

RIVM rapport 500028001/2003

**Geluidmonitor 2002**

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 500028,

## Abstract

The RIVM has set up a noise monitoring programme as part of an enhanced effort to monitor environmental quality in 1999. This programme forms part of the project, 'Monitoring environmental noise', which aims at establishing a number of permanent measurement sites for monitoring the trends in noise levels for both large-scale sources such as roadways and railways and validation of model predictions. 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 to 2002 at the following four locations: the A2 roadway near the town of Breukelen, at a measurement post approximately 25 m east of the road (here the purpose was to monitor the development of noise emissions from roadway traffic); the Constant Erzeijstraat in Utrecht, where measurements aimed at monitoring traffic noise on urban roads; 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. In addition to the measurements from these locations, in 2003 a fifth monitoring site was introduced on the A10 roadway near Amsterdam, one of the purposes being to validate the noise reduction obtained by using porous asphalt.

Noise monitoring results from 2002 are almost identical to the results in 2000 and 2001. 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 new location near the A10 roadway the noise load in april 2003 was 78 dB(A).

# Inhoud

<b>SAMENVATTING</b>	<b>4</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2. Monitorlocaties geluid in 2002 en 2003</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Rijksweg A2 Breukelen</i>	8
2.1.1 Meetresultaten 2002	8
2.1.2 Analyse metingen Rijksweg A2 Breukelen	9
2.2 <i>Rijksweg A10-West Amsterdam</i>	10
2.2.1 Meetresultaten 2003	10
2.2.2 Analyse metingen A10 West Amsterdam	11
2.3 <i>Constant Erzeijstraat Utrecht</i>	12
2.3.1 Meetresultaten 2002	12
2.3.2 Analyse metingen Constant Erzeijstraat	13
2.4 <i>Spoorlijn Utrecht Amsterdam bij Breukelen</i>	14
2.4.1 Meetresultaten 2002	14
2.4.2 Analyse metingen Spoorlijn Utrecht-Amsterdam	15
2.4.3 Bepaling geluidemissie per categorie	15
2.5 <i>Vliegbasis Volkel</i>	16
2.5.1 Meetlocatie	16
2.5.2 Meetresultaten 2002	16
2.5.3 Meetnauwkeurigheid	18
2.5.4 Vergelijking met berekende waarden	18
<b>3. Conclusies</b>	<b>20</b>
<b>Literatuur</b>	<b>22</b>
<b>Bijlage 1 Verzendlijst</b>	<b>23</b>
<b>Bijlage 2 Beschrijving meetlocaties en apparatuur</b>	<b>25</b>
<b>Bijlage 3 Gemeten indicatoren</b>	<b>32</b>
<b>Bijlage 4 Regressieanalyse meetgegevens wegverkeer</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage 5 Normering van emissiegetallen railverkeer</b>	<b>36</b>
<b>Bijlage 6 Treincategorieën uit het reken- en meetvooschrift railverkeer (RMV 1996)</b>	<b>37</b>

## 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 uit 2002. 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;
- *Constant Erzeijstraat te Utrecht*; een binnenstedelijke meetlocatie gericht op de ontwikkeling van de geluidemissie van wegverkeer op stedelijke hoofdontsluitingswegen;
- *Spoorlijn Utrecht-Amsterdam*; 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 in het kader van de handhaving berekende geluidbelasting voor de locatie van de meetpost.

### *Nieuwe locatie Amsterdam A10 - West*

Daarnaast worden voor de maand april 2003 de eerste resultaten gepresenteerd van een dit jaar in gebruik genomen nieuwe monitorlocatie aan de A10 - West bij Amsterdam.

De metingen op deze locatie beogen onder meer het geluidreducerende effect van dit type asfalt over langere periode te volgen.

In het algemeen stemmen de resultaten in 2002 voor wegverkeer vrijwel overeen met de monitorresultaten uit 2001. Er is bij het wegverkeer een seizoensinvloed aanwezig, waarbij de hoogste geluidniveaus optreden in de maanden februari en november. Deze seizoensinvloed is niet gemeten voor het railverkeer op de spoorlijn Utrecht-Amsterdam. Een samenvattend overzicht is de onderstaande tabel 1 weergegeven.

*Tabel 1: Overzicht meetresultaten monitorlocaties geluid 2000-2003*

		2000	2001	2002	2003
Rijksweg A2 Breukelen	Etmaal	83	83	83	
	Lden	81	81	81	
	emissie_licht	107	107	107	
	emissie vracht	110	110	110	
A10 - West Amsterdam	Etmaal	-	-	-	78
	Lden	-	-	-	75
Constant Erzeijstraat te Utrecht	Etmaal	-	72	72	
	Lden	-	70	70	
	emissie per vtg		97	97	
Spoorlijn Utrecht – Amsterdam	Etmaal	83	83	83	
	Lden	81	81	81	
	Emissie per bak	64	65	65	
Vliegbasis Volkel	Etmaal	73	71	72	
	Lden	70	69	69	
	B65 (KE)	53	50	50	

# 1. Inleiding

De onderhavige rapportage betreft de resultaten van geluidmetingen aan wegverkeer, railverkeer en militaire luchtvaart, die in 2002 en deels in 2003 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 en het waarborgen 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. Momenteel zijn er vijf 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 en de vliegbasis Volkel.

De metingen langs verkeerswegen en langs het spoor 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 uitsluitend in hoeverre de bij een specifiek voertuig vastgestelde geluidemissie representatief is voor de verkeerssamenstelling in de praktijk. Zo zal het steeds geruime tijd duren voordat nieuwe voertuigen geheel door oude voertuigen zijn vervangen. Verder komt de situatie bij typekeuringen 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 rechtstreeks worden bepaald. Dit biedt de beleidsmaker informatie in hoeverre bronbeleid in praktijksituaties werkelijk tot een lagere geluidemissie leidt. De metingen aan militaire luchtvaart bij vliegbasis Volkel zijn met name 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 jaarlijkse berekent in het kader van de handhaving.

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 (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 3.

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



## 2. Monitorlocaties geluid in 2002 en 2003

Navolgend wordt een overzicht gegeven van de resultaten van geluidmetingen in 2002 op een vijftal monitorlocaties. Het betreft de volgende locaties:

- *Rijksweg A2 Breukelen*

Dit is een meetlocatie op circa 25 m 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 (LML). Bij de evaluatie van de geluidmetingen wordt gebruik gemaakt van telgegevens (op uurbasis, tellus 47730 Vinkeveen) van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van RWS. 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 nieuwe 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 A2 in 2001 is op deze locatie geluidarm asfalt toegepast. 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 Railverkeerslawaaai van 1996[5]. Er vindt op deze locatie nog geen onderscheid plaats naar de geluidemissie per categorie. Bij de treinpassages wordt alleen geluid gemeten en is er geen gelijktijdige registratie van het treintype.

*Vliegbasis Volkel*

Deze meetlocatie ligt in het verlengde van de startbaan van de militaire vliegbasis Volkel, op circa 2000 m afstand ten zuidwesten. De meter 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.

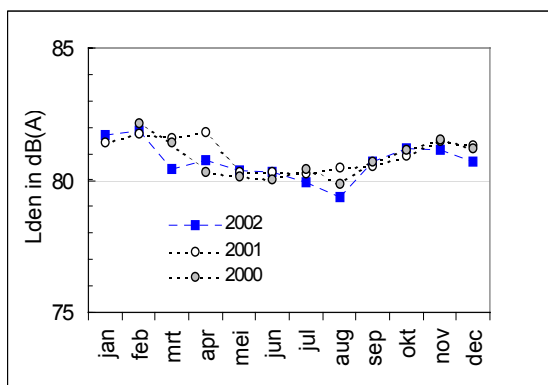
De situering van bovenstaande meetlocaties en de technische omschrijving is nader weergegeven in bijlage 2.

Navolgend worden in 2.1 tot en met 2.5 voor de bovenstaande vijf meetposten de meetresultaten van 2002 gepresenteerd en geëvalueerd.

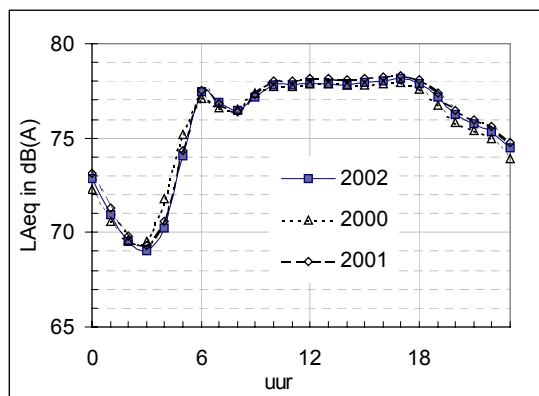
## 2.1 Rijksweg A2 Breukelen

### 2.1.1 Meetresultaten 2002

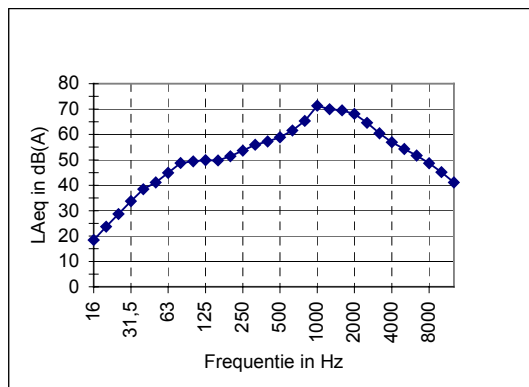
De meetlocatie is weergegeven in bijlage 2. Het gemeten jaarverloop en gemiddelde 24-uursverloop is weergegeven in figuur 2.1.1 en figuur 2.1.2, waarin tevens het jaarverloop over 2002 is vergeleken met dat gemeten in 2000 en 2001. In figuur 2.1.3 is een gemiddeld tertsbandspectrum weergegeven. In tabel 2.1.1 zijn de gemiddelde geluidniveaus voor dag, avond en nachtperiode gerubriceerd. In tabel 2.1.2 zijn de tel- en snelheidsgegevens voor de locatie aangegeven (tellus 47730 Vinkeveen).



