

LUCHTABSORPTIE IN NEDERLAND VOOR INDUSTRIELAWAAI

ir. J. Witte, dgmr
Eisenhowerlaan 112, 2517 KM DEN HAAG

SOUND ABSORPTION BY AIR IN THE NETHERLANDS FOR INDUSTRIAL NOISE

Summary: For the year 1964 the sound absorption by air is determined, based on the information per hour of the temperature and the relative humidity. The attenuation is calculated according to the ISO 3891-1978. The averaged sound attenuation through air, due to air absorption, turns out to be higher than the sound absorption based on mean temperature and mean relative humidity during a long period as given in the Dutch guideline IL-HR-13-01: "Measuring and calculating industrial Noise".

At a distance of 2 km for an average emission spectrum, an effect of 7.1 dB is found, which is 1.1 dB higher than the effect according to IL-HR-13-01. The effect on the distance of the noise contours is a decrease of about 180 meters.

INLEIDING

De afname van het geluidsniveau wordt o.a. bepaald door de geometrische uitbreiding (6 dB per afstandsverdubbeling voor een puntbron), bodemdemping en de luchtabsorptie. Het effect van de afname van het geluid door luchtabsorptie wordt kortweg luchtabsorptie ofwel A_{lu} genoemd. Voor b.v. industrielawaai in de 1000 Hz octaafband bedraagt deze 0.3 dB/100 m volgens IL-HR-13-01 "Handleiding meten en rekenen industrielawaai" [1].

De luchtabsorptie wordt bepaald volgens ISO 3891-1978 [2] door:

- Frequentie
- Temperatuur
- Relatieve luchtvochtigheid

Het doel van dit onderzoek is om de A_{lu} waarden te bepalen onder invloed van de werkelijk optredende klimatologische omstandigheden.

A_{lu} volgens IL-HR-13-01

De luchtabsorptie (A_{lu}) uit de ICG publikatie IL-HR-13-01 is gebaseerd op de ISO standaard 3891-1978¹. In deze standaard is de A_{lu} weergegeven per tertsbands voor een temperatuurrange van -10 tot 40 °C in stappen van 5 graden en een relatieve luchtvochtigheidsrange van 10% tot 100% in stappen van 10%. Voor de tertsbands tot 4000 Hz worden de midden frequenties genomen van de tertsbands. Voor de tertsbands boven 4000 Hz wordt uitgegaan van de laagste frequentie in deze tertsbands. Door Moerkerken [3], is de gemiddelde temperatuur en relatieve luchtvochtigheid over een periode van 1951 tot 1980 bepaald, zie tabel 1:

* De ISO publikatie 3891-1978 zal binnenkort worden gewijzigd. Hierdoor zullen de resultaten van dit onderzoek licht wijzigen, maar de werkwijze blijft gelijk.

Tabel 1

	Dag (07.00 – 19.00)	Avond (19.00 – 23.00)	Nacht (23.00 – 07.00)	Ernaal (00.00 – 24.00)
T [°C]	11.1	8.6	7.1	9.4
RV [%]	77.0	86.0	90.0	83.0

In IL–HR–13–01 is uitgegaan van de dichtstbijzijnde waarden welke in de ISO3891–1978 wordt gevonden: T = 10 °C en RV = 80%. Uit aanvullende gegevens van het KNMI [4] blijkt dat de gemiddelden voor de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid op andere lokaties in Nederland nauwelijks aanleiding geven om dit bij te stellen.

A_{lu} bepaling uit de weersgegevens van 1964

Om de weersinvloeden te onderzoeken op de A_{lu} is gekozen voor het bouwphysische standaardjaar van 1 januari tot 31 december 1964. In dit jaar zijn o.a. de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid bekend per uur voor de lokatie De Bilt. Met een gemiddelde temperatuur van 9.0 °C en een relatieve luchtvochtigheid van 81% over het gehele jaar wijkt dit jaar ook nauwelijks af van het gemiddelde over meerdere jaren.

Om op basis van ISO 3891–1978 de A_{lu}-waarden te bepalen is gebruik gemaakt van de benaderingsvergelijking die eveneens in de ISO 3891–1978 is vermeld. Hierbij is geïnterpoleerd voor de berekening van de η(δ) tabel uit ISO 3891–1978.

