

TNO-conceptrapport  
PG/VGZ/99.036

## Dosis-responsrelaties luchtvaartgeluid

*Analyses in het kader van ONL*

### TNO Preventie en Gezondheid

Volksgezondheid  
Gortergebouw: Wassenaarseweg 56  
Postbus 2215  
2301 CE Leiden

Telefoon 071 518 18 18  
Fax 071 518 19 20

Datum

november 1999

Auteur(s)

R.G. de Jong  
H.M.E. Miedema  
H. Vos

concept

Het kwaliteitssysteem van  
TNO Preventie en Gezondheid  
voldoet aan ISO 9001.

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar  
gemaakt door middel van druk, foto-  
kopie, microfilm of op welke andere  
wijze dan ook, zonder voorafgaande  
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor onder-  
zoeks opdrachten aan TNO, dan wel  
de betreffende terzake tussen de  
partijen gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het  
TNO-rapport aan direct belang-  
hebbenden is toegestaan.

© 1999 TNO

Auteur

<vermelding auteur>

ISBN-nummer

Deze uitgave is te bestellen door het overmaken van *f* (incl. BTW) op postbankrekeningnummer 99.889 ten name van TNO-PG te Leiden onder vermelding van bestelnummer PG/VGZ/99.

## Inhoud

Inhoud .....	3
1 Inleiding .....	4
1.1 Kader van het onderzoek .....	4
1.2 Doel van het onderzoek .....	4
1.3 Algemeen .....	5
2 Dosismaten- en responsmaten .....	6
2.1 Dosismaten .....	6
2.2 Effectmaten .....	8
2.2.1 Definitie en operationalisering van hinder .....	8
2.2.2 Definitie en operationalisering van slaapverstoring .....	9
3 Dosis-respons relaties .....	10
4 Invloed van andere determinanten dan geluid .....	17
5 Geluidmaten voor vliegverkeer .....	22
6 Bespreking van relatie tussen de geluidbelasting en hinder .....	23
7 Referenties .....	25
Bijlage A Beschrijving dosismaten .....	26
Bijlage B Bepaling van niet-specifieke en specifieke hinder .....	27
Bijlage C Vragen over slaapverstoring .....	29

# 1 Inleiding

## 1.1 Kader van het onderzoek

In december 1999 wil het kabinet een besluit nemen over (de hoofdlijnen van) een geïntegreerd stelsel van nieuwe milieu- en veiligheidsnormen voor de luchthaven Schiphol. Vliegtuiggeluid is een van de milieufactoren die hierbij aan de orde komen.

Bij de besluitvorming is er behoefte aan dosis-responsrelaties voor geluid. De meest uitgebreide databank met gegevens waaruit de benodigde relaties kunnen worden afgeleid, is het Kennisbestand Verstoring (KBV) van TNO-PG, waarin de resultaten van 20 studies uit 9 landen over (effecten van) luchtvaartgeluid zijn opgenomen (34 214 cases; een case is een respondent van wie zowel de geluidbelasting als de daardoor ondervonden hinder bekend zijn).

Recentelijk is in het kader van de Gezondheidskundige Evaluatie Schiphol (GES) een grootschalig onderzoek (NET-371: 11 812 cases) uitgevoerd naar hinder en andere zelf-gerapporteerde effecten ten gevolge van geluid van luchtvaart en andere bronnen in de regio Schiphol (TNO-PG en RIVM, 1998). Hierin wordt voor de geluidbelasting B (in Kosten-eenheden,  $K_e$ ) een dosis-responsrelatie gevonden die anders is dan in eerder onderzoek. Daarnaast wordt voor de dosismaat  $L_{dn}$  een dosis-responsrelatie gevonden die afwijkt van de op basis van het KBV gevonden relatie (Miedema en Vos, 1998).