Figuur 2.1.1 Jaarverloop geluidbelasting Rijksweg A2 Breukelen; 2000, 2001 en 2002



Figuur 2.1.2 Gemiddeld 24-uurs verloop A2 Breukelen 2000, 2001 en 2002



Figuur 2.1.3 Gemiddeld tertsbandspectrum Rijksweg A2 Breukelen over sep-dec 2002

Tabel 2.1.1 Gemeten geluidniveaus 2000,2001 en 2002 A2 Breukelen over dag(7-19), avond(19-23) en nacht(23-7);

	LAeq			Letm	Lden
	dag	avond	nacht		
2000	77,7	76,0	73,3	83,3	80,9
2001	77,8	76,4	73,4	83,4	81,0
2002	77,7	76,2	73,2	83,2	80,8

Tabel 2.1.2 Verkeersintensiteiten en rijnsnelheden in km/u over 2002, locatie A2 Breukelen

	Eetmaalintensiteit			Rijnsnelheid in km/u								
				Dag (7-19)			Avond (19-23)			Nacht(23-7)		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
2000	122477	9014	6314	102	85	82	110	92	86	112	91	86
2001	124925	7164	6343	102	87	81	111	94	86	114	95	86
2002	123897	6892	6809	106	89	83	114	97	87	117	97	87



## 2.1.2 Analyse metingen Rijksweg A2 Breukelen

### Geluidemissies

In tabel 2.1.3 zijn de gemiddelde voertuiggeluidemissies<sup>1</sup> van het verkeer weergegeven. Deze zijn bepaald met behulp van lineaire regressieanalyse (zie bijlage 3).

Tabel 2.1.3 Geluidemissies van het verkeer in dB(A), Rijksweg A2 Breukelen

Jaar	Licht verkeer			Zwaar en middelzwaar vrachtverkeer		
	Dag	Nacht	24 uur	Dag	Nacht	24 uur
2000	106,7 ± 0,2	107,5 ± 0,3	106,7 ± 0,1	109,5 ± 0,6	111,5 ± 0,4	110,3 ± 0,3
2001	106,9 ± 0,2	108,0 ± 0,2	107,0 ± 0,1	109,3 ± 0,7	111,0 ± 0,3	110,0 ± 0,4
2002	107,1 ± 0,2	108,3 ± 0,2	107,0 ± 0,1	108,7 ± 0,8	111,3 ± 0,3	110,1 ± 0,3

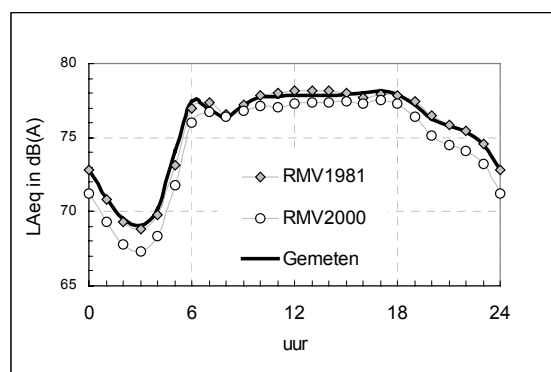
De verschillen in de emissies ten opzichte van voorgaande jaren zijn klein en vallen steeds binnen de onzekerheidsmarge. De voertuigen hebben de hoogste geluidemissie in de nachtperiode als de snelheden wat hoger liggen (zie tabel 2.1.2).

### Trend

Ten opzichte van het jaar 2001 zijn de verschillen gering. Zowel met betrekking tot verkeersvolume en rijnsnelheden als met betrekking tot het gemeten jaar- en gemiddelde etmaalverloop en de geluidemissies is er geen significante verandering gesignaleerd.

### Vergelijking met rekenvoorschrift

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



Figuur 2.1.4 Berekend en gemeten etmaalverloop van de geluidbelasting, Rijksweg A2 Breukelen, 2002

Tabel 2.1.4 Vergelijking van de gemeten geluidbelasting met het oude en nieuwe reken- en meetvoorschrift

	Gemeten	RMV 1981	RMV 2000	Verskil RMV1981	Verskil RMV2000
Dag	77,7	77,8	77,1	0,1	-0,5
Avond	76,2	76,4	75,1	0,2	-1,1
Nacht	74,3	74,2	73,1	-0,2	-1,2
Etmaal	84,3	84,2	83,1	-0,2	-1,2
Lden	81,5	81,5	80,5	0,0	-1,1

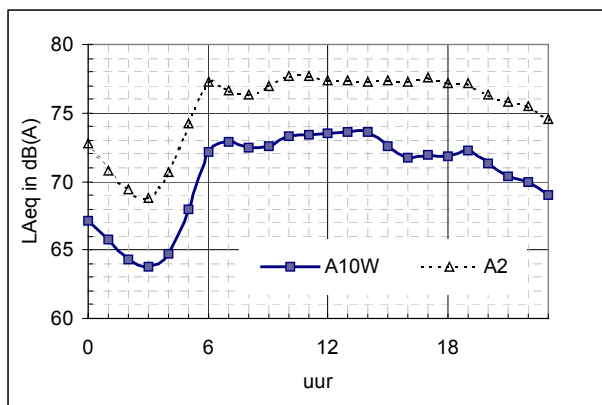
Uit figuur 2.1.4 en tabel 2.1.4 blijkt dat de geluidbelasting in de nachtperiode (en daarmee de etmaalwaarde) volgens het nieuwe reken- en meetvoorschrift 1 dB(A) lager uitkomt dan de gemeten waarde. De verschillen tussen de gemeten geluidniveaus en de door het oude reken- meetvoorschrift uit 1981 voorspelde geluidbelasting zijn verwaarloosbaar.

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

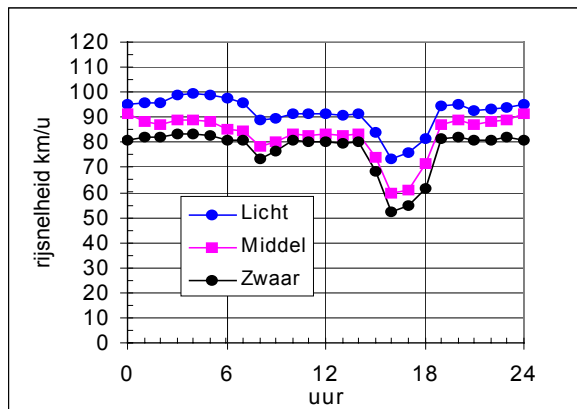
## 2.2 Rijksweg A10-West Amsterdam

### 2.2.1 Meetresultaten 2003

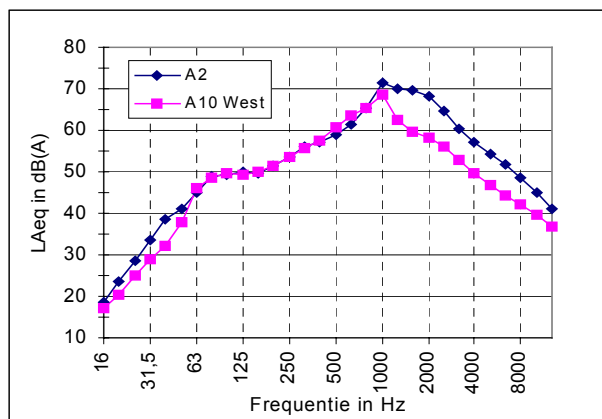
De meetlocatie is weergegeven in bijlage 2. Het gemiddelde 24-uursverloop in april 2003 is weergegeven in figuur 2.2.1. Het verloop van de rijsnelheid is weergegeven in figuur 2.2.2. In figuur 2.2.3 is het spectrum weergegeven en tevens vergeleken met dat gemeten op de locatie bij Breukelen. In tabel 2.2.1 zijn de gemiddelde niveaus voor dag-, avond- en nachtperiode gerubriceerd en in tabel 2.2.2 zijn tel- en snelheidsgegevens voor de locatie aangegeven.



Figuur 2.2.1 Gemiddeld 24-uurs verloop langs de A10 West bij Amsterdam in vergelijking met A2 bij Breukelen over april 2003



Figuur 2.2.2 Gemiddeld 24-uurs verloop van de rijsnelheid over de maand april 2003 op de locatie langs de A10 - West Amsterdam



Figuur 2.2.3 Gemiddelde tertspectrum Rijksweg A10 in vergelijking met Breukelen A2 (blauw), april 2003

Tabel 2.2.1 Vergelijking gemeten geluidniveaus 2003 over dag-, avond- en nachtperiode;

	dag	Avond	Nacht	Letm	Lden
A10 - West*	72,8	71	67,7	77,7	75
A2 Breukelen	77,7	76,2	73,2	83,2	80,8

\* 2 dB(A) aftrek toegepast i.v.m. gevel reflectie

Tabel 2.2.2 Verkeersintensiteiten en rijsnelheden in km/u A10 - West Amsterdam, april 2003, (bron AVV tellus 35675: 10R 25,587) en – A2 Breukelen (AVV: tellus 47730 Vinkeveen)

	Rijsnelheid in km/u											
	Etmaalintensiteit			Dag 19-23 u			Avond 19-23 u			Nacht 23-7 u		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
A10 - west	105376	5324	4818	87	77	73	94	88	81	97	88	82
A2	125814	7467	7190	105	89	83	115	98	87	117	98	87

## 2.2.2 Analyse metingen A10 - West Amsterdam

### *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 2.2.3.

Tabel 2.2.3 Geluidemissies van het verkeer in dB(A), Rijksweg A10 - West Amsterdam en A2 Breukelen

Locatie	Personenauto's			Vrachtauto's		
	Dag 7-19	Avond 7-23	Nacht 23-7	Dag 7-19	Avond 7-23	Nacht 23-7
A10 - West A'dam april 2003	102,6 ± 0,5	103,2 ± 1	103,5 ± 0,5	106,7 ± 2	108,3 ± 1,5	107,5 ± 1,5
A2 Breukelen april 2002	107,1 ± 0,2	108,3 ± 0,1	107,1 ± 0,1	108,7 ± 0,8	111,3 ± 0,3	110,1 ± 0,3
Verskil	4,5	5,1	4,1	2	3	2,6

### *Vergelijking met de geluidemissies van de A2 bij Breukelen*

De emissiegetallen die uit de analyse volgen liggen voor het personenverkeer 4 à 5 dB(A) lager dan de emissiegetallen die bij Breukelen zijn gemeten. Voor het vrachtverkeer liggen zij 2 à 3 dB(A) lager. Dit is het gezamenlijke effect van de lagere rijsnelheden en het geluidarme asfalt dat op de A10 is aangebracht. Deze resultaten moeten echter met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd, aangezien de gegevens van de A10 niet over heel 2003 betrekking hebben. Het betreft slechts een beperkte periode van 1 maand (april 2003). Gezien het beeld dat bij de A2 is geconstateerd kan het jaarverloop enkele dB's fluctueren.