Op basis van deze gegevens zijn per tertsbands van 20 tot 10.000 Hz de A_{lu}-waarden berekend. Omwille van een overzichtelijke presentatie en een eenvoudige vergelijking van de resultaten is gekozen voor een standaard emissie spectrum, zoals is bepaald door de DCMR [3]. Hiervoor is het octaafbandspectrum geïnterpoleerd naar een tertsbandspectrum, zie figuur 1. De resultaten worden vervolgens berekend op een afstand van 2 km volgens:

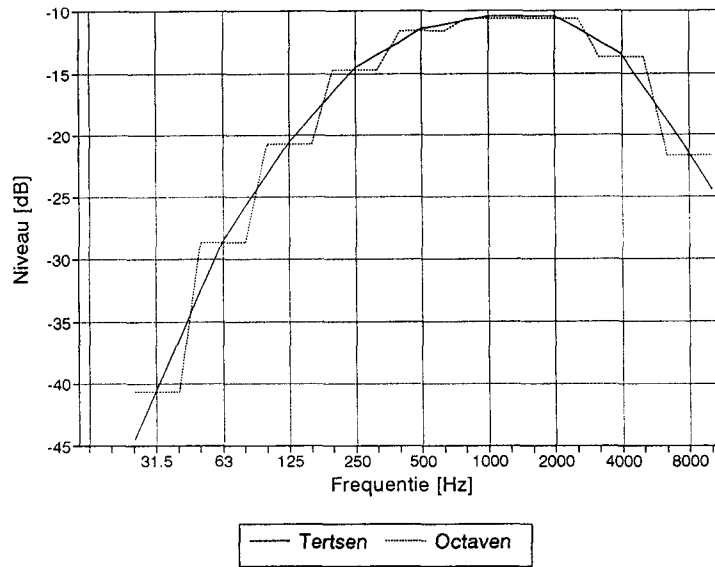
$$\Delta L_p = 10 \cdot \log \sum_{n=1}^{27} 10^{\frac{L_{p,e}(n) - 20 \cdot A_{lu}(n)}{10}} \quad (1)$$

ΔL_p : afname van totaal niveau op 2 km afstand door luchtabsorptie

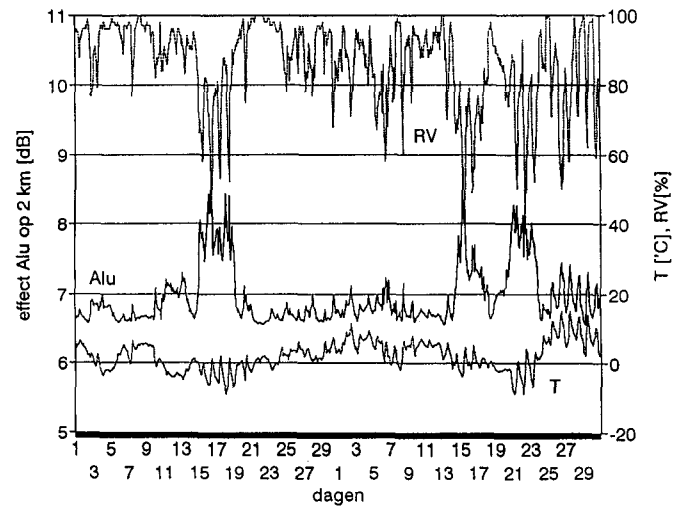
$L_{p,e}(n)$: standaard emissieniveau per tertsbands n

