

- De gemeten equivalente geluidniveaus langs de sporen Utrecht-Amsterdam en Delft-Schiedam vertonen goede overeenkomst met de waarden volgens het Nederlandse standaard Reken- en Meetvoorschrift. Op de meetlocatie langs de spoorlijn Utrecht-Amsterdam in 2003 is geen significante verandering in geluidbelasting gemeten in vergelijking met voorgaande jaren. De gemiddelde emissie over alle categorieën bij 1 bak per uur bedroeg over 2001 tot en met 2003 65 dB(A).
- Hoewel de totale gemeten geluidemissie goed met die uit het rekenvoorschrift vergelijkt, laten de geluidemissies *per categorie*, die gedurende februari 2004 langs het spoor Delft-Schiedam zijn gemeten, verschillen zien ten opzichte van dit voorschrift.
- Eén of een aantal permanent registerende geluidmeters in combinatie met een systeem waarmee gelijktijdig treintypen en rijnsnelheden kunnen worden geregistreerd bieden mogelijkheden tot een betrouwbaarder akoestische indeling van de treinen. Daarmee zou een beter inzicht worden verkregen in welke treinen het meeste bijdragen aan een hoge geluidbelasting langs het spoor. Dit inzicht kan bijdragen aan een effectief bronbeleid.

Militaire Luchtvaart

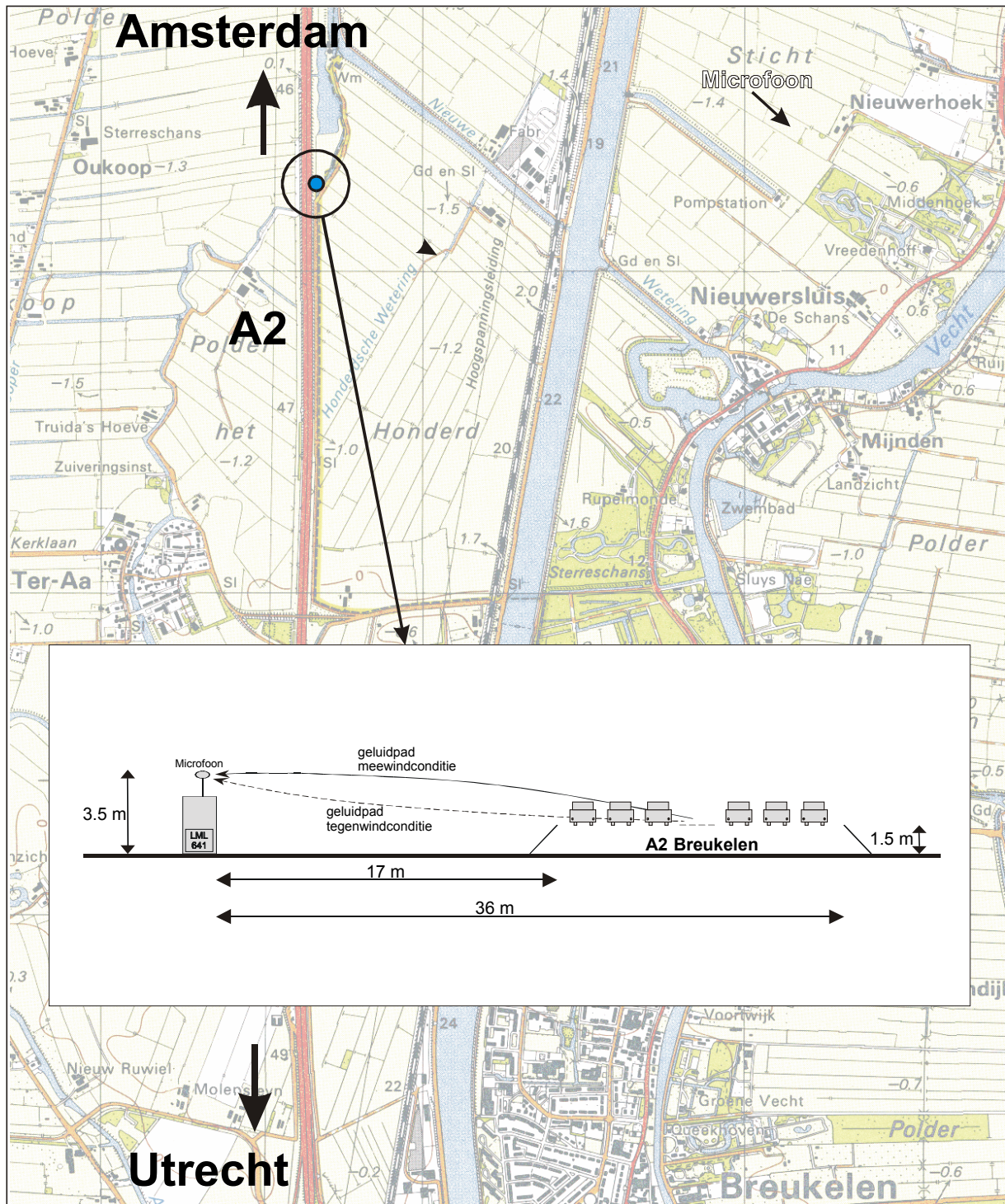
- Ondanks toename van het aantal registraties is de gemeten geluidbelasting op het meetpunt bij Volkel in 2003 met 2 dB afgenomen. Dit werd veroorzaakt doordat in 2003 de parallelbaan is gebruikt. Vliegtuigen die van de parallelbaan starten passeren de meetlocatie grotere afstand en veroorzaken aldus lagere geluidniveaus.
- De geluidbelasting op het meetpunt bij Volkel is afgenomen. Het gebruik van de parallelbaan heeft ertoe geleid dat de geluidcontouren in zuidelijke richting zijn verschoven. Op punten van ten zuiden van de basis is de geluidbelasting daardoor toegenomen.