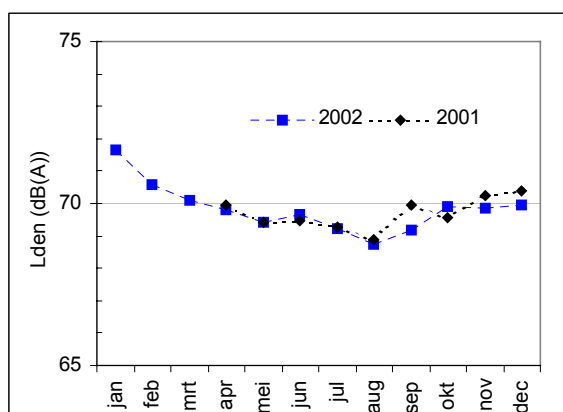
Uit tabel 2.2.2 blijkt dat de rijsnelheden bij de A10 lager liggen dan bij de A2 bij Breukelen. Op grond van het Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaai RMW2002[7] betekent dit een reducerend effect van circa 1 dB(A) in de geluidemissie. Het overige deel van de verschillen in tabel 2.2.3 kan worden toegeschreven aan de werking van het geluidarme asfalt, die voor personenauto's dan 3 tot 4 dB(A) bedraagt en voor vrachtauto's 2 tot 3 dB(A). Deze waarden liggen lager dan de reducties die in de 'Cwegdek lijst' van de CROW wordt gegeven (zie <http://www.stillerverkeer.nl/stillewegdekken/index.htm>). Voor zowel vrachtauto's als personenauto's geeft deze lijst een reductie van 5 dB(A) voor de rijsnelheden uit tabel 2.2.2. Nogmaals wordt echter benadrukt dat de metingen bij de A10 een relatief korte periode beslaan en dat pas bij evaluatie over langere periode de reducties met meer betrouwbaarheid kunnen worden vastgesteld.

De invloed van het stille asfalt is overigens duidelijk te zien in het spectrum uit figuur 2.2.3. Het reducerende effect treedt op in het frequentiegebied boven 1000 Hz. Het is echter opmerkelijk dat in het frequentiegebied onder 1000 Hz geen reductie optreedt. Mogelijk is de effectieve poreuze laagdikte op de betreffende locatie niet optimaal en blijven de reducties daardoor wat achter bij de waarden uit de CROW-lijst. Bij een optimaal stedelijk ontwerp treedt de reducerende werking van het ZOAB al op vanaf circa 500 Hz[8]. Een nader onderzoek door een deskundig ingenieursbureau kan hierover uitsluitsel bieden.

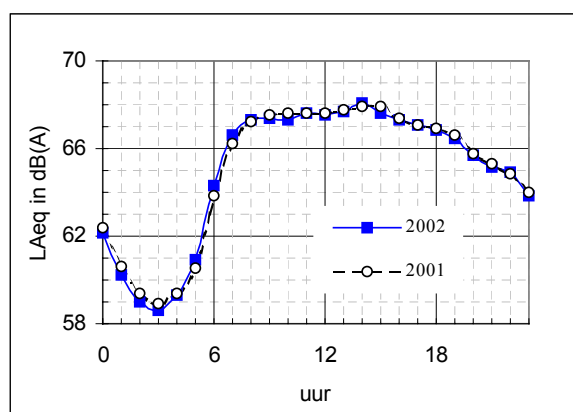
## 2.3 Constant Erzeijstraat Utrecht

### 2.3.1 Meetresultaten 2002

De meetlocatie is weergegeven in bijlage 2. Het gemeten jaarverloop en gemiddelde 24-uursverloop is weergegeven in figuur 2.3.1 en fig 2.3.2, waarin tevens het jaarverloop over 2002 is vergeleken met dat gemeten 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  $L_{den}$  in dB(A) Constant Erzeijstraat Utrecht 2001 en 2002



Figuur 2.3.2 Gemiddeld etmaalverloop Constant Erzeijstraat in Utrecht

Tabel 2.3.1 Vergelijking gemeten geluidniveaus 2000,2001 en 2002

over dag, avond en nachtperiode. Tevens zijn de etmaalwaarde en het  $L_{den}$  aangegeven

jaar	LAeq,dag	LAeq,avond	LAeq,nacht	Etmaal	Lden
2001	67,4	65,7	61,5	71,5	69,7
2002	67,4	65,6	61,9	71,9	69,9

#### Verkeersgegevens

Voor de locatie aan de Constant Erzeijstraat zijn geen telgegevens beschikbaar.

### 2.3.2 Analyse metingen Constant Erzeijstraat

#### *Geluidemissies*

Voor de locatie aan de Constant Erzeijstraat zijn geen uitgebreide telgegevens en snelheidsgegevens beschikbaar, zoals op de locatie langs de A2 bij Breukelen. Een schatting kon alleen worden gemaakt voor de nachtperiode aan de hand van het aantal events<sup>2</sup> dat de meetpost in een uur registreert. In de dagperiode en avondperiode is deze schattingsmethode niet correct omdat er dan meer dan één voertuig aan hetzelfde event bijdraagt (er is dan min of meer sprake van een continue verkeersstroom waardoor het niveau voortdurend boven de registratiedrempel blijft). In de nachtperiode is een event doorgaans steeds aan een voertuigpassage toe te schrijven. Door het aantal events in de nachturen te tellen kon een goede schatting worden verkregen van het aantal voertuigpassages dat de meetpost in de desbetreffende uren passeerde. De aldus verkregen aantallen zijn, analoog aan de manier waarop de bronvermogens van het verkeer op de A2 bij Breukelen zijn bepaald, gebruikt om de gemiddelde bronsterkte per voertuig te bepalen. Het onderscheid tussen verschillende voertuigcategorieën was daarbij echter niet mogelijk. Verder is voor de rijnsnelheid een constante waarde van gemiddeld 50 km/u aangenomen. Gemiddeld over de periode april-december 2001 bedroeg het bronvermogen over alle nachtelijke uren (alleen die waarin minder dan 100 passages zijn geregistreerd) 97 dB(A) per voertuig.

In tabel 2.3.2 zijn de verschillen ten opzichte van het jaar 2001 gering, zowel met betrekking tot verkeersvolume en rijnsnelheden als met betrekking tot het gemeten jaar- en gemiddelde etmaalverloop.

Tabel 2.3.2 Indicatie gemiddelde voertuigemissies geluid Constant Erzeijstraat in 2001 en 2002

	Gemiddeld nachturen*		Uren geen neerslag		Uren neerslag	
	Lw	%tijd	Lw	%tijd	Lw	%tijd
2001	97,0	100	96,4	86	97,9	14
2002	96,8	100	96,2	85	97,4	15
verschil	-0,2		-0,2		-0,5	

\*nachten met minder dan 100 geregistreerde events

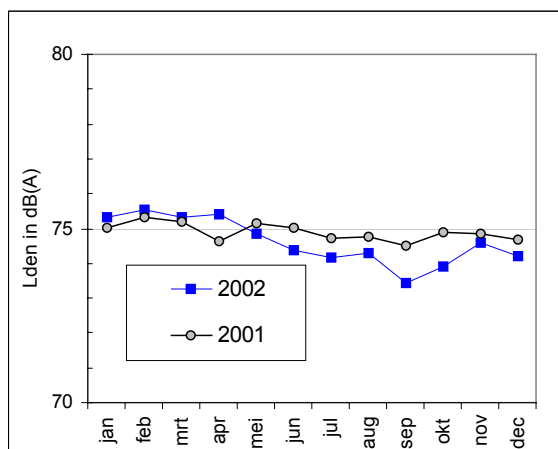
<sup>2</sup> i.e. het aantal maal dat de registratiedrempel in een uur is overschreden en er een SEL waarde wordt bepaald

## 2.4 Spoorlijn Utrecht - Amsterdam bij Breukelen

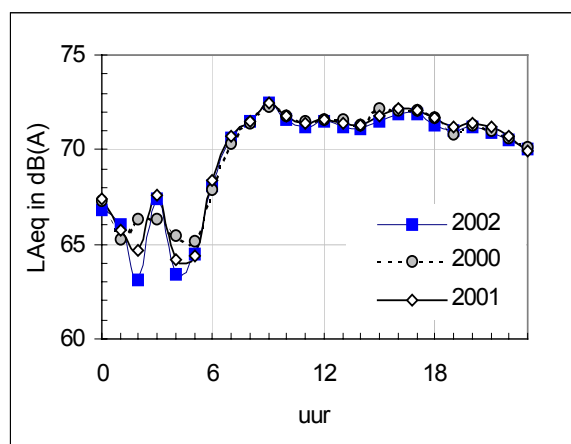
### 2.4.1 Meetresultaten 2002

De meetlocatie is weergegeven in bijlage 2.

Het gemeten jaarverloop en gemiddelde 24-uursverloop is weergegeven in figuur 2.4.1 en figuur 2.4.2, waarin tevens het jaarverloop over 2002 is vergeleken met dat gemeten in 2001. In tabel 2.4.1 zijn de gemiddelde niveaus en het aantal gemeten passages voor de dag-, avond- en nachtperiode gerubriceerd en in figuur 2.4.3 is het maandelijks verloop van het aantal treinpassages aangegeven. Figuur 2.4.4 geeft het jaarverloop van het achtergrondniveau (L90).



