

# Schiphol en het geluid

door Sjoerd Rienstra, TUE (12-1-2000)

## Waarom Schiphol kan uitbreiden, en waarom het niet vanzelf spreekt een norm te baseren op metingen.

Schiphol was weer in het nieuws. Schiphol mag nu “beperkt uitbreiden”, namelijk zo’n 5% per jaar, “mits het de geluidsnormen respecteert”. Dit zal met metingen worden gecontroleerd.

Dit klinkt wel erg als een open deur. Desondanks noemde onze premier het een “voortgangsbesluit”. We kunnen ons afvragen waarom er over deze geluidsproblematiek toch altijd zoveel mist hangt. Want ook nu weer stond er niets in de krant dat de lezer-kiezer duidelijk maakt of we deze mooie woorden ook kunnen begrijpen en vertrouwen, en vooral wat voor de doorbraak heeft gezorgd. Jammer genoeg kunnen we niet in de keuken kijken van de verschillende partijen, maar we kunnen er wel naar proberen te raden. Waarschijnlijk zit het hem in de logaritme. Het lijkt erop dat het inzicht is doorgebroken dat deze functie niet-lineair is. Laten we eens zelf wat puzzelen.

### De Kosten-norm

De geluidsbelasting  $B$  ter plaatse  $\mathbf{x}$  nabij een vliegveld als gevolg van herrie van startende en landende vliegtuigen wordt in Nederland bepaald door de volgende formule

$$B(\mathbf{x}) = 20^{10} \log \left( \sum_{i=1}^N g_i 10^{\frac{1}{15} L_i} \right) - 157.$$

Hierbij refereert  $i$  naar de  $i$ -de vliegbeweging (dwz. start of landing),  $g_i$  = de dag/nachtfactor (= 1 resp. = 10),  $N$  = het totaal aantal vliegbewegingen per jaar, en  $L_i$  = het  $SPL_{\max}$ -niveau in dB, dit alles met een drempel van  $L_i > 65$ . SPL is een soort instantaan geluidsniveau (zie appendix). Deze norm is opgesteld door een commissie onder leiding van professor Kosten. De eenheden heten dan ook Kosteneenheden (Ke).

Merk op:

1. Deze Kosten-norm gaat verdwijnen en wordt vervangen door een internationaal geadviseerde, iets andere norm. Middels een overgangperiode zal men echter zorgen dat dit geen belangrijke verschillen in wetgeving oplevert. Daarom zullen we ons hier nog even behelpen met de Kosten-norm.
2.  $SPL_{\max}$  is een vrij grove maat. Vliegtuigen worden gecertificeerd op grond van een veel subtielere geluidsmaat, de EPNL (Effective Perceived Noise Level), gemeten op 3 langs- en overvliegpunten (*sideline*, *approach*, en *take-off*). De EPNL houdt rekening met tijdsduur, hinderlijke discrete tonen, en zowel frequentie- als amplitude-afhankelijkheid van het gehoor.  
Bij de certificatie zelf wordt ook nog rekening gehouden met de grootte van het vliegtuig en het aantal motoren. Dit zit niet verwerkt in de Kosten-norm.
3. Zoals we zullen zien heeft de 65 dB-drempel in de Kosten-formule bij de huidige stille vliegtuigen een zeer vertekend effect. Naar het schijnt was Kosten het zelf ook niet eens met deze drempel.

We kunnen nu voor alle punten  $\mathbf{x}$  van Nederland de geluidsbelasting  $B(\mathbf{x})$  bepalen, en rondom vliegvelden de  $B(\mathbf{x}) = 35$  Ke isocontouren opzoeken. Volgens de wet mogen er binnen deze contouren geen woningen staan.

De vraag waar nu al jaren mee geworsteld wordt is: hoe kunnen we  $N$  laten toenemen en  $L_i$  laten afnemen zodanig, dat de 35 Ke contouren op hun plaats blijven.