Literatuur

1. Jabben J. et al., Doelen en opties meetnet geluid, RIVM rapportnr. 725201201, Bilthoven, 2000
2. Kortbeek B., van Blokland G. J., de Graaff E. (2000), Internationale standaardisatie en normstelling wegverkeer, proceedings Congres Geluid en Trillingen, Rotterdam, 2001
3. Jabben J. et al., Geluidmonitor 2001, RIVM rapportnr. 725201205, Bilthoven, 2002
4. Jabben J. et al., Geluidmonitor 2002, RIVM rapportnr. 500028001, Bilthoven, 2003
5. Ministerie van VROM, Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï 1996, Publicatiereeks Verstoring nr 14, 1997
6. Ministerie van VROM, Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaï 2002, Den Haag: Staatsuitgeverij
7. Ministerie van VROM, Reken- en Meetvoorschrift Verkeerslawaaï 1981, Den Haag: Staatsuitgeverij
8. Rapport M+P.RIVM.04.1.1, 'Geluidmetingen A2 ter hoogte van Breukelen', M+P raadgevende ingenieurs, Vught, 2004
9. Dassen A.G.M. et al., Monitoring van de geluidbelasting door militaire luchtvaart bij Volkel - resultaten 2000, RIVM rapport 725201204, Bilthoven, 2002
10. Hoedt, P.C. den, De geluidbelasting rondom de vliegbasis Volkel voor het jaar 2002, NLR rapport CR-2003-079
11. E.G. van Leeuwen-Kuijk, De geluidbelasting rondom de vliegbasis Volkel voor het jaar 2003, rapport NLR-CR-2004-099)