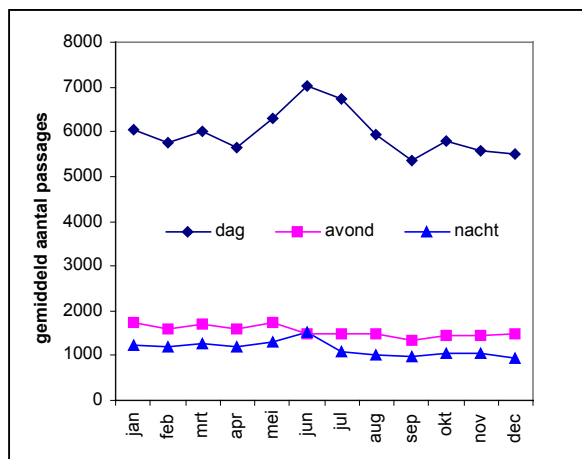
Figuur 2.4.1 Gemeten jaarverloop van het Lden in dB(A) Spoor Utrecht-Amsterdam 2001



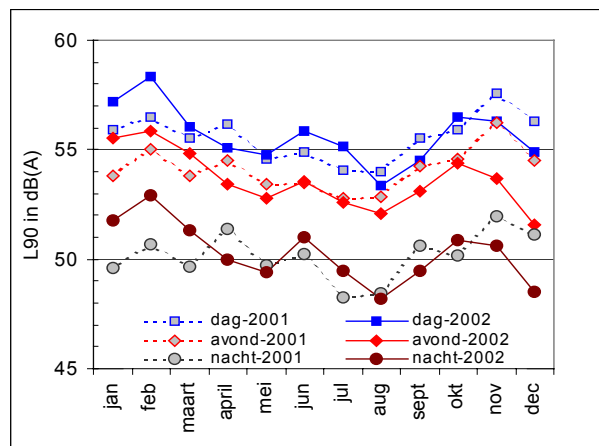
Figuur 2.4.2 Gemiddeld etmaalverloop Spoor Utrecht-Amsterdam in 2000, 2001 en 2002

Tabel 2.4.1 Vergelijking gemeten geluidniveaus 2000, 2001 en 2002 over dag, avond en nachtperiode. Tevens zijn de etmaalwaarde en het Lden aangegeven

	Geluidbelasting					Aantal passages		
	dag	Avond	Nacht	Letm	Lden	dag	avond	nacht
2000	77,7	76,0	73,3	83,3	80,9	7853	1946	1629
2001	77,8	76,4	73,4	83,4	81,0	5850	1609	1223
2002	77,7	76,2	73,2	83,2	80,8	5976	1547	1152



Figuur 2.4.3 Gemiddeld aantal treinpassages over dag- (7-19) avond- (19-23) en nachtperiode (23-7) in 2002 Spoorlijn Utrecht-Amsterdam



Figuur 2.4.4 Jaarverloop van het achtergrondniveau (L90) op de locatie 'de Aa', met name veroorzaakt door de Rijksweg A2 circa 600 m ten westen van de locatie

## 2.4.2 Analyse metingen Spoorlijn Utrecht-Amsterdam

### *Gemiddelde emissie per passage*

Daar er op de locatie geen treindetectie plaatsvindt (registratie van treintype, aantal bakken en snelheid) kunnen er geen emissiegetallen per categorie worden bepaald. De emissie kan alleen als gemiddelde over alle treincategorieën worden bepaald. De methode die daarvoor is toegepast is nader weergegeven in bijlage 5. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.4.2.

Tabel 2.4.2 Emissiegetallen spoor Utrecht-Amsterdam tot en met 2002

Periode	Gemeten aantal bakken per uur (alle categorieën)			L <sub>Aeq</sub> in dB(A)			Genormeerd Emissiegetal E* <sup>2</sup>			
	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht	24-uur
2000	190	141	59	71,7	70,9	67,0	64,0	64,5	64,3	64,2
2001	142	117	44	71,7	71,1	67,0	65,2	66,0	65,5	65,4
2002	145	112	42	71,5	70,9	66,8	64,9	65,4	65,5	65,2
AKS <sup>1</sup>	153	130	50	73,2	74,0	67,8	65,7	66,2	65,1	65,6

<sup>1</sup>ASWIN R2001 v6/02, traject386 km 19000

<sup>2</sup> op 1 bak per uur dB(A); aanname 9 bakken per trein

Ten opzichte van het jaar 2001 zijn de verschillen gering, zowel met betrekking tot verkeersvolume als met betrekking tot het gemeten jaar- en gemiddelde etmaalverloop. De emissies stemmen vrij goed overeen met de waarden uit het akoestisch spoorboekje (AKS).

## 2.4.3 Bepaling geluidemissie per categorie

### *Vergelijking met emissiegetallen per categorie*

Het onderscheid in emissie per categorie is op jaarbasis niet mogelijk. Om toch een indicatie te verkrijgen zijn op 15 mei en 13 juni 2003 een aantal aanvullende metingen uitgevoerd, waarbij ook de categorieën, het aantal bakken en de rijsnelheden zijn meegenomen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.4.3.

Tabel 2.4.3 Vergelijking van het gemeten aantal bakken per uur en het genormeerde emissiegetal met de waarden uit het akoestisch spoorboekje per categorie

Cat.	omschrijving	metingen 15/5 en 13/6, 2003			AKS <sup>1</sup>	verschil
		aantal	snelheid km/u	E* in dB(A)	E*	
1	blokgeremd reizigersmaterieel	15	120	66	64	2
2	schijf+blokgeremd reizigersmaterieel	20	130	66	66	0
3	schijfgeremd reizigersmaterieel	21	110	60	60	0
4	blokgeremd goederenmaterieel	12	90	63	64	-1
8	schijfgeremd intercitiy en stoptreinmaterieel	30	130	62	60	2

<sup>1</sup> traject 386 km 19000 bij de gemeten rijsnelheden

De overeenkomst met waarden uit het AKS is redelijk. Het zuiver schijfgeremde materieel is duidelijk de stilste categorie met een genormeerde emissie van circa 60 dB(A). Dit is circa 5 dB lager dan de gemiddelde emissie over alle categorieën. Uit de etmaalverdeling in figuur 2.4.2 blijkt dat tussen 2.00 en 4.00 uur een verhoging van de L<sub>Aeq</sub> uurwaarden optreedt. Deze verhoging wordt veroorzaakt door passages van goederentreinen. Bij selectie van alle passages uit 2002 in deze uren werd een genormeerd emissiegetal E\* van 63,5 dB(A) gevonden, in goede overeenstemming met de AKS waarde voor categorie 4.

### *Achtergrondgeluid rijksweg A2*

Tenslotte blijkt de achtergrondruis afkomstig van de A2 dezelfde seizoensinvloed te vertonen als de metingen aan de weg. Februari en November vertonen de hoogste achtergrondwaarden.

## 2.5 Vliegbasis Volkel

### 2.5.1 Meetlocatie

Nabij de militaire vliegbasis Volkel is begin 2000 een microfoon en geluidmeetapparatuur geplaatst op de locatie van een station van het Landelijk Meetnet Lucht (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 locatie is weergegeven in bijlage 2. Deze bijlage geeft tevens een overzicht van de gebruikte geluidmeetapparatuur.

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 2001 respectievelijk 2002 zijn gerapporteerd in [10] en [11].

### 2.5.2 Meetresultaten 2002

De totale, gemeten geluidbelasting op het meetpunt bedroeg in 2002, in de voor militair luchtvaartgeluid wettelijk vigerende geluidmaat  $B_{65}$ , ruim 50 Kosteneenheden (Ke). In de geluidmaat  $L_{den}$  bedroeg de waarde ruim 69 dB(A). Deze waarden zijn vrijwel gelijk aan de waarden voor de geluidbelasting in 2001.

De gemeten waarden zijn gebaseerd op 4164 registraties (tegenover 3638 in 2001).

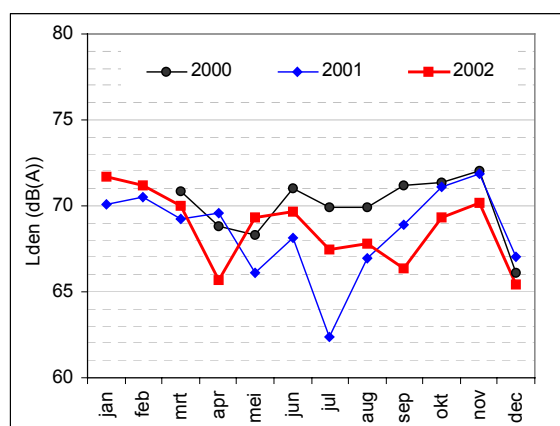
Registratie van het geluid vindt plaats bij overschrijding van een geluidniveau van 85 dB(A) gedurende minimaal 3 seconden. Tabel 2.5.1 toont het aantal registraties per maand. De opsplitsing naar de etmaalperiodes is gebaseerd op de indeling voor de toepassing van de zogenaamde straffactoren in de berekening van de geluidbelasting in Kosteneenheden.

Tabel 2.5.1 Overzicht van de geregistreerde vliegtuigpassages in 2002 bij Volkel

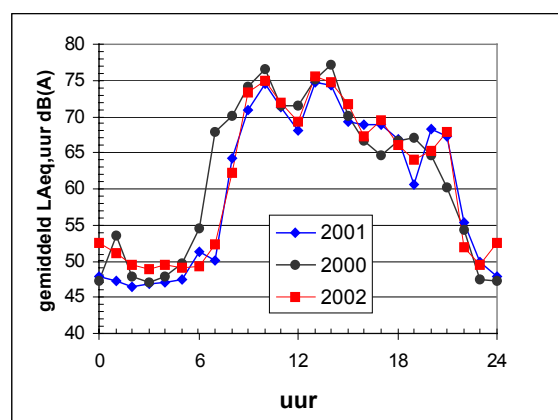
Maand	Aantal registraties							Totaal
	0-6u + 23-24u	6-7u + 22-23u	21-22u	7-8u + 20-21u	19-20u	18-19u	8-18u	
Jan	0	3	26	10	6	24	364	433
Feb	1	1	17	11	0	6	396	432
Mrt	0	2	27	16	8	8	236	297
Apr	1	0	2	0	0	0	231	234
Mei	0	0	0	0	0	50	346	396
Jun	0	0	0	0	1	1	468	470
Juli	2	0	0	0	1	0	260	263
Aug	0	0	0	0	0	0	345	345
Sept	0	0	0	9	0	0	275	284
Okt	1	0	7	16	23	10	402	459
Nov	0	1	15	20	1	3	348	388
Dec	1	5	11	0	4	6	136	163
Totaal 2002	6	12	105	82	44	108	3807	4164
Totaal 2001	0	11	11	110	29	90	3287	3638
Totaal 2000	4	7	24	146	114	77	4613	4985



Deze registraties zijn in figuur 2.5.1 en figuur 2.5.2 verwerkt tot overzichten van de maandelijkse geluidbelasting respectievelijk het gemiddelde 24-uursverloop, waarbij een vergelijking is gemaakt met 2000 en 2001.



Figuur 2.5.1 Geluidbelasting Volkel (maandwaarden)



Figuur 2.5.2 Gemiddeld etmaalverloop Volkel

Uit de figuren blijkt dat in 2002 met name in de eerste helft van het jaar over de meetpost meer vluchten plaats hebben gevonden (behalve in april) en dat de geluidbelasting in de periode tussen 24:00 en 5:00 uur hoger was dan in het jaar daarvoor. Daarentegen was in de vroege ochtend (tussen 6:00 en 9:00 uur) het vliegverkeer minder intensief dan in het voorafgaande jaar. In de avondperiode is de relatieve piek in het vliegverkeer over de meetpost verschoven van 20:00 naar 21:00 uur.

In Tabel 2.5.2 staan de gemiddelde waarden voor de geluidbelasting in Ke, Lden (uitgesplitst naar 3 etmaalperiodes) en in etmaalwaarde (Letm) weergegeven. Hieruit blijkt dat ten opzichte van 2001 de geluidbelasting vrijwel gelijk is gebleven. Alleen in de nachtelijke geluidbelasting is een significante toename, maar door de, in absolute zin, lage waarde van de nachtelijke geluidbelasting is de bijdrage aan de Lden-waarde slechts zeer gering.