In het kader van 'the European Noise Policy Programme' werkt de Europese Commissie aan een harmonisatie op EU-niveau van de dosismaat en de bijbehorende berekeningsmethodiek voor geluid. Op termijn zullen deze EU-dosismaat en -berekeningsmethodiek de nationale dosismaat en -berekeningsmethodiek vervangen. In verband met deze ontwikkelingen heeft de Stuurgroep ONL besloten heeft ten behoeve van ONL/Normering/Geluid voor de luchthaven Schiphol in beginsel over te stappen op het  $L_{den}$ , in de vorm zoals EU-Werkgroep 1 deze heeft geformuleerd in haar advies aan de Europese Commissie (d.w.z. een dagperiode van 7-19 uur, een avondperiode van 19-23 uur en een nachtperiode van 23-7 uur, met bijbehorende weegfactoren van respectievelijk 1, 5 en 10 dB(A)). Ook deze dosismaat is daarom in het onderzoek betrokken.

## 1.2 Doel van het onderzoek

Om een beter inzicht te krijgen in de verschillen tussen de dosis-responsrelaties en af te kunnen wegen of hiermee in het traject ONL/Normering/Geluid rekening dient te worden gehouden, zijn vergelijkbare analyses uitgevoerd op het KBV en op NET-371.

Het doel van het onderzoek is:

- Het opstellen van de dosis-responsrelaties tussen  $L_{dn}$  of  $L_{den}$  enerzijds en de percentages gehinderden of ernstig gehinderden anderzijds; op basis van het KBV en NET-371 afzon-

derlijk (NET-371 gecorrigeerd voor selectieve non-respons). Tevens worden de relaties tussen de Gemiddelde Relatieve Hinderscore (= de Bitter-index) en B (in Ke) die gevonden zijn in eerder onderzoek (Adviescommissie Geluidhinder door vliegtuigen, 1967; Bitter, 1980) vergeleken met de relatie die in NET-371 is gevonden.

- Het opstellen van de dosis-responsrelaties tussen  $L_{dn}$  of  $L_{den}$  enerzijds en de percentages mensen met slaapverstoring of ernstige slaapverstoring door vliegtuiggeluid anderzijds, op basis van het KBV en NET-371 afzonderlijk (NET-371 gecorrigeerd voor selectieve non-respons).

N.B. Dit onderdeel wordt alleen uitgevoerd indien het kennisbestand direct vergelijkbare gegevens bevat. De 20 datasets zullen hierop worden gescreend. Tot deze beperking is besloten in overleg met de projectbegeleiders.

- Het geven van een overzicht van de factoren die van invloed zijn op de relatie tussen geluidbelasting door vliegtuigen en hinder, met een kwantificering van de grootte van de invloed.
- Het kwantificeren van de verschillen in ervaren hinder voor de verschillende perioden van het etmaal, gericht op het onderbouwen van de hoogte van straffactoren voor de avond en nacht. Indien daartoe aanleiding is zal worden aangegeven of andere dosismaten wellicht de voorkeur verdienen.
- Het bespreken van:
  - mogelijke verklaringen voor verschillen tussen dosis-responsrelaties voor het KBV en voor NET-371.
  - mogelijke verklaringen voor de daling van dosis-responsrelaties voor NET-371 bij hogere geluidsbelasting.
  - de vraag welke dosismaat in het algemeen het beste correleert met de hinder.
  - de vraag of er sprake is van een zekere achtergrondhinder en zo ja, wat de mogelijke betekenis daarvan is.

### 1.3 Algemeen

Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het traject 'Ontwikkeling Nationale Luchthaven/ Normering/Geluid' en begeleid door drs. R. Kuiten namens de programmadirectie ONL van het Directoraat-Generaal Rijksluchtvaartdienst (Ministerie van Verkeer en Waterstaat) en ir. M. van den Berg namens de directie Geluid en Verkeer van het Directoraat-Generaal Milieubeheer (Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer).

## 2 Dosis- en responsmaten

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de dosismaten (2.1) en de responsmaten (2.2) besproken die in de analyses zijn gebruikt.

### 2.1 Dosismaten

De volgende drie dosismaten zijn in dit onderzoek gebruikt:  $L_{dn}$ ,  $L_{den}$  en, voor een beperkt aantal analyses,  $B$  (in  $Ke$ ). Beschrijvingen van deze maten worden gegeven in bijlage A.