## Hoeveel groei per dB

Neem eens voor het gemak aan dat alle vliegtuigen alleen overdag vliegen ( $g_i = 1$ ) en allemaal dezelfde  $SPL_{\max}$  produceren ( $L_i = L$ ). Dan wordt de formule erg eenvoudig

$$B = 20^{10} \log N + \frac{20}{15} L - 157,$$

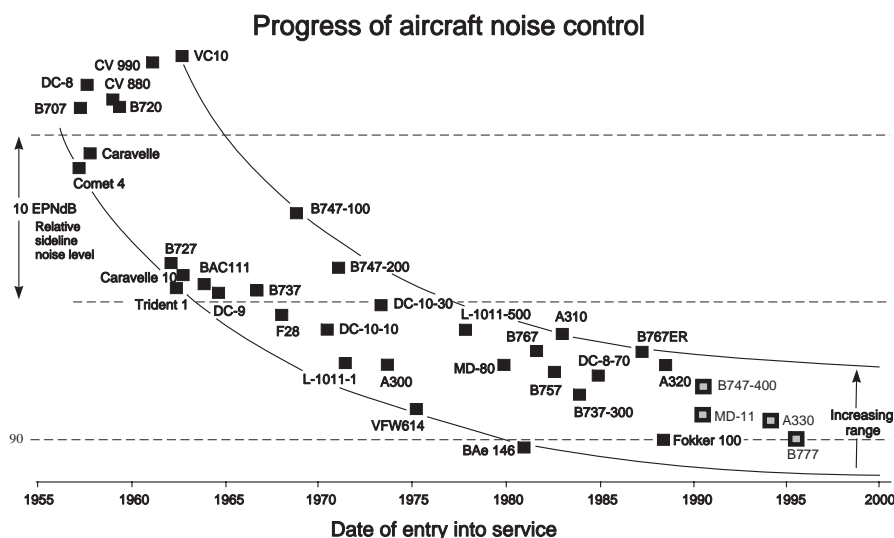
We zien direct dat variaties  $\Delta N$  en variaties  $\Delta L$  bij constante  $B$  gerelateerd zijn<sup>1</sup> volgens  $^{10}\log(1 + \frac{\Delta N}{N}) \simeq ^{10}\log(e) \frac{\Delta N}{N} = -\frac{1}{15} \Delta L$ . Een globale reductie  $\Delta L$  maakt dus een jaarlijkse groei mogelijk van

$$\frac{\Delta N}{N} = -15 \Delta L \%$$

Kortom, per dB reductie is dus 15% groei mogelijk.

Hoeveel dB reductie per jaar is nog redelijkerwijs te verwachten? Daarvoor bekijken we figuur 1 (gebaseerd op [1]), waar de afname van vliegtuiglawaai over de afgelopen 45 jaar is geschetst (in EPNL). We zien dat in die periode een spectaculaire reductie is bereikt van een kleine 30 dB. (Bijna een factor 1000 in energie!) Ondanks dat de curves minder steil gaan lopen, lijkt daarom een extrapolatie van zo'n  $\frac{1}{3}$  dB per jaar voor de komende 10 jaar niet al te boud. In de lopende en geplande Amerikaanse en Europese aero-akoestische onderzoeksprojecten wordt zelfs nog meer beloofd, nl. 4-7 dB voor de komende 10 jaar.

Omdat  $15 \times \frac{1}{3} = 5$ , is daarmee de voorgestelde groei van 5% per jaar dus te verklaren.



Figuur 1: Afname van het vliegtuiglawaai in *sideline*-EPNdB

## De 65 dB drempel

We kunnen aan bovenstaande vereenvoudigde Kosten-formule nog meer zien. Het huidige aantal vliegbewegingen  $N$  voor Schiphol ligt op ongeveer 400 000. Als we kijken welke  $L$  daar bij hoort voor  $B = 35$ , dan vinden we  $L = 60$  dB. Dit is echter onmogelijk omdat alles onder de 65 dB niet wordt meegeteld. Het kan dus niet anders dan dat een groot deel van de 400 000 vliegbewegingen niet meetelt, omdat ze juist onder de 65 dB grens vallen. Stel, om de gedachten te bepalen, dat de  $SPL_{\max}$ -niveau's van alle vliegtuigen gelijkmatig verdeeld zijn over een nog te bepalen interval van 10 dB. Dan blijkt dat we moeten uitkomen op  $58.5 \leq L_i \leq 68.5$ . Met andere woorden, meer dan de helft telt (op arbitraire gronden) niet mee. Een groot,

<sup>1</sup> met dank aan Pieter Sijtsma

relatief stil vliegtuig telt zo wel mee, en 10 iets kleinere, maar relatief luidruchtige toestellen niet. We kunnen ons afvragen of dit nu echt de lawaai-perceptie representeert van iemand die op de 34 Ke-lijn woont. Het lijkt dus inderdaad tijd om over te stappen op een andere norm.