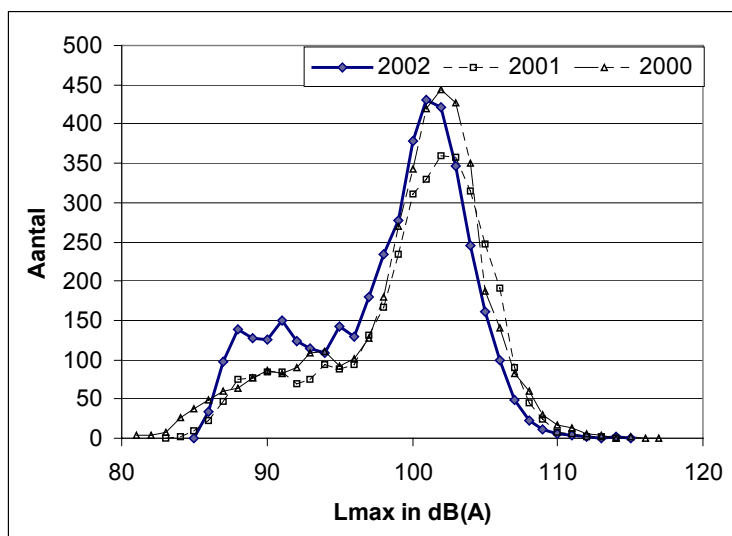
Tabel 2.5.2 Vergelijking gemeten geluidniveaus 2000, 2001 en 2002, meetpunt Volkel over dag-, avond- en nachtperiode. Tevens zijn de etmaalwaarde (Letm) en het Lden aangegeven

Geluidmaat	L <sub>Aeq</sub>			Letm	Lden	B65	
	Periode	Dag 7-19u	Avond 19-23u				Nacht 23-7u
2000		73	64	50	73	70	53
2001		71	65	48	71	69	50
2002		72	65	50	72	69	50

Dat de Lden-waarde niet is toegenomen ondanks het grotere aantal vluchten hangt samen met het feit dat de vliegtuigen gemiddeld lagere (piek)niveaus hebben veroorzaakt op de locatie van de meetpost. Dit blijkt uit de frequentieverdeling van de gemeten piekniveaus. Deze is weergegeven in Figuur 2.5.3. Uit deze verdeling blijkt dat het aantal registraties met een piekniveau van 102 dB(A) of meer, beduidend lager is dan in de voorgaande twee jaren. Vanwege de logaritmische 'optelling' van deze waarden bij de bepaling van de jaarwaarden, zijn met name de hogere waarden bepalend voor de hoogte van de jaarwaarden.

Navraag bij de Koninklijke Luchtmacht leert dat de afname in de piekniveaus samenhangt met het feit dat de vliegers meer starts met de zogenaamde naverbrander ('afterburner') hebben gemaakt dan in voorgaande jaren. Door het gebruik van de naverbrander maakt

(lees: emitteert) het toestel weliswaar meer geluid maar door het sneller opstijgen zijn de geluidniveaus op de locatie van de meetpost toch lager dan zonder het gebruik van de naverbrander.



Figuur 2.5.3 Frequentieverdeling van de gemeten piekniveaus Volkel in 2000, 2001 en 2002 ( $L_{A,max}$  in meterstand 'slow')

### 2.5.3 Meetnauwkeurigheid

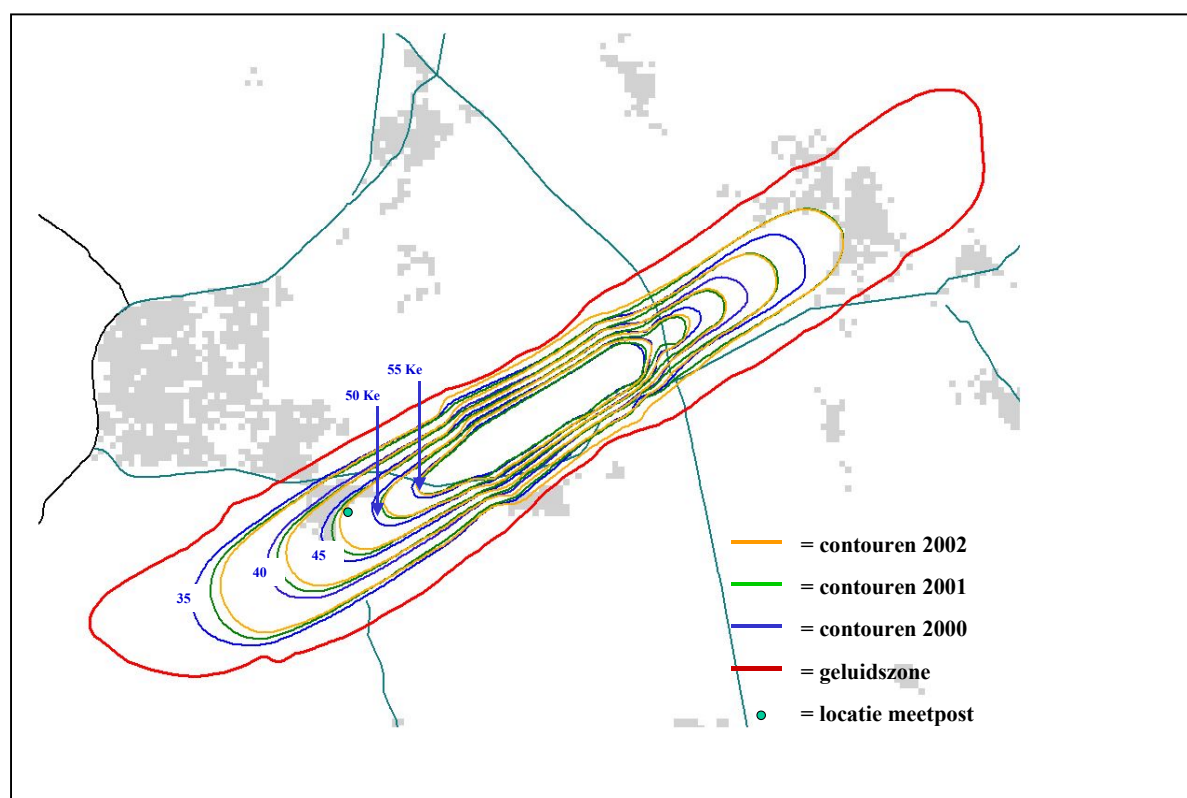
In de analyse van de metingen die zijn uitgevoerd in 2000, is uitgebreid aandacht besteed aan meetnauwkeurigheid in relatie tot de vergelijkbaarheid van de meetwaarden met de waarden zoals die door het NLR worden berekend in het kader van de jaarberekening ten behoeve van de handhaving. Uit de analyse kwam naar voren dat de totale onzekerheid mede werd bepaald door het feit dat zowel in 2000 als in 2001 een deel van de metingen was uitgevoerd met de geluidmeter in de stand 'fast'. Deze metingen zijn gecorrigeerd door een beperkt aantal metingen uit te voeren en deze te verwerken in zowel de 'slow' als de 'fast' stand. Deze correctie leidt tot een onzekerheidsmarge van  $\pm 2$  Ke. Zonder deze correctie bedraagt de totale onzekerheidsmarge voor de jaarwaarde in Ke's  $\pm 1$  Ke. Voor de waarde in dB(A)'s ( $L_{den}$  en  $L_{tm}$ ) geldt een marge van  $\pm 1$  dB(A), zie [9]. Omdat de geluidmeter in 2002 gedurende de gehele periode in de stand 'slow' is gebruikt, gelden deze laatste marges voor de meetwaarden over 2002.

### 2.5.4 Vergelijking met berekende waarden

Uit de jaarberekening van het NLR voor Volkel over 2002 volgt voor de geluidbelasting op de locatie van de meetpost een waarde van 46,6 Ke. Dit is 0,7 Ke lager dan in 2001 en 1,6 Ke lager dan in 2000. Het verschil met de gemeten waarde ( $50 \text{ Ke} \pm 1 \text{ Ke}$ ) bedraagt zodoende ruim 3 Ke ( $\pm 1 \text{ Ke}$ ). Uit de vergelijking die in 2001 is uitgevoerd is naar voren gekomen dat het verschil zeer 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 2002, een extra berekening uitgevoerd zonder spreiding. Dit leidt tot een geluidbelasting op de locatie van de meetpost van 49,1 Ke. Net als voor 2001 leidt de aanname van een uniforme spreiding tot een bijna 3 dB lagere geluidwaarde. De waarde van 49,1 valt binnen de betrouwbaarheidsmarge van de gemeten waarde.

Figuur 2.5.4. toont de geluidcontouren uit de jaarberekeningen van 2000, 2001 en 2002. Uit deze figuur blijkt dat de geluidbelasting aan de zuidwestkant is afgenomen ten opzichte van 2001. Zoals eerder is aangegeven hangt dit samen met het grotere aantal start met naverbrander. Aan de noordoostkant is de geluidbelasting nagenoeg gelijk gebleven.



*Figuur 2.5.4 Vergelijking van de berekende geluidbelasting rondom de basis Volkel in 2000, 2001 en 2002. Voor alle jaren is de geluidbelasting berekend op basis van een uniform spreidingsgebied (bron: NLR)*

### 3. Conclusies

#### Algemeen

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

Tabel 3.1 Overzicht meetresultaten monitorlocaties geluid 2000-2003

Bron	locatie	jaargemiddelden	2000	2001	2002	2003
wegverkeer	rijksweg A2 Breukelen	Letm	83	83	83	
		Lden	81	81	81	
		emissie lichtverkeer	107	107	107	
		emissie vrachtverkeer	110	110	110	
wegverkeer	rijksweg A10 - West Amsterdam	Etmaal	-	-	-	78
		Lden	-	-	-	75
wegverkeer	Constant Erzeijstraat Utrecht	Etmaal	-	72	72	
		Lden	-	70	70	
		emissie per vtg		97	97	
railverkeer	Spoorlijn Utrecht -Amsterdam	Etmaal	83	83	83	
		Lden	81	81	81	
		Emissie per bak	64	65	65	
luchtvaart (militair)	F16-Vliegbasis Volkel	Etmaal	73	71	72	
		Lden	70	69	69	
		B65 (KE)	53	50	50	

#### Wegverkeer

- Ten aanzien van het wegverkeer zijn geen significante veranderingen in emissie opgetreden ten opzichte van de metingen uit voorgaande jaren. Zowel op de rijksweglocatie langs de A2 bij Breukelen als op de binnenstedelijke locatie aan de Constant Erzeijstraat te Utrecht zijn vrijwel ongeveer dezelfde jaargemiddelde geluidniveau's gemeten. De verschillen vallen binnen een halve dB en de onzekerheidsmarge;
- Op de locatie bij Breukelen wordt het geluidniveau in de nachtperiode door het vigerende Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaai [7] met ca. 1 dB(A) onderschat;
- De geluidbelasting over april 2003 op woningen aan de oostkant van de A10 - West Amsterdam ter hoogte van de Wiltzanghlaan bedraagt 78 dB(A). Het effect van het geluidarme asfalt ter plaatse wordt geschat op 3 tot 4 dB(A) voor personenauto's en 1 tot 2 dB(A) voor het vrachtverkeer;
- Op de locaties langs de A2 en in Utrecht worden in de wintermaanden 2 tot 3 dB(A) hogere geluidniveaus gemeten. Ook op circa 600 m afstand van de A2 (achtergrondgeluid bij de meetlocatie langs het spoor) is deze seizoensinvloed aanwezig.