$A_{lu}(n)$: luchtabsorptiefactoren in dB/100 m per tertsbands n

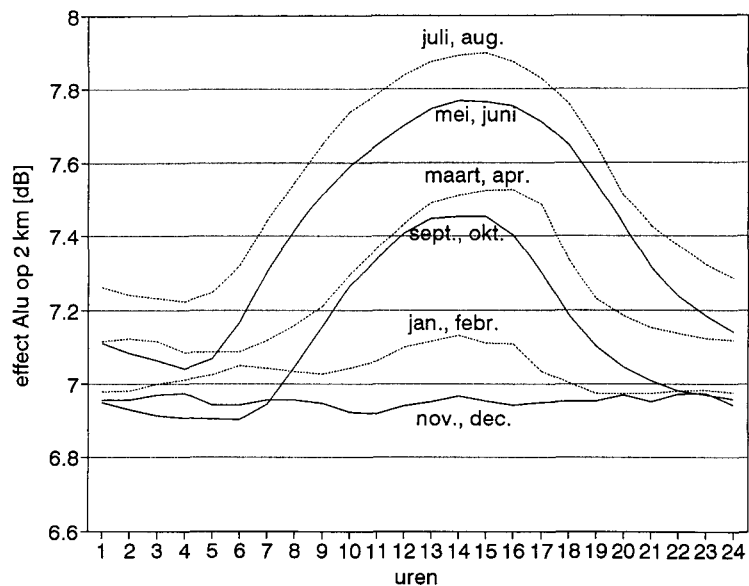
De afstand van 2 km is gekozen omdat dit voor grote industrieterreinen de afstand van de 55 dB(A) contour benaderd. In figuur 2 is de afname per uur van het standaard emissiespectrum weergegeven ten gevolge van de invloed van de A_{lu} voor de maanden januari en februari. In deze figuur is eveneens de temperatuur en de relatieve luchtvochtigheid weergegeven. Voor deze maanden blijkt dat de invloed van de A_{lu} varieert van 6.6 dB tot 9 dB. Op dezelfde wijze is het hele jaar 1964 doorerekend. Figuur 3 geeft de (lineair) gemiddelde A_{lu} waarden per maand per uur weer, eveneens op een afstand van 2 km. Hieruit blijkt dat er een duidelijke seizoen invloed is van maximaal 0.8 dB en dat midden op de dag de invloed van de A_{lu} tot 0.7 dB kan oplopen ten opzichte van de nacht.



Figuur 1 Het uit een gemiddeld octaafbandspectrum (bron DCMR) afgeleide tertsbandspectrum tertsen/octaven DCMR.



Figuur 2 Overzicht van de luchtabsorptie (Y-as links), temperatuur en relatieve luchtvochtigheid (Y-as rechts) voor de maanden januari en februari.



Figuur 3 Luchtabsorptie per uur gemiddeld per twee maanden bij een standaard emissiespectrum op een afstand van 2 km.

De maximale waarde over het hele jaar bedraagt 10.5 dB en de minimale waarde 6.6 dB. Gemiddeld over het hele jaar is de invloed van de A_{lu} op 2 km 7.2 dB, uitgaande van het standaard emissiespectrum. In onderstaande tabel is voor de dag, avond, en nachtperiode en voor de etmaalwaarde de A_{lu} per tertsbands weergegeven, gebaseerd op het jaar 1964 en de A_{lu} per tertsbands volgens ISO 3891-1978 bij $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $RV = 80\%$.

Tabel 2
 Overzicht berekende A_{w-64} -factoren voor dag(d), avond(a), nacht(n), etmaal(e)
 en voor de ISO 3891-1978 bij 10 °C en 80% RV in dB/100 m

freq.	d	a	n	e	ISO
25	0.011	0.010	0.010	0.011	0.011
31.5	0.014	0.013	0.013	0.013	0.013
40	0.017	0.017	0.016	0.017	0.017
50	0.022	0.021	0.020	0.021	0.021
63	0.028	0.026	0.025	0.027	0.027
80	0.035	0.034	0.032	0.034	0.034
100	0.044	0.042	0.040	0.042	0.043
125	0.055	0.053	0.051	0.053	0.053
160	0.070	0.067	0.065	0.068	0.068
200	0.088	0.084	0.082	0.085	0.086
250	0.111	0.106	0.102	0.107	0.107
315	0.140	0.134	0.130	0.136	0.135
400	0.180	0.173	0.167	0.175	0.172
500	0.229	0.219	0.213	0.222	0.216
630	0.294	0.282	0.275	0.285	0.273
800	0.384	0.369	0.360	0.374	0.349
1000	0.497	0.478	0.469	0.484	0.439
1250	0.650	0.626	0.616	0.635	0.552
1600	0.888	0.856	0.847	0.869	0.740
2000	1.192	1.150	1.144	1.169	0.989
2500	1.619	1.564	1.561	1.591	1.347
3150	2.248	2.175	2.179	2.213	1.876
4000	3.190	3.090	3.104	3.145	2.686
5000	3.802	3.684	3.703	3.749	3.221
6300	5.423	5.263	5.285	5.351	4.602
8000	7.553	7.333	7.355	7.450	6.744
10000	10.795	10.481	10.501	10.645	9.972

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat voor frequenties lager dan 250 Hz, de A_{w-64} waarden voor het etmaal, in vergelijking met ISO 3891-1978 waarden, gelijk zijn, maar voor frequenties daarboven beduidend hoger.