## Metten of rekenen

Tenslotte nog een opmerking over hoe  $B$  bepaald wordt. Het lijkt allemaal zo eenduidig en simpel: je meet overal het geluid, stopt het in de formule, en je hebt je 35 Ke-contour. Het is echter erg moeilijk om nauwkeurige, representatieve en fijnmazige metingen te doen. Omgevingslawaai moet worden herkend, of buitengesloten met grote richtingsgevoelige array's van microfoons, terwijl atmosferische verschijnselen als temperatuur- en windgradiënten variaties van wel 10 dB kunnen veroorzaken.

Bij de huidige wetgeving wordt dan ook niet uitgegaan van metingen, maar van  $L_i$ -waarden die worden berekend op grond van het actuele vliegpad, de door de fabrikant opgegeven akoestische bronsterkte van het vliegtuig, en eenvoudige geluidvoortplantingsmodellen waarin bijvoorbeeld de niet-uniformiteit van de atmosfeer geen rol speelt. Naar verluidd zal men zich bij de nieuwe plannen gaan baseren op echte metingen. Dat is interessant want dat zal tot nieuwe problemen leiden.

In een temperatuurgradiënt met “koud beneden”, “warm boven”, buigt het geluid (refractie) naar het aardoppervlak, zodanig dat het nog op grote afstand waarneembaar kan zijn. Wie in de zomer 's ochtends met zonsopkomst wordt wakker gemaakt door het geraas van een verafgelegen snelweg kan ervaren wat een verwarmde atmosferische bovenlaag met het geluid doet.

Van waarschijnlijk nog meer belang is de refractie door een windgradiënt. Tot een meter of 50 boven het aardoppervlak is het windsnelheidsprofiel niet constant maar neemt geleidelijk af naar 0 op de grond. Deze windgradiënt buigt het geluid ook af, maar anders dan bij temperatuur niet in alle richtingen gelijk. Met de wind mee buigt het geluid terug naar de aarde, en tegen de wind in buigt het omhoog en verdwijnt. Daarom is het zo gemakkelijk iemand *boven de wind* te verstaan, en zo moeilijk *onder de wind*. Dit betekent met een overheersende westenwind dat het gebied dat last heeft van een vliegveld aan de oostzijde veel groter zal zijn dan aan de westzijde. Deze asymmetrie zit niet verdisconteerd in de huidige, berekende, 35 Ke-contouren, en zal daarom met de geplande metingen onvermijdelijk nog heel wat planologische zorgen geven.

## Referenties

- [1] SMITH, M.J.T. 1989 *Aircraft Noise*, Cambridge University Press, Cambridge.

---

## Appendix

SPL (Sound Pressure Level) is

1. het waargenomen geluidsdruksignaal  $p(t)$ ,
2. vertaald naar onze oorgevoeligheid door een zgn. A-filter in frequentie,
3. *root-mean-square*-gemiddeld over een korte tijd  $T$ ,
4. gedeeld door een referentiewaarde ( $\sim$  de gehoordrempel) om de grootheid dimensieloos te maken, waarna
5. het resultaat wordt gekwadeerd om de grootheid energie-achtig te maken.
6. Met de  $10^{10}\log(\cdot)$  operatie maken we er dan decibels van.

In formule

$$\text{SPL} = 10^{10} \log \left( \frac{1}{(20 \mu\text{Pa})^2} \int_{t-T}^t [p_A(t')]^2 \frac{dt'}{T} \right).$$

Vanwege de A-weging wordt de eenheid ook wel genoemd: dB(A).