#### Railverkeer

- Op de meetlocatie langs de spoorlijn Utrecht-Amsterdam in 2002 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 2000, 2001 en 2002 achtereenvolgens 64,2; 65,4 en 65,2 dB(A). Dit is vergelijkbaar met de waarde die uit het Rekenvoorschrift[5] volgt: 65,6 dB(A).

- Op deze locatie wordt bij de jaarwaarden geen onderscheid gemaakt naar de emissies per categorie. Daarom zijn op 15/5/2003 en 13/6/2003 aanvullend een aantal steekproefmetingen verricht voor het nader onderscheid gemaakt naar de (genormeerde) emissies per categorie.

Tabel 3.2 resultaten validatiemetingen mei en juni 2003, spoorlijn Utrecht Amsterdam bij Breukelen

cat	steekproefmetingen 15/5/2003 en 13/6/2003 spoor Utrecht -Amsterdam	emissie bij 1 bak per uur in dB(A)		
		gemeten	berekend	verschil
1	blokgeremd reizigersmaterieel	66	64	2
2	schijf+blokgeremd reizigersmaterieel	66	66	0
3	schijfgeremd reizigersmaterieel	60	60	0
4	blokgeremd goederenmaterieel	63	64	-1
8	schijfgeremd intercity en stoptreinmaterieel	62	60	2

- Bij de categorieën 1 en 8 is een hogere emissie gemeten. Het betreft echter een beperkte steekproef. Voor een betrouwbaarder beeld zou de treindetectie eveneens op permanente basis, gelijktijdig met de geluidmetingen moeten worden uitgevoerd;
- Bij het railverkeer wordt in tegenstelling tot het wegverkeer geen seizoensinvloed (hogere geluidbelasting in de wintermaanden) gemeten.

#### Militaire Luchtvaart

- Op de meetlocatie bij het militaire luchtvaartterrein Volkel bedraagt de in 2002 gemeten jaargemiddelde geluidbelasting door het militaire vliegverkeer, uitgedrukt in de geluidmaat  $B_{65}$ :  $50 \pm 1$  Ke en uitgedrukt in de geluidmaat  $L_{den}$ : 69 dB(A). Deze waarden zijn gelijk aan de waarden gemeten in 2002 en 2001;
- In 2002 zijn 15% meer vliegbewegingen geregistreerd dan in 2001. In de avond is de relatieve piek in het aantal vliegbewegingen circa één uur later opgetreden dan in 2001 (rond 21:00 uur in plaats van rond 20:00 uur). Daarnaast is in 2002 een zeer gering aantal vluchten (6) tussen 24:00 en 5:00 uur uitgevoerd. Deze vluchten zijn in 2001 niet geregistreerd. Verder vertoonde de registratie van het vliegverkeer over het etmaal een vergelijkbaar patroon met 2001;
- Opvallend is dat de niveaus van de individuele overvluchten significant (1-2 dB(A)) lager liggen dan in 2001 en 2000. Dit hangt vermoedelijk samen met het gebruik van de naverbrander tijdens de starts;
- De gemeten jaargemiddelde geluidbelasting in Kosteneenheden komt overeen met de waarde die het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium berekent op de locatie van de meetpost (49 Ke). Dit geldt alleen als de berekeningen worden uitgevoerd zonder de (uniforme) spreiding op de gemodelleerde routes. Uit eigen waarneming is bekend dat de vliegtuigen vrijwel altijd 'recht' over de meetpost vliegen. Voor de situatie nabij de meetpost, leidt de toepassing van een uniform spreidingsprofiel in de berekeningen tot een onderschatting van de geluidbelasting.

## Literatuur

1. Jabben J. et al., RIVM rapportnr. 725201201, Doelen en opties meetnet geluid, maart 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., RIVM rapportnr. 725201203, Monitorresultaten Geluid 2000, mei 2001;
4. Jabben J. et al., RIVM rapportnr. 725201205, Geluidmonitor 2001, augustus 2002;
5. Ministerie van VROM, Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaï 1996, Publicatiereeks Verstoring nr 14, 1997;
6. Ministerie van VROM, Reken- en Meetvoorschrift Verkeerslawaaï 1981, Den Haag: Staatsuitgeverij;
7. Ministerie van VROM, Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaaï 2002, Den Haag: Staatsuitgeverij;
8. Von Meier A. von, Low Noise Road Surfaces; Methods to Measure and Control the Acoustical Quality, ICA 1995, Trondheim (No), 1995
9. Dassen A.G.M. et al., RIVM rapport 725201204, 'Monitoring van de geluidbelasting door militaire luchtvaart bij Volkel - resultaten 2000', juli 2002
10. Hoedt P.C. den, van Veen T.A., De geluidbelasting rondom de vliegbasis Volkel voor het jaar 2001, NLR rapport CR-2002-094, maart 2002
11. Hoedt, P.C. den, De geluidbelasting rondom de vliegbasis Volkel voor het jaar 2002, NLR rapport CR-2003-079, augustus 2003

## Bijlage 1 Verzendlijst

- 1 Directeur-Generaal Milieubeheer, Ir. J. van der Vlist
- 2 Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
- 3 Dr. C. M. Plug – VROM DGM
- 4 Drs. J.A. Verspoor – VROM DGM
- 5 Ir. M. van den Berg – VROM DGM
- 6 Drs. T. C. Welkers – VROM DGM
- 7 Drs H.C.G.M. Brouwer – VROM DGM
- 8 Ir. D. de Gruijter – VROM DGM
- 9 Ir. L. Jacobs – VROM DGM
- 10 Ir. B.J.F. Kortbeek – VROM DGM
- 11 Drs. R. Bouman – VROM/DGM
- 12 Drs. R. Smaak – V&W DGP
- 13 Drs. B. van der Westen – V&W DGP
- 14 Drs R. Braakenburg van Backum – V&W DGP
- 15 Ir. G. Debeus V&W – V&W DGG
- 16 B. Koppert V&W, – V&W DG Luchtvaart
- 17 Ir. P.A. van Wijngaarden – Prorail
- 18 Ir. J. van Willigenburg – Prorail
- 19 Ing. H. Hendriks – Kon. Luchtmacht, Den Haag
- 20 Drs. A.N. Lefferts – Ministerie van Defensie, Den Haag
- 21 Drs. J. Können – Ministerie van Defensie, Den Haag
- 22 Dr. Ir. M.E.S. Vogels – NLR, Amsterdam
- 23 Ir. P.C. den Hoedt – NLR - Amsterdam
- 24 Ir. R. Molendijk – Handhavingsdienst Luchtvaart, Schiphol
- 25 Drs. J. Visser GG&GD Amsterdam
- 26 Ir. P.C.M. Polak – RWS AVV Rotterdam
- 27 J.H. de Roover – RWS AVV Rotterdam
- 28 Ir. C. Padmos – RWS DWW Delft
- 29 Drs. W. Alberts – RWS DWW Delft
- 30 Ir. J. Mank – RWS DWW Delft
- 31 Ir. J.J. van Ettinger – RWS Zuid Holland
- 32 Ing. B. van der Roest – RWS Utrecht
- 33 I. Venema RWS – Utrecht
- 34 Ing. P. Sloven – DCMR
- 35 ir. P. Segaar – gemeente Utrecht
- 36 Ing. Elzinga, – provincie Flevoland
- 37 Ir. R. Boone – TUD
- 38 Ir. F. v.d. Berg – RUG
- 39 Ir. J. D. van der Toorn – TNO-TPD
- 40 Ir. H.C. Borst – TNO-PG
- 41 Drs. C. M. Goossen – Alterra
- 42 Ir. G Janssen – dB-Vision
- 43 H.J. de Graaf – Nedtrain B.V.
- 44 Ir. P. de Vos – AEA Technologies
- 45 Ing. J. J. van Leeuwen – DGMR
- 46 Ir. E. de Graaff – M + P
- 47 Directie RIVM