Bijlage 1 Beschrijving meetlocaties en apparatuur

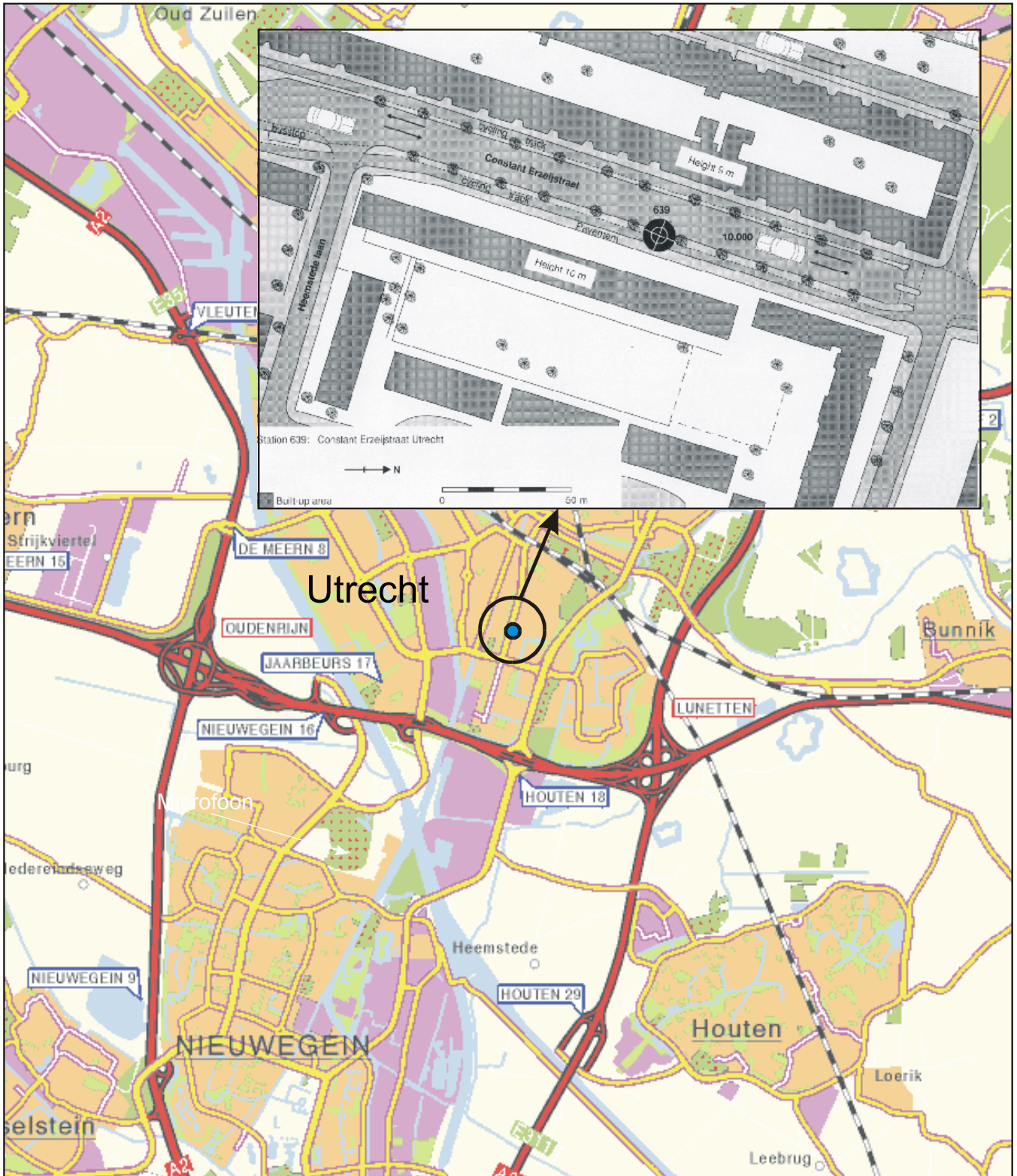
Situatieoverzicht meetlocatie A2 Breukelen



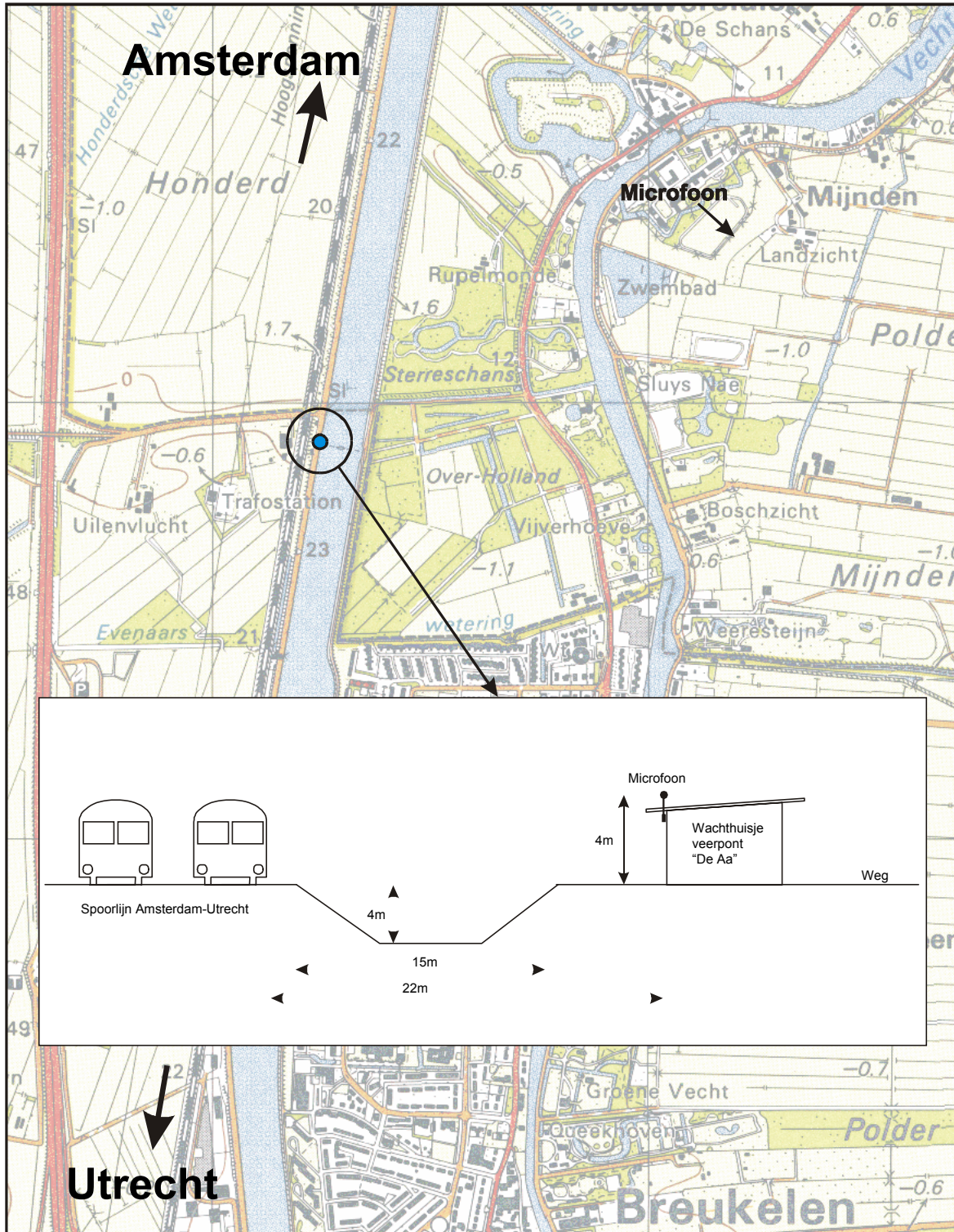
Situatieoverzicht locatie A10-West Amsterdam