Volgens de Wet Geluidhinder [5] dient er bij berekeningen te worden uitgegaan van de gemiddelde klimatologische omstandigheden. Voor dit onderzoek is derhalve verder gewerkt met de etmaalwaarden uit bovenstaande tabel.

Interpretatie

Uit tabel 2 blijkt dat de werkelijk voorkomende luchtabsorptie aanzienlijk hoger is dan de waarden volgens ISO 3891-1978 bij een temperatuur van 10 °C en 80% relatieve luchtvochtigheid.

Voor een praktische toepassing binnen IL-HR-13-01 dienen de A_{lu} -waarden echter per octaaf bekend te zijn. Daar de A_{lu} toeneemt met de frequentie zal bij toenemende afstand de laagste tertsband binnen een octaaf gaan domineren. Derhalve zal een aanname moeten worden gedaan hoe de tertsbanden binnen een octaaf worden gemiddeld. In dit onderzoek is gekozen voor een 6 dB dalend spectrum binnen een (lineair) octaaf. Dit wil zeggen dat binnen een octaaf de eerste terts wordt gesteld op 0 dB, de tweede terts op -3dB en de derde terts op -6dB. Hierdoor wordt het accent op de laagste tertsband gelegd. Daar de geluidemissie onafhankelijk is van de gevoeligheid van het menselijk oor is de A-weging per terts pas na de voorgaande aanname toegepast. Uitgaande van dit A-gewogen spectrum is het effect bepaald van de A_{lu} per octaafband door het verschil te bepalen tussen het totale niveau per octaafband op 0 meter en het totale niveau per octaafband op een afstand van 1950 meter. In tabel 3 zijn deze waarden weergegeven. Door een A_{lu} waarde voor drie tertsbanden in te voeren ontstaat er een fout in de berekeningen ten opzichte van de A_{lu} per tertsband. Deze fout is eveneens in tabel 3 weergegeven. De keuze van 1950 meter is arbitrair en heeft direct invloed op de fout, weergegeven in tabel 3.

Tabel 3
Overzicht A_{lu} -'64 waarden per octaafband in dB/100 m

Freq.	A_{lu} -'64	Fout t.o.v. A_{lu} -'64 in tertsen op afstand 2000 m	
		laagste terts	hoogste terts
31.5	0.015	0.10	-0.02
63	0.029	0.18	-0.07
125	0.056	0.31	-0.17
250	0.109	0.56	-0.40
500	0.218	1.05	-1.06
1000	0.451	1.93	-3.04
2000	0.996	3.41	-10.30
4000	2.360	5.20	-23.99
8000	5.480	7.86	-92.77

Voor de frequenties boven de 2000 Hz op een afstand van 2 km is de luchtabsorptie al dermate groot dat deze in het algemeen geen bijdrage meer zal leveren tot het totaal niveau. Uit tabel 3 blijkt dat, tot en met 2000 Hz octaafband, de onderschatting van het geluidsniveau maximaal 3.4 dB bedraagt en de overschatting maximaal 10.3 dB.