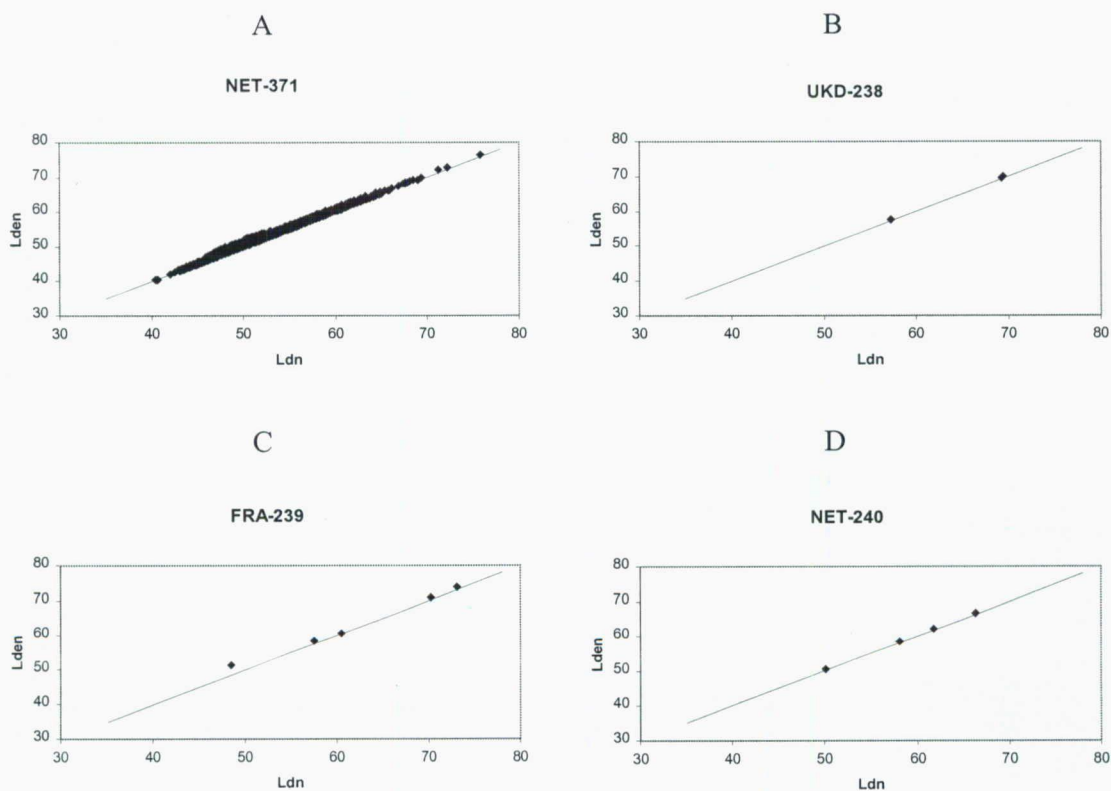
Ten behoeve van eerdere analyses op de gegevens uit het KBV (zie onder meer: Miedema en Vos, 1998 en 1999) is voor datasets in het KBV  $L_{dn}$  vastgesteld, maar niet  $L_{den}$ .  $L_{den}$  diende dus alsnog bepaald te worden. Dit kan op twee manieren:

1. Het  $L_{den}$  kan volgens een vaste rekenregel, voortkomend uit de empirie, worden berekend uit het  $L_{dn}$ . Het voordeel hiervan is dat alle datasets met alle cases (34 214) die gebruikt zijn in de dosis-responsanalyse met  $L_{dn}$ , ook gebruikt kunnen worden in de analyse met  $L_{den}$ . Het nadeel is dat er op deze wijze een onnauwkeurigheid wordt geïntroduceerd doordat het  $L_{den}$  en het  $L_{dn}$  weliswaar sterk met elkaar samenhangen, maar er geen een-op-een correspondentie is tussen de niveaus van deze maten.
2. Door alleen de datasets bij de analyses te betrekken waarin het  $L_{den}$  uit de basisgegevens kan worden berekend. Dit heeft als nadeel dat het aantal bruikbare datasets aanzienlijk wordt gereduceerd: er resteren 4 bruikbare datasets met 12 947 waarnemingen, waarvan het grootste deel, 11 812, uit NET-371.