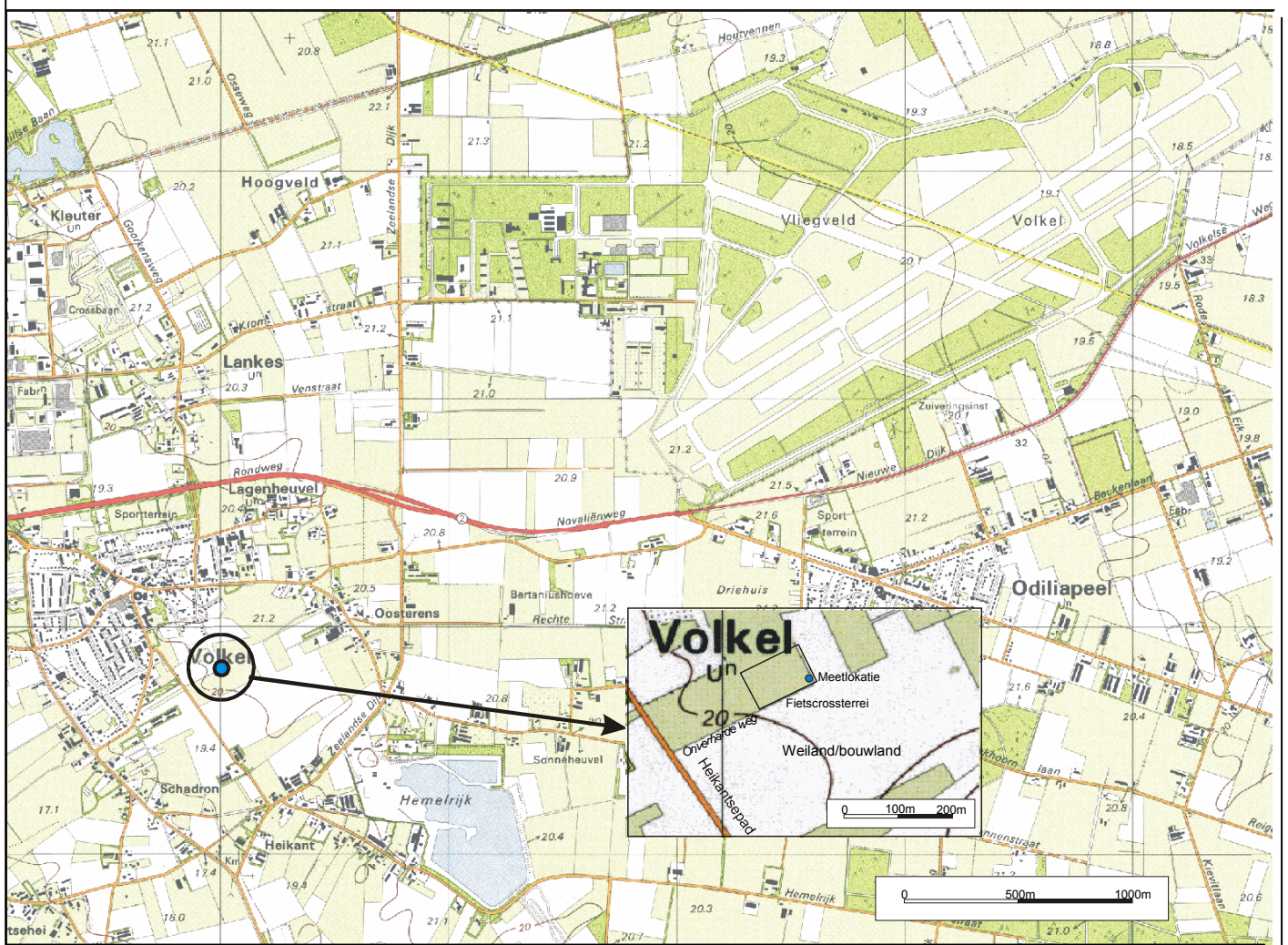
Situatieoverzicht meetlocatie Constant Erzeijstraat Utrecht