Overige studies

De Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond DCMR heeft een verwante studie uitgevoerd naar de A_{lu} -factoren. In de DCMR studie is uitgegaan van de ISO 3891-1978 waarden bij 10 °C en 80% RV per tertsband. Om dit terug te rekenen naar octaafbanden heeft men gebruik gemaakt van het standaard emissiespectrum in tertsen, zie figuur 1. In plaats van een 6 dB dalend spectrum per octaaf is men in de DCMR-studie uitgegaan van de algemeen te verwachten vorm binnen een octaaf als men een grote groep van bronnen heeft. Verder zijn op globaal dezelfde wijze als hierboven beschreven, de A_{lu} -waarden berekend. Deze zijn weergegeven in tabel 4. Het nadeel van deze benaderingswijze is dat men niet van de echte meteorologische omstandigheden is uitgegaan. Voor een groot aantal immissierelevante bronnen is de uitkomst goed te gebruiken bij 10 °C en 80% RV, echter bij een afwijkend spectrum kan de fout aanzienlijk zijn, zie tabel 4. De fout is hier gedefinieerd als de afwijking ten opzichte van de A_{lu} -(terts)waarden volgens ISO 3891-1978 bij 10 °C en 80% RV.

Tabel 4
Overzicht A_{lu} -DCMR waarden per octaafband in dB/100 m

Freq.	A_{lu} DCMR	Fout t.o.v. ISO op afstand 2000 m	
		laagste terts	hoogste terts
31.5	0.015	0.09	-0.04
63	0.025	0.07	-0.18
125	0.060	0.35	-0.17
250	0.110	0.49	-0.51
500	0.230	1.15	-0.87
1000	0.440	1.82	-2.25
2000	1.050	6.2	-5.94
4000	1.900	0.47	-26.41
8000	4.600	-0.05	-107.44

Evenals bij tabel 3 is omschreven, zijn de fouten boven de 2000 Hz op 2 km afstand minder relevant door de grote luchtabsorptie. Uit tabel 4 blijkt dat, tot en met 2000 Hz octaafband, de overschatting van het geluidsniveau maximaal 6.2 dB bedraagt en de onderschatting maximaal 5.9 dB.

De TNO/TPD heeft eveneens een studie naar de A_{lu} -factoren uitgevoerd. Hierbij is de TNO/TPD van 1/12-octaafbandspectrum uitgegaan. Tevens is men (globaal) uitgegaan van een 12 dB dalend spectrum binnen de octaven van 250 Hz tot 8000 Hz en van ISO 3891-1978 bij 10 °C en 80% RV. Beneden de 250 Hz octaafband is men uitgegaan van een vlak spectrum. Als referentie heeft men voor de octaafbanden t/m 1000 Hz de afstand van 2000 meter gekozen. Boven deze frequentie heeft men een meer gemiddelde benadering over de octaafband genomen. De resultaten zijn weergegeven in tabel 5. De daarin weergegeven fout is wederom ten opzichte van ISO 3891-1978 bij 10 °C en 80% RV.

Tabel 5
Overzicht A_{1u} -TNO/TPD waarden per octaafband in dB/100 m

Freq.	A_{1u} TNO/TPD	Fout t.o.v. ISO op afstand 2000 m	
		laagste terts	hoogste terts
31.5	0.014	0.07	- 0.06
63	0.027	0.11	- 0.14
125	0.055	0.25	- 0.27
250	0.094	0.17	- 0.83
500	0.190	0.35	- 1.67
1000	0.380	0.62	- 3.45
2000	0.780	0.80	-11.34
4000	1.900	0.47	-26.41
8000	5.500	17.95	-89.44

Uit tabel 5 blijkt dat, tot en met de 2000 Hz octaafband de onderschatting van het geluidsniveau maximaal 0.8 dB bedraagt en de overschatting maximaal 11.3 dB. Wederom geldt als nadeel van deze methode dat niet de werkelijk optredende meteorologische omstandigheden zijn gebruikt. Tevens wordt een vrij conservatief spectrum gebruikt bij de belangrijke frequentiebanden van 500 en 1000 Hz octaafband. Dit blijkt ook uit de overschatting van de berekende waarden ten opzichte van de ISO waarden. Met uitzondering van de 8000 Hz octaafband bedraagt de overschatting maximaal slechts 0.6 dB.

Vergelijking studies

In onderstaande tabel zijn de A_{1u} -waarden opgenomen van de verschillende studies.