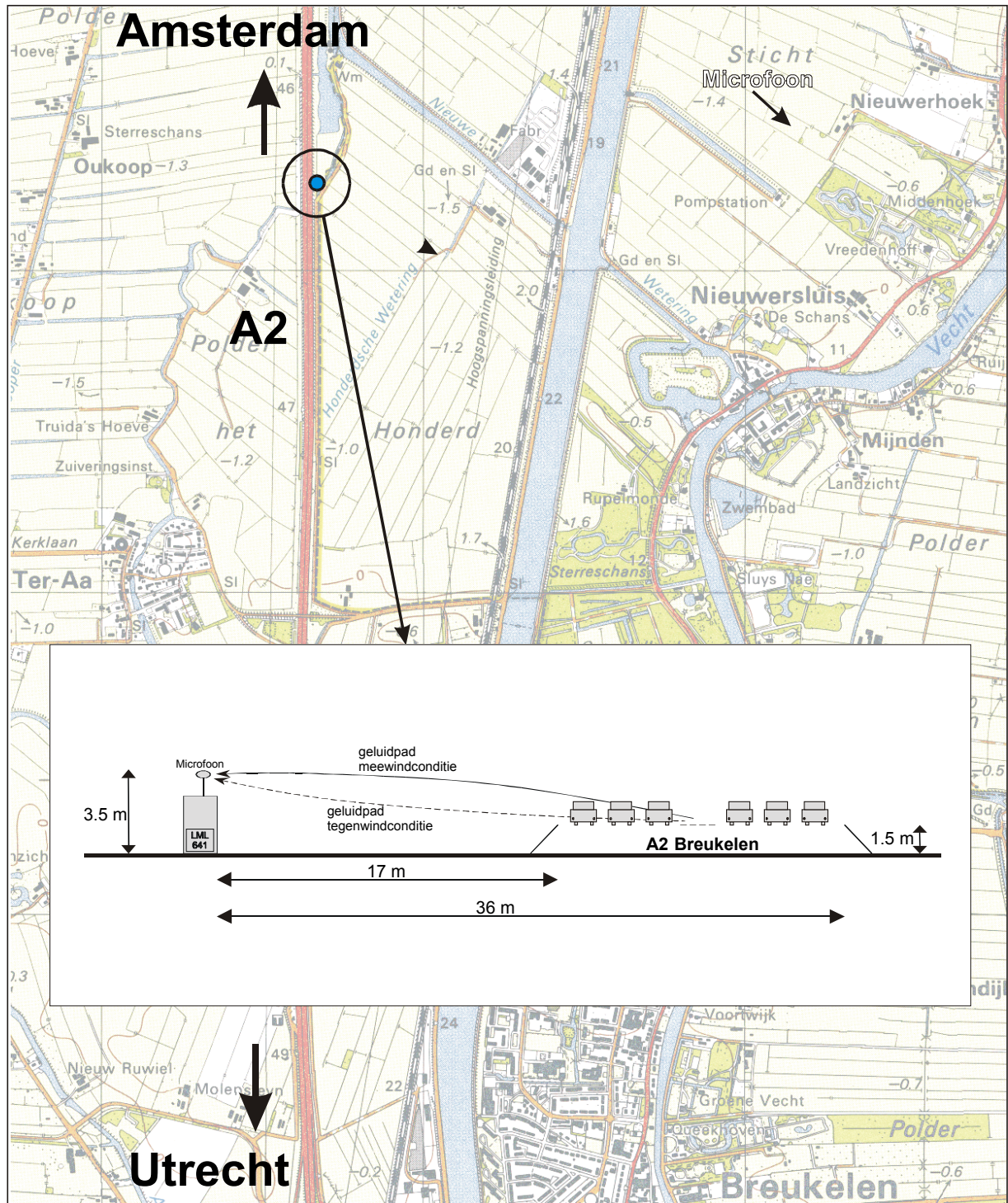
---

48	Prof. Ir. N.D.van Egmond
49	Ir. F. Langeweg
50	Dr. Ir. E. Lebret
51	Ir. W. van Duijvenbooden
52	Drs. B.A.M. Staatsen
53	Ir. R.A.W. Albers
54	Ir. H.S.M.A. Diederer
55	Dr. A.van der Meulen
56	Drs. J.A. Annema
57	Drs. H.A. Nijland
58	Ir. D.J.M. Houthuijs
59	Auteurs
60	SBC/Communicatie
61	Bureau Rapportenregistratie
62	Bibliotheek RIVM
78-90	Bureau Rapportenbeheer