meetlocatie spoorlijn Utrecht-Amsterdam

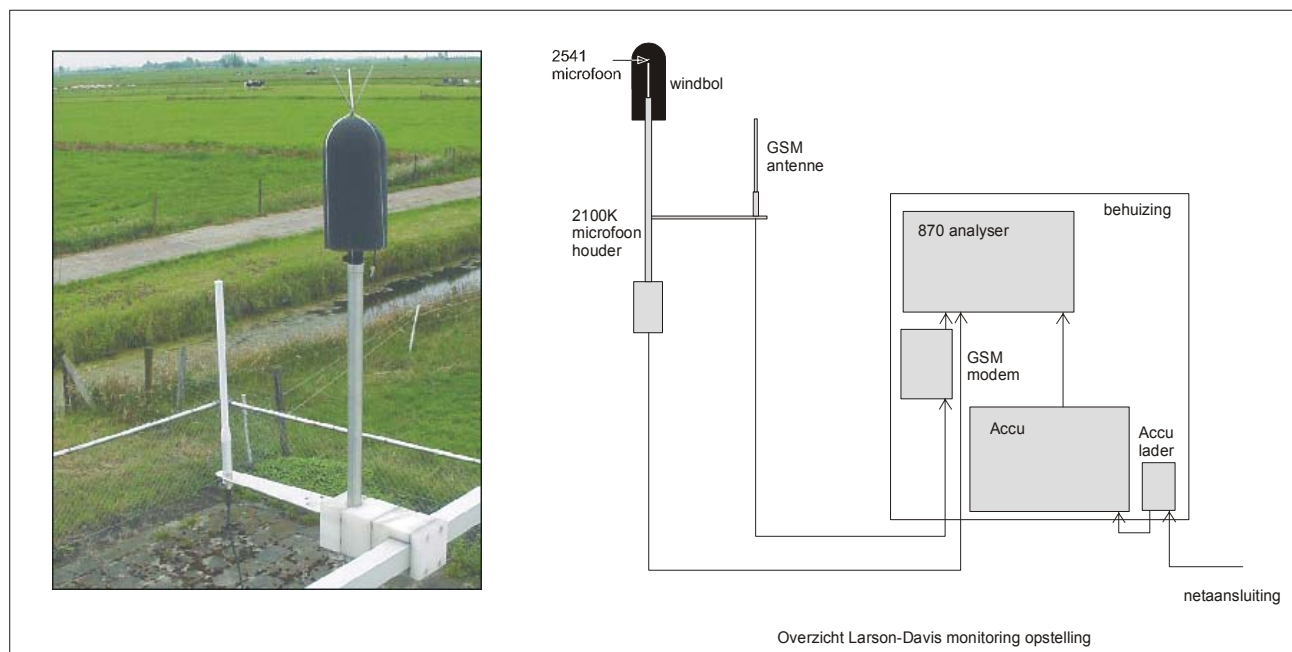


Situatieoverzicht vliegbasisVolkel



Meetopstelling op de monitorlocaties

De meetopstelling zoals die op de beschreven locaties wordt gebruikt is weergegeven in figuur B1.1.