Tabel 6
Overzicht A_{1u} -waarden per octaafband in dB/100 m

Freq.	A_{1u} -waarden			
	IL-HR-13-01	A_{1u} - '64	DCMR	TNO/TPD
31.5	0.000	0.015	0.015	0.014
63	0.000	0.029	0.025	0.027
125	0.000	0.056	0.060	0.055
250	0.100	0.109	0.110	0.094
500	0.200	0.218	0.230	0.190
1000	0.300	0.451	0.440	0.380
2000	0.700	0.996	1.05	0.780
4000	1.90	2.36	1.90	1.90
8000	4.60	5.48	4.60	5.50

Uit tabel 6 blijkt dat de grootste verandering ten opzichte van de A_{lu} -waarden uit IL-HR-13-01 zijn dat de 3 laagste octaafbandwaarden ongelijk aan nul zijn. Voor de drie verschillende onderzoeken is voor deze drie octaafbanden het verschil klein. Voor de octaafbanden 250 tot en met 2000 Hz blijken de A_{lu} -waarden uit het jaar 1964 en die van de DCMR goed overeen te komen. Dit is verwonderlijk daar beide studies van geheel andere uitgangspunten zijn vertrokken. Voor de octaafband van 4000 Hz blijkt dat de A_{lu} -'64 aanzienlijk groter is dan de overige studies aangegeven. Voor de 8000 Hz octaafband stemt de A_{lu} -'64 overeen met de TNO/TPD studie.

Het effect van de verschillende A_{lu} -waarden is berekend door toepassing van deze waarden op het standaard emissiespectrum, op een afstand van 2 kilometer, zie tabel 7.

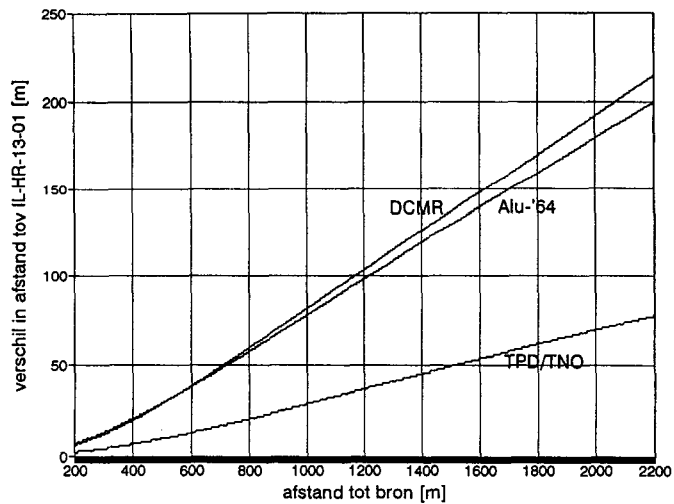
Tabel 7
Effect A_{lu} in dB, op twee afstanden

Studie	1000 m	2000 m
IL-HR-13-01	3.7	6.0
A_{lu} -'64	4.6	7.1
DCMR	4.6	7.2
TNO/TPD	4.1	6.4

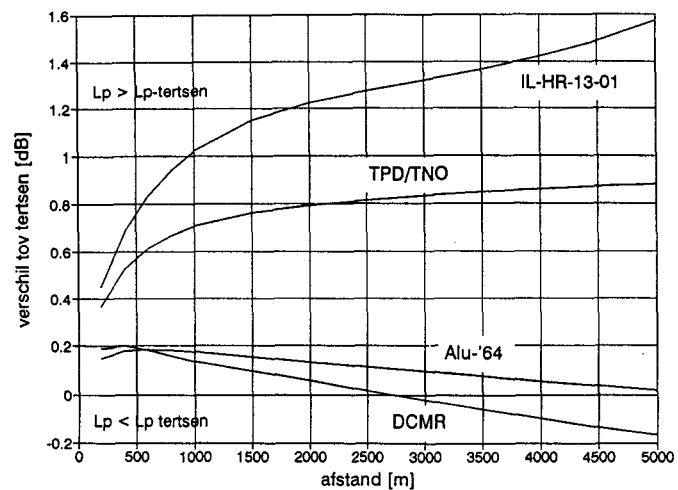
Uit deze tabel blijkt dat het effect van de luchtabsorptie, berekend volgens IL-HR-13-01 en de TNO/TPD in het jaar 1964, altijd te laag is, immers het minimum effect van de luchtabsorptie in het jaar 1964 bedroeg 6.6 dB op een afstand van 2 km. De waarden volgens A_{lu} -'64 en de DCMR geven wel een juist gemiddeld beeld weer voor het jaar 1964.