## Bijlage 2 Beschrijving meetlocaties en apparatuur

### Situatieoverzicht meetlokatie A2 Breukelen

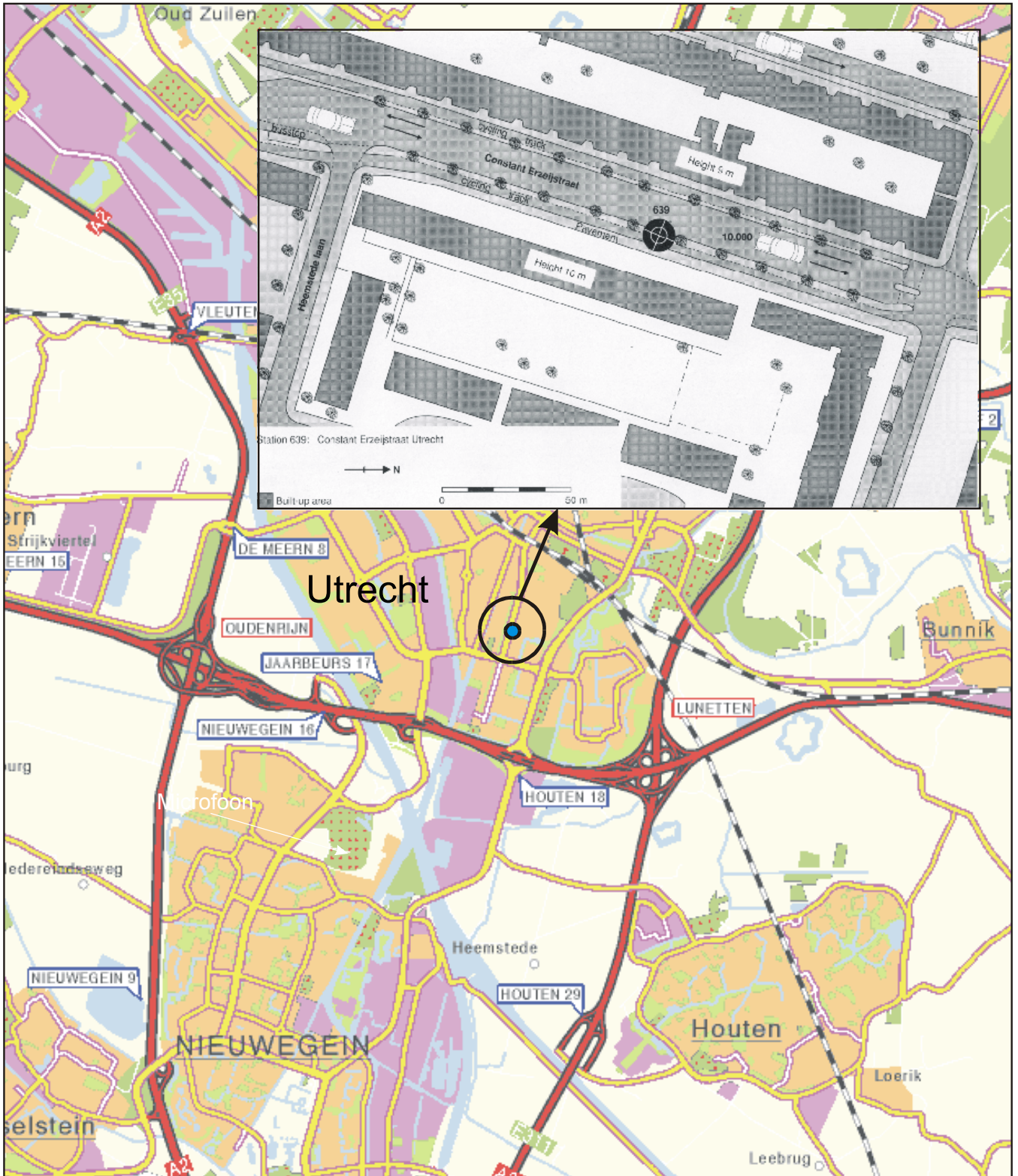


# Situatieoverzicht lokatie A10-West Amsterdam



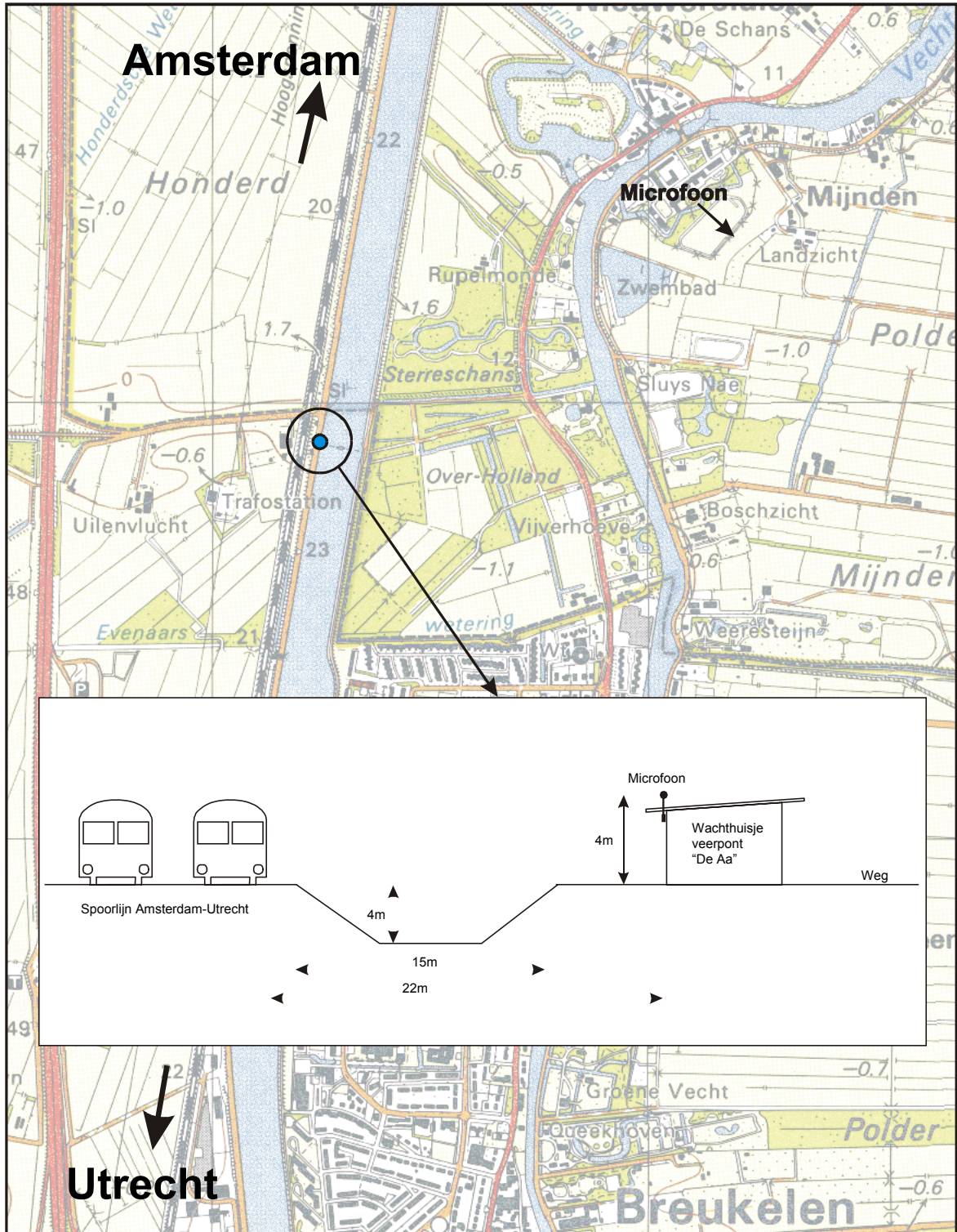


# Situatieoverzicht meetlokatie Constant Erzeijstraat Utrecht



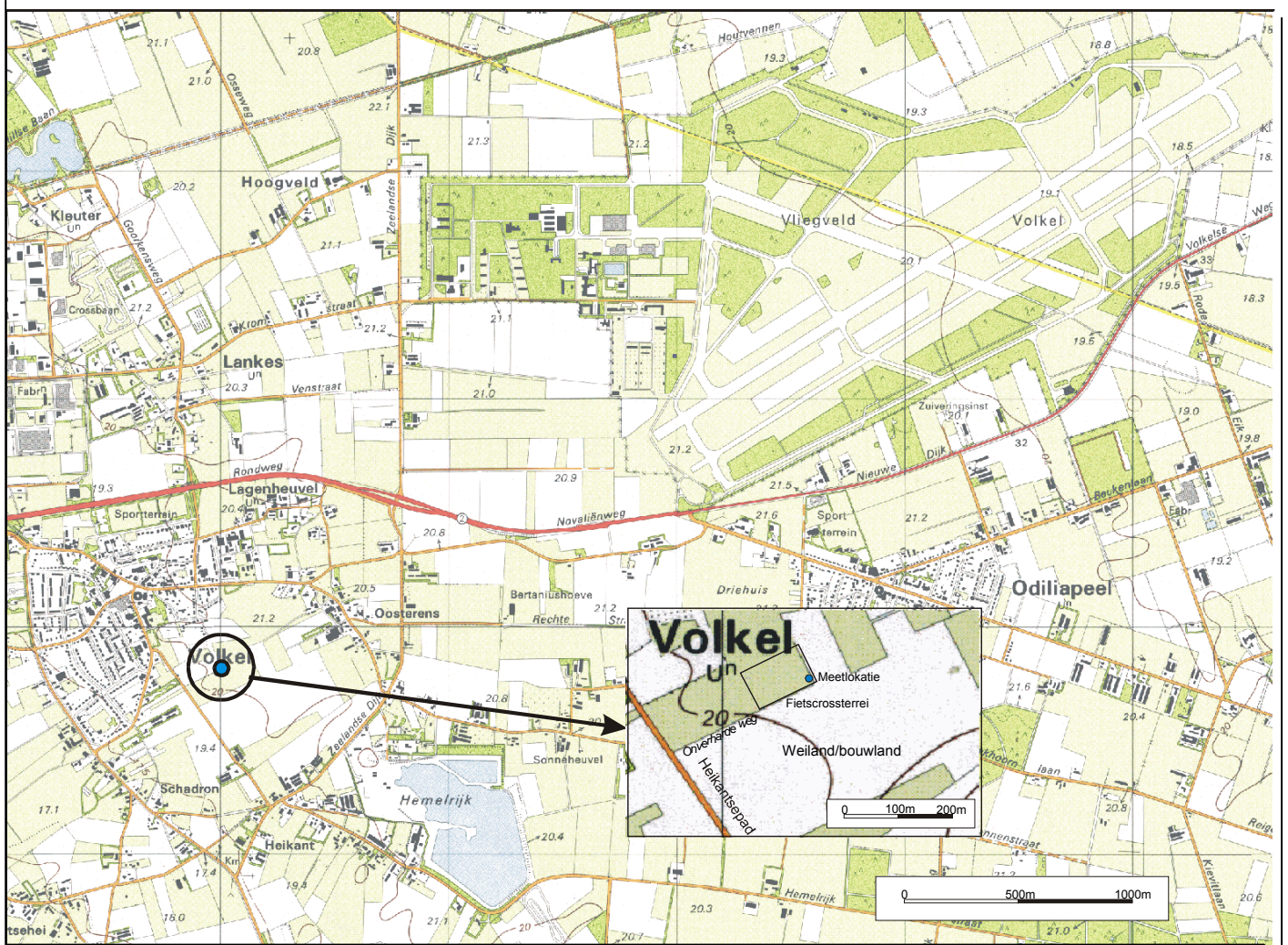


# meetlokatie spoorlijn Utrecht-Amsterdam



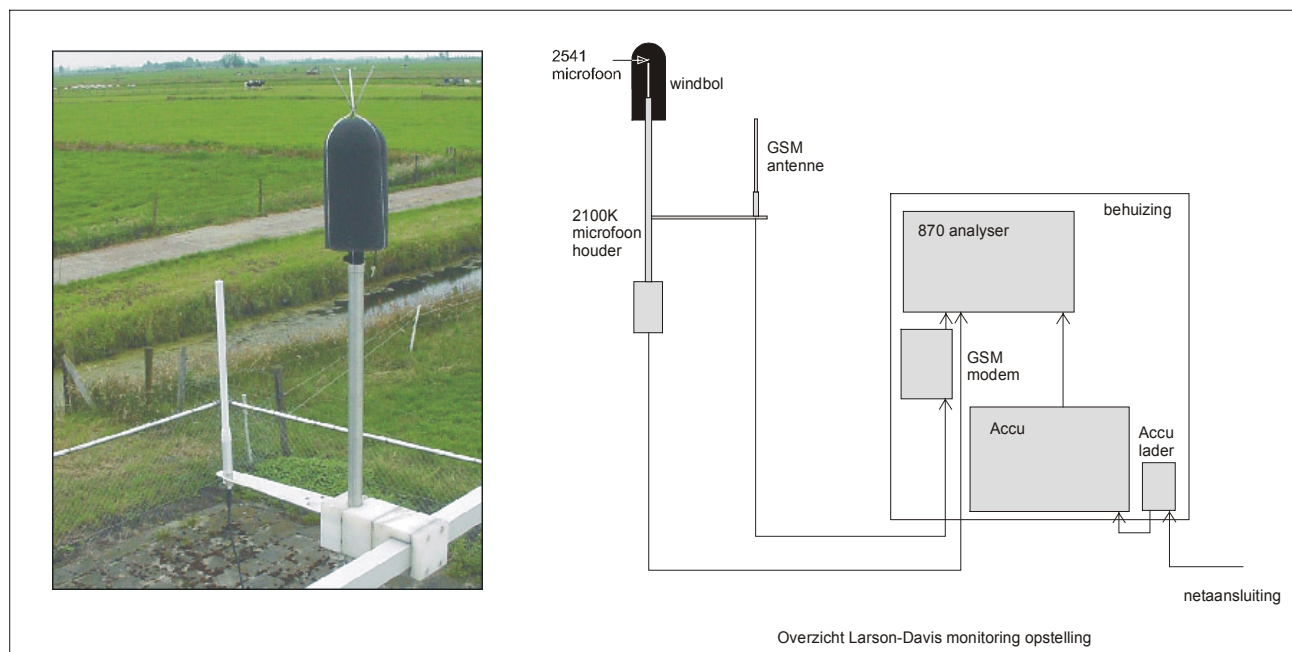


# Situatieoverzicht vliegbasisVolkel



### Meetopstelling op de monitorlocaties

De meetopstelling zoals die op de beschreven locaties wordt gebruikt is weergegeven in figuur B2.1.



Figuur B4.1 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 3 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/m<sup>2</sup>), 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:

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

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 maandelijkse 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 4 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 geluidvermogen niveaus  $L_{w,c}$  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:

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

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 geluidvermogen niveau  $L_w$  een betrouwbaarheidsinterval van :

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

In tabel B4.1 zijn de resultaten van de regressieanalyse als toegepast op de gemeten geluidniveaus, verkeersintensiteiten en rijsnelheden voor het jaar 2000 en (ook per maand) voor 2001 A2 Breukelen weergegeven.

Tabel B4.1 Resultaten regressieanalyse A2 Breukelen per maand over het jaar 2002  $L_w$  ref  $10^{-12}$  Watt

	etmaal				dag				nacht			
	Lw licht	fout	Lw zwaar	fout	Lw licht	fout	Lw zwaar	fout	Lw licht	fout	Lw zwaar	fout
2000	106,7	0,1	110,3	0,3	106,7	0,2	109,5	0,6	107,5	0,3	111,5	0,4
2001	107	0,1	110	0,4	106,9	0,2	109,3	0,7	108	0,2	111	0,3
januari	108,6	0,3	110	1,5	108,4	0,5	109,7	2,7	109,8	0,5	110,1	1,6
februari	108,3	0,3	111,4	1	108,2	0,5	111	1,8	107,1	1,1	113,7	0,8
maart	107,8	0,3	109,5	1,2	107,9	0,4	107,1	4,1	109,2	0,5	110,9	1
april	106,1	0,4	110,6	1	105,9	0,7	110	1,9	108,5	0,6	110,2	1,3
mei	106,3	0,4	109,6	1,1	106,4	0,6	107,8	3	108,1	0,4	110,3	0,7
juni	106,3	0,3	109,5	0,9	106,3	0,5	108,6	1,9	107,8	0,4	109,9	0,9
juli	106	0,3	110,5	0,7	106,2	0,4	109,3	1,4	107,3	0,4	111,1	0,6
augustus	105,3	0,3	110,1	0,7	105,7	0,5	108,1	1,9	106,8	0,3	111,4	0,3
september	106,3	0,3	110,7	0,8	106,4	0,5	109,4	1,5	108,4	0,4	110,9	0,7
oktober	106,8	0,4	111	1,1	106,8	0,6	109,8	2,4	107,7	0,7	112,2	0,8
november	107,1	0,3	111,4	0,8	106,9	0,5	111,2	1,4	108,7	0,4	110,9	1
december	106,8	0,4	111,7	1	106,8	0,7	111,1	2	108,1	0,5	112,1	0,8
2002	107	0,1	110,1	0,3	107,1	0,2	108,7	0,8	108,3	0,2	111,3	0,3
meewind	107,6	0,1	110,1	0,5	107,6	0,2	108,8	1	108,5	0,2	111,6	0,4
tegenwind	106,4	0,2	109,9	0,5	106,6	0,2	107,7	1,3	108	0,2	110,9	0,3

## Bijlage 5 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 (22 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 rijksnelheden 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 rijksnelheid.

Deze methode is niet ideaal in de zin dat men vanuit beleidsmatige overweging liefst de emissie afhankelijk van treincategorie en rijksnelheid zou willen meten. Ook zou het aantal bakken niet via aanname 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 rijksnelheid, 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. Tot dusver is het echter nog niet gelukt een permanente opstelling voor gecombineerde geluid en treindetectie in te richten.

## Bijlage 6 Treincategorieën uit het reken- en meetvooschrift 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 snelhmaterieel	tgvt/thalys hslzuid
10	gereserveerd	