In overleg met de begeleiders van het onderzoek is besloten de eerste manier te kiezen. De vaste rekenregel wordt in het volgende ontwikkeld vanuit de 4 bruikbare datasets.

De 4 bruikbare datasets waarin  $L_{den}$  en  $L_{dn}$  direct, zonder schatting, uit de basisgegevens, kunnen worden berekend, zijn in het KBV gecodeerd als UKD-238, FRA-239, NET-240 en NET-371. Als eerste stap in de analyse van het verband werd  $L_{den}$  als functie van  $L_{dn}$  geplot. De resultaten staan in figuur 1.

Figuur 1 Grafische weergave van het verband tussen  $L_{den}$  en  $L_{dn}$



Figuur 1 laat voor elk van de 4 datasets afzonderlijk een lineair verband zien met een helling van vrijwel 1 en een correlatiecoëfficiënt van 0,997 of hoger. Vervolgens zijn voor de 4 studies de gemiddelde  $L_{dn}$  en  $L_{den}$  bepaald. De resultaten staan in tabel 1. Deze tabel laat zien dat gemiddeld per studie  $L_{den}$  minimaal 0,5 en maximaal 1,5 hoger ligt dan  $L_{dn}$ . Gemiddeld over de 4 studies is dit 0,6 (gewogen voor het aantal respondenten per studie).

Tabel 1 Verschillen tussen  $L_{dn}$  en  $L_{den}$  in de 4 datasets waarin beide maten direct, dus zonder schatting, uit de basisgegevens kunnen worden verkregen.

Studie	Geluidmaten	Gemiddeld in dB(A)	N	Verskil in dB(A)
UKD-238	$L_{dn}$	65,1	598	0,5
	$L_{den}$	65,6		
FRA-239	$L_{dn}$	59,9	565	1,5
	$L_{den}$	61,4		
NET-240	$L_{dn}$	60,2	573	0,6
	$L_{den}$	60,8		
NET-371	$L_{dn}$	54,4	11 211	0,6
	$L_{den}$	55,0		

**Conclusie:**

Vanwege de zeer sterke samenhang en het bij benadering constante verschil is het niet nodig aparte analyses voor  $L_{dn}$  en  $L_{den}$  uit te voeren. Alle verderop beschreven analyses zijn uitgevoerd met  $L_{dn}$  als belastingmaat. De figuren voor  $L_{den}$  zijn afgeleid door de belasting 0,6 dB(A) te verschuiven (in formule:  $L_{den} = L_{dn} + 0,6$  (in dB(A))).

## 2.2 Effectmaten

Hier wordt beschreven wat onder hinder respectievelijk slaapverstoring wordt verstaan en hoe deze effecten gemeten zijn.

### 2.2.1 Definitie en operationalisering van hinder

Het begrip 'hinder' kan op de volgende twee manieren worden gedefinieerd en geoperationaliseerd.

#### *Het algemene niveau.*

Hierop wordt een totaal-oordeel gegeven over de betreffende verstoringbron. Dit wordt doorgaans aangeduid met de term niet-specifieke hinder. Naar dit totaal-oordeel kan bijvoorbeeld als volgt gevraagd worden: 'Ik wil graag van u weten in welke mate u persoonlijk hier ter plekke het geluid van vliegtuigen in het algemeen als hinderlijk ervaart.'

Om op een gestandaardiseerde wijze percentages gehinderden te bepalen, worden aan de uitersten van een schaal de waarden 0 respectievelijk 100 toegekend. Naarmate een respondent een hogere hindercategorie kiest, betekent dit een grotere waarde op de schaal van 0 tot 100. Internationaal is de conventie gegroeid om het percentage respondenten waarvoor de hinder op deze schaal boven de 72 uitkomt, het percentage 'highly annoyed' te noemen (zie o.a.: Miedema, 1992). Dit vertalen we als het percentage 'erg gehinderd' of 'ernstig gehinderd' en wordt aangeduid met de code A72. Als 50 als grens wordt genomen, noemen we het resultaat het percentage 'gehinderd plus erg gehinderd' (code A50). Deze wijze van hinderbepaling is ingebracht in de ISO-werkgroep ISO/TC 43/SC /WG 49 en zal waarschijnlijk de standaard worden voor het vaststellen van hinder. Meer details zijn gegeven in bijlage B.