In figuur 4 is de invloed van de luchtabsorptie teruggerekend naar verschil in afstanden ten opzichte van IL-HR-13-01. Hierbij is uitgegaan van een puntbron met een standaard emissiespectrum en alleen geometrische afstandsreductie en luchtabsorptie. Op een afstand van 2000 meter is het verschil met IL-HR-13-01 circa 180 meter.

Tenslotte is in figuur 5 een vergelijking gemaakt tussen de vier A_{lu} -waarden in octaafbanden en de tertsbandswaarden (A_{lu} -waarden voor het etmaal) zoals bepaald is voor het jaar 1964 voor verschillende afstanden en het standaard emissiespectrum. Voor de A_{lu} -'64 waarden blijkt dat de afwijking overal kleiner is dan 0.2 dB. De A_{lu} -waarden, bepaald door de DCMR, geven op afstanden groter dan 2700 meter een geringe onderschatting van het geluidsniveau. De A_{lu} -waarden volgens IL-HR-13-01 geven aanleiding tot een steeds toenemend verschil met de afstand. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de A_{lu} -waarden van de drie laagste octaafbanden, die gelijk aan nul zijn.



Figuur 4 Effect van A_{Iu} -studies in afstanden ten opzichte van IL-HR-13-01 bij een standaard emissiespectrum.



Figuur 5 Effect van A_{Iu} -studies ten opzichte van A_{Iu} -waarden in tertsen in het jaar 1964, bij een standaard emissiespectrum.

Conclusies

De A_{lu} -waarden zijn afhankelijk van de klimatologische omstandigheden. Zo is het effect van de luchtabsorptie in de dagperiode tot circa 0.7 dB hoger voor het standaard emissiespectrum op 2 km, dan de luchtabsorptie in de nachtperiode. Ook is er een duidelijk verschil tussen de “warme” en de “koude” maanden. Het verschil voor het standaard emissiespectrum op 2 km afstand loopt op tot 0.8 dB. Het maximale verschil dat is waargenomen in het jaar 1964 bedraagt 4 dB.

De luchtabsorptie die bepaald is over het jaar 1964 en die welke bepaald is door de DCMR, komen nagenoeg met elkaar overeen en sluiten goed aan bij de gemiddelde klimatologische omstandigheden in het jaar 1964.

Het effect op het geluidsniveau voor het standaard emissiespectrum op een afstand van 2 km tussen de A_{lu} -waarden volgens IL-HR-13-01 en de voor 1964 bepaalde A_{lu} -waarden bedraagt 1.1 dB. Dit verschil in dB's, omgezet naar afstanden, geeft een verkleining van de geluidscontouren van circa 180 meter in vergelijking met een geluidscontour op 2 km afstand, berekend volgens IL-HR-13-01.

Voor een verdere uitbreiding van dit onderzoek zou het wenselijk zijn, de gegevens van meerdere jaren door te rekenen op diverse lokaties in Nederland, bijvoorbeeld zeer dicht bij grote wateroppervlakten.

Dit onderzoek geeft reden genoeg om de A_{lu} -waarden aan te passen in overeenstemming met de werkelijk optredende waarden in Nederland.

LITERATUUR

1. Handleiding meten en rekenen industrielawaai. ICG rapport IL-HR-13-01, maart 1981.
2. A. Moerkerken, Meteorologische verschijnselen die van invloed zijn op de geluidsoverdracht. ICG-rapport VL-DR-21-04.
3. ISO-3891-1978. International standard acoustics – Procedure for describing aircraft noise heard on the ground.
4. Pilot-studie rekenmethodiek industrielawaai voor het Rijnmondgebied. Hoofdrapportage, DCMR, januari 1990.
5. Over de aanpassing van de berekening D_{lucht} in de handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai (IL-HR-13-01), TPD-HAG-RPT-90-0061, juni 1990.
6. Klimatologische gegevens van Nederlandse stations. KNMI, De Bilt 1982.
7. Beschikking betreffende Meet- en rekenvoorschrift hoofdstuk 5 Wet geluidhinder, Artikel 1, augustus 1982.