Figuur B1.1 Overzicht gebruikte meetopstelling voor monitoren omgevingsgeluid

Een monitoropstelling op de meetlocaties bestaat uit de volgende delen:

- Microfoonhouder, fabrikaat Larson-Davis, type 2100K;
- Microfoon, fabrikaat Larson-Davis, type 2541;
- Statistische analyser, fabrikaat Larson-Davis, type 870;
- GSM-modem met antenne;
- Accu en acculader;
- Behuizing.

De microfoonhouder is een type dat geschikt is voor opstelling in de buitenlucht. De microfoon zelf is voorzien van een regenkapje met ingebouwd verwarmingselement. De voorversterker is voorzien van een verwarmingselement om de versterker condensvrij te houden. De microfoon is voorzien van een windbol om windgeruis te dempen. De microfoonhouder heeft een ingebouwde voorversterker die het geluidssignaal versterkt. Het inwendige van de microfoon en de voorversterker wordt droog gehouden met silicagel droogpatronen die om de drie maanden moeten worden vervangen. De statistische analyser meet het signaal van de microfoon en berekent de gewenste statistische parameters, onder meer het uurgemiddelde equivalente A-gewogen niveau LAeq. Op de meetlocaties langs het spoor Utrecht-Amsterdam en aan de Constant Erzeijstraat is de analyser ook ingesteld op het registreren van overschrijdingen van het momentane geluidsniveau boven respectievelijk 70 dB(A) en 65 dB(A) drempelwaarden. Op de locatie bij het spoor wordt bij elke overschrijding of 'event' het tijdstip, de tijdsduur, het maximaal opgetreden niveau LA,max en de SEL waarde geregistreerd. Bij de Constant Erzeijstraat wordt in verband met het grote aantal 'events' alleen het aantal geteld. De analyser slaat alle berekeningsresultaten op in een geheugen dat voldoende groot is om enkele maanden door te kunnen meten. Aan de

analyser is een GSM-modem gekoppeld die is aangesloten op een antenne die aan de microfoon is bevestigd. De meetresultaten worden opgehaald door met een PC met standaardmodem het GSM-modem op te bellen. Op deze PC is de NMS (Noise Monitoring System) applicatie van Larson-Davis geïnstalleerd. Hiermee worden alle meetlocaties één keer per maand opgebeld. De meetresultaten worden dan opgehaald en in de NMS database opgeslagen.

Bijlage 2 Gemeten indicatoren

Op alle locaties is op uurbasis het equivalente geluidniveau L_{Aeq} , het achtergrondniveau L_{95} en de maximale geluidbelasting $L_{A,max}$ (allen in dB(A)) geregistreerd.

- Het equivalente geluidniveau, L_{Aeq} in dB(A), is als volgt gedefinieerd:

$$L_{Aeq}(T) = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_T I(t) dt \right) = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_T 10^{\frac{L_p(t)}{10}} dt \right) \quad (B3.1)$$

$I(t)$ is hierin de momentane waarde van de geluidintensiteit (in eenheden van 10^{-12} Watt/m²), niet te verwarren met het geluiddrukkniveau $L_p(t)$, dat correspondeert met de waarnemingssterkte. Geluidintensiteit en geluiddrukkniveau hangen samen volgens $L_p(t) = 10 \log I(t)$. Het momentane, A-gewogen geluiddrukkniveau $L_p(t)$ wordt steeds over perioden van 1 uur energetisch gemiddeld tot een equivalent geluidniveau.

- Het achtergrond niveau L_{95} is de 95 % percentielwaarde, zijnde het niveau dat 95% van het uur wordt overschreden, eveneens A-gewogen;

- Het maximaal optredend geluidsniveau $L_{A,max}$ is de hoogste waarde van geluidsniveau gedurende het betreffende uur;

Op de meetlocatie langs het spoor tussen Utrecht en Amsterdam is naast de bovenstaande indicatoren tevens van elke treinpassage de SEL-waarde geregistreerd. De SEL-waarde (Sound Event Level) is een logaritmische maat voor de bij een treinpassage door de microfoon geregistreerde geluidenergie en wordt gegeven door:

$$SEL = 10 \log \left(\int_{passage} I(t) dt \right) = 10 \log \left(\int_{passage} 10^{\frac{L_p(t)}{10}} dt \right) \quad (B3.2)$$