#### *Het bijzondere niveau.*

Hierbij wordt een oordeel gegeven over bepaalde nadelige gevolgen van de betreffende geluidbron. In dit geval wordt gesproken over specifieke hinder, waarbij kan worden aangegeven waaruit de hinder bestaat, bijvoorbeeld uit het gestoord worden tijdens een gesprek. De Bitter-index (= Gemiddelde Relatieve Hinderscore) is een index die uit zeven verschillende aspecten van specifieke hinder is samengesteld. De precieze wijze waarop de Bitter-index is samengesteld wordt eveneens in bijlage B gegeven.



## 2.2.2 Definitie en operationalisering van slaapverstoring

Het begrip 'slaapverstoring' kan op verschillende wijzen worden gedefinieerd en geoperationaliseerd. In het GES-vragenlijstonderzoek (NET-371) gaat het om zelfgerapporteerde slaapverstoring door diverse verstoringbronnen, als antwoord op vragen in een enquête. Hierbij is het waarnemen van een verstoringbron een noodzakelijke voorwaarde; wanneer respondenten aangeven een bepaalde verstoringbron niet waar te nemen wordt ervan uitgegaan dat er geen slaapverstoring (door die bron) optreedt. De manier waarop de effectmaten 'erge slaapverstoring' en 'slaapverstoring plus erge slaapverstoring' zijn bepaald, komt overeen met die voor de niet-specifieke hinder, die is beschreven in bijlage B (uitgebreid) en eerder in paragraaf 2.2.1(beknopt).

Overigens is de betekenis van zelfgerapporteerde slaapverstoring onzeker. Volgens sommige onderzoekers hangt zelfgerapporteerde slaapverstoring meer samen met hinder dan met objectief meetbare veranderingen in de slaap. Volgens andere onderzoekers vertoont zelfgerapporteerde slaapverstoring wel degelijk een goede samenhang met fysiologische veranderingen of met veranderingen in de slaappatronen. Deze wetenschappelijke discussie zal niet op korte termijn leiden tot consensus over de rol van zelfgerapporteerde slaapverstoring.

*Conclusie:*

*Het bleek niet direct mogelijk om de slaapverstoring, zoals die gemeten is in het GES-vragenlijstonderzoek (NET-371), te vergelijken met de slaapverstoring uit andere onderzoeken in het KBV.*

De oorzaak is dat de vragen naar slaapverstoring in NET-371 niet *rechtstreeks* vergelijkbaar zijn met de vragen die in ander onderzoek gesteld zijn. Op termijn zal het wellicht mogelijk zijn om (clusters van) vragen met elkaar te vergelijken. Dit vereist echter een meer diepgaande studie van de problematiek dan in het kader van dit onderzoek, met een looptijd van slechts 4 weken, mogelijk was. Een overzicht van de in het KBV gevonden vraagstellingen is gegeven in bijlage C.

### 3 Dosis-respons relaties

#### 3.1 Enige kanttekeningen vooraf

##### *De multilevel methode.*

Miedema en Vos (1998) hebben dosis-responscurven gefit met een multilevel procedure die rekening houdt met de gelaagde structuur van de gebruikte database: de studies en de respondenten binnen de studies. Een multilevel aanpak houdt er rekening mee dat methodologische verschillen tussen studies op zich een deel van het verschil in hinder bij eenzelfde geluidbelasting kunnen verklaren. Deze aanpak bepaalt de curve die het beste voorspelt welke curve in een nieuw onderzoek gevonden zou worden, als voor de uitvoering van dat onderzoek een willekeurige keuze gemaakt wordt uit de eerder gehanteerde studietypen (onder een studietype verstaan we een studie met een bepaalde methodologie).