Bij de meetpost Volkel zijn, naast de op uurbasis gemeten equivalente geluidniveaus, de L_{Amax} - en de SEL-niveaus tijdens de vliegtuigpassages gemeten. Alle geregistreerde L_{Amax} - en SEL-waarden zijn vervolgens gebruikt om de K_e -waarde respectievelijk de L_{den} -waarde voor zowel de maandelijks als de voortschrijdende geluidbelasting te berekenen. Voor de geluidbelasting in K_e , de B_{65} geldt:

$$B_{65} = 20 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^N nsf_i \cdot 10^{\frac{L_{max,i}}{15}} \right) - 157. \quad (B3.3)$$

Hierin is N het totale aantal registraties in de periode waarvoor de waarde wordt berekend. Bij de berekening van de maandwaarde is dit de desbetreffende maand; bij de berekening van de voortschrijdende waarde beslaat de periode de tijd vanaf het begin van het jaar tot en met de maand waarvoor de waarde wordt berekend. De nachtstraffactor nsf is de waarde waarmee de bijdrage van een event wordt vermenigvuldigd, afhankelijk van de tijd waarop het event geregistreerd is. Voor de geluidbelasting in L_{den} geldt:

$$Lden = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^N nsf_i \cdot 10^{\frac{SEL_i}{10}} \right) - 10 \cdot \log T. \quad (B3.4)$$

Hierbij is T de tijdsduur in seconden van de periode waarop de berekening betrekking heeft. Voor een periode van een maand is de term $10 \cdot \log T$ ongeveer gelijk aan 6.4; voor de periode van een jaar is deze term gelijk aan 75.

Bijlage 3 Regressieanalyse meetgegevens wegverkeer

De beschikbaarheid van de telgegevens biedt de mogelijkheid om door middel van regressieanalyse de emissies per voertuig, per categorie te bepalen. Het statische onderscheid tussen de categorieën middelzwaar en zwaar vrachtverkeer is met deze regressiemethode echter niet goed mogelijk. De bronvermogens liggen relatief dicht bij elkaar, waardoor een grote onzekerheid in de verdeling van de geluidemissie tussen deze voertuigen ontstaat.

Daarom is ervoor gekozen om deze twee categorieën samen te nemen.

De basis voor de regressieanalyse is een regressiemodel, waarin de gemiddelde intensiteit lineair afhangt van de geluidvermogens van de voertuigcategorieën:

$$Y_u = \sum_{c=1}^{c=3} X_{u,c}(q_{u,c}, v_{u,c}) W_c$$

met

$$X_{u,c}(q_{u,c}, v_{u,c}) = \frac{1}{2} \left(\frac{q_{u,c}^R}{v_{u,c}^R} 10^{-\frac{D^R}{10}} + \frac{q_{u,c}^L}{v_{u,c}^L} 10^{-\frac{D^L}{10}} \right)$$

waarin

- u : index uur
- c : voertuigcategorie (1,2,3 voor respectievelijk licht, middel en zwaar verkeer)
- Y_u : door het regressiemodel voorspelde waarde van de geluidintensiteit
- W_c : het gemiddelde geluidvermogen in Watt voor een voertuig uit categorie c
- $q_{u,c}^R$: aantal voertuigpassages van categorie c in het uur u ; richting Amsterdam
- $q_{u,c}^L$: aantal voertuigpassages van categorie c in het uur u ; richting Utrecht
- $v_{u,c}^R$: gemiddelde rijsnelheid van voertuigen uit categorie c in uur u ; richting Amsterdam
- $v_{u,c}^L$: gemiddelde rijsnelheid van voertuigen uit categorie c in uur u ; richting Utrecht
- $X_{u,c}$: overdrachtsfactor afhankelijk van verkeersaanbod en rijsnelheden
- $D^{R/L}$: verzwakking in dB(A) vanaf rijbaan naar ontvangerpunt op basis van het standaardmodel

De overdrachtsfactoren $X_{u,c}$ zijn met behulp van de verkeersgegevens en de standaardoverdrachtsformules uit het LBV bepaald. Op die manier ontstaat een stelsel vergelijkingen dat in matrixnotatie luidt:

$$Y = XW$$

waarin Y een N bij 1 matrix, met daarin de door het regressiemodel voorspelde geluidintensiteiten, X een N bij 3 matrix met daarin de overdrachtsfactoren en W een 3 bij 1 matrix met daarin de geluidvermogens per categorie (N aantal metingen). De beste schatting van W volgt nu uit de eis dat kwadratische fout:

$$SQE = \sum_{u=1}^N (Y_u - I_u)^2$$

minimaal moet zijn. I_u is een N bij 1 matrix, met daarin de gemeten gemiddelde geluidintensiteiten: $I_u = 10^{(L_{Aeq,u}/10)}$ Aan genoemde eis wordt voldaan door :

$$W = (X^T X)^{-1} (X^T I)$$

als schatter te nemen voor de gezochte geluidvermogens. De geluidvermogenniveaus $L_{w,c}$ per voertuigcategorie in dB(A) volgen dan uit $L_{w,c} = 10 \log(W_c/W_0)$ met $W_0 = 10^{-12}$ Watt. Tenslotte is het mogelijk een betrouwbaarheid voor de gevonden geluidniveaus te bepalen. De gemiddelde kwadratische fout volgt uit:

$$MSE = \left| \frac{I^T I - (I^T X)W}{N - 3} \right|$$

de kruisvariantiematrix wordt gegeven door:

$$K = (X^T X)^{-1} \cdot MSE$$

en een 95% betrouwbaarheidsinterval voor de geschatte geluidvermogens volgt uit:

$$\delta W_{95,c} = 1,96 \cdot \sqrt{K_{c,c}}$$

In benadering volgt daarmee voor het geluidvermogenniveau L_w een betrouwbaarheidsinterval van :

$$\delta L_{w_{95,c}} \approx 10 \log \left(1 + \frac{\delta W_{95,c}}{W_c} \right)$$

Bijlage 4 Normering van emissiegetallen railverkeer

Het genormeerde emissiegetal heeft betrekking op een passage van 1 bak per uur.
Het verband tussen het equivalente geluidniveau, genormeerde emissiegetal E^* luidt:

$$E^* = L_{Aeq} + 10 \lg a + D_{bodem} + D_{lucht} + D_{meteo} - 10 \lg(Q)$$

waarin:

E^*	:	genormeed emissiegetal in dB(A) gebaseerd op 1 bakken per uur
Q	:	het aantal bakken per uur volgens de telling (aantal gemeten SEL-waarden)
L_{Aeq}	:	het gemeten equivalente geluidniveau over de periode
a	:	afstand tot hartlijn van het spoor (25 m)
D_{bodem}	:	bodemverzwakking (0,7 dB(A))
D_{meteo}	:	meteocorrectie (0 dB(A))
D_{lucht}	:	verzwakking door luchtdemping (0,3 d(A))

Bij de meetpost aan het spoor tussen Utrecht en Amsterdam bevindt zich geen treindetectiesysteem. Er is daarom geen mogelijk om in de geluidemissie te differentiëren naar rijnsnelheden en treincategorieën. Het aantal bakken per passage wordt evenmin geregistreerd en om tot een genormeed emissiegetal te komen is hiervoor een gemiddeld aantal bakken per treinstel aangehouden. Het gemiddelde aantal bakken per passage is gesteld op 9, evenals in voorgaande jaren. Het resulterende geluidemissie getal heeft betrekking op passage van 1 bak per uur voor een ‘gemiddeld’ treintype bij een gemiddelde rijnsnelheid.

Deze methode is niet ideaal in de zin dat men vanuit beleidsmatige overweging liefst de emissie afhankelijk van treincategorie en rijnsnelheid zou willen meten. Ook zou het aantal bakken niet via aannamen moeten worden vastgesteld, maar steeds bij elke treinpassage moeten worden gemeten. Om tot een verbetering te komen zou de geluidmeting moeten worden gecombineerd met treindetectie waarbij voor elke passage naast het geluidniveau tevens rijnsnelheid, treincategorie en het aantal bakken zou moeten worden gemeten. Een pilot is in 2001 uitgevoerd in samenwerking met Prorail en Nedtrain met behulp van het Gotcha/QuaVadis-systeem. In februari 2004 is een meetopstelling met treindetectie geplaatst langs het spoor tussen Delft en Schiedam.

Bijlage 5 Treincategorieën uit het reken- en meetvoorschrift railverkeer (RMV 1996)

cat	omschrijving	Typen
1	blokgeremd reizigersmaterieel	mat64
2	schijf+blokgeremd reizigersmaterieel	icr; icmIII; ddm1
3	schijfgeremd reizigersmaterieel	sgm II/III
4	blokgeremd goederenmaterieel	Cargo
5	blokgeremd dieselmaterieel	De
6	schijfgeremd dieselmaterieel	Dh
7	schijfgeremd metro- en sneltrammaterieel	
8	schijfgeremd intercity en stoptreinmaterieel	ddm2/3+1700; ddm2/3+mddm;icm-IV;irmIII/IV;sm90
9	schijf+blokgeremd hoge snelmaterieel	tgV/thalys hslzuid
10	gereserveerd	