Miedema en Vos (1998) gebruikten ook een simpele regressieprocedure. Op de curve die met deze procedure gevonden wordt, heeft de methodologie van de studies met de meeste respondenten een relatief grote invloed ten opzichte van de studies met een geringer aantal respondenten. Daarom geeft de uitkomst van deze analyse vooral weer wat er gevonden wordt met de methodologie van de grotere studies.

Het resultaat van beide aanpakken hoeft niet te verschillen. Als het effect van het studietype klein is of als studietypen met een tegengestelde invloed op de hinder met ongeveer evenveel respondenten vertegenwoordigd zijn, dan zullen de uitkomsten ongeveer gelijk zijn. Miedema en Vos (1998) vonden voor wegverkeer met beide analysetechnieken vrijwel dezelfde curven. Hetzelfde geldt voor railverkeer. Voor vliegverkeer was er een beperkt verschil.

Hoewel de techniek (nog) minder gebruikelijk is, is een multilevel benadering in principe juist. Daarom worden in dit onderzoek voor de geluidbelasting-hinderrelaties die op grond van het KBV zijn opgesteld, de multilevel curves gebruikt.

##### *Onzekerheden over het GES-onderzoek*

In de komende paragrafen worden vergelijkingen gemaakt tussen de uitkomsten uit het GES-onderzoek en de gegevens in het KBV. Hierbij dient men zich rekenschap te geven van de volgende onzekerheden:

- Bestaande versus veranderende situaties. De gegevens in het KBV zijn verkregen in bestaande, stabiele situaties. TNO heeft de aangeboden databestanden speciaal hierop geselecteerd. In situaties die sterk aan veranderingen onderhevig zijn is het vaak onduidelijk waarop men reageert: op de actuele geluidssituatie van dat moment of op bijvoorbeeld de vrees dat deze situatie in de toekomst slechter zal zijn. In onderzoek in veranderende situaties wordt doorgaans meer hinder aangetroffen dan verwacht werd op basis van geluidbelasting-hinderrelaties die zijn opgesteld op grond van gegevens uit 'steady state' situaties. Rond Schiphol is eerder sprake van een veranderende dan van een steady state situatie: het aantal vliegbewegingen neemt sterk toe. Daarnaast is er veel commotie in de bevolking in de regio. Alleen al

op grond hiervan moet in NET-371 meer hinder worden verwacht dan in het KBV, bij gelijke geluidbelasting;

- Bij NET-371 is sprake van een lage en bovendien selectieve respons (RIVM en TNO, 1998). Hoewel een poging is gedaan om voor deze selectieve respons zo goed als mogelijk te corrigeren blijven de uitkomsten enigszins onzeker;
- Jonkhart (1997) toonde aan dat er op tenminste enkele punten rondom Schiphol een onderschatting van de lagere geluidniveaus optreedt, op grond waarvan een lagere geluidbelasting berekend wordt dan er in werkelijkheid is. Dit maakt een vergelijking met de gegevens uit het KBV onzuiver.

Met deze overwegingen moet men rekening houden wanneer met de uitkomsten van NET-371 vergelekt met die van het KBV.

### 3.2 De relatie tussen $L_{dn}$ en het percentage erge hinder

De relatie tussen  $L_{dn}$  en het percentage ernstige hinder ( $A_{72}$ ) is apart vastgesteld voor KBV en NET-371. Uit de dataset NET-371 zijn de respondenten verwijderd die wonen in huizen die speciaal met het oog op Schiphol akoestisch geïsoleerd zijn. De adressen hiervan zijn bekend uit de isolatieprojecten waarbij de toenmalige Heidemij betrokken was. De curve voor KBV is gedwongen door  $L_{dn} = 42$  dB(A). De curve voor NET-371 is een kwadratische regressielijn, gefit door de  $A_{72}$  waarden per 5-dB(A) klassen. Hierbij is het aantal cases in een klasse als gewicht voor die klasse gebruikt. Dezelfde procedure is gevolgd voor het percentage hinder plus erge hinder ( $A_{50}$ ), met het verschil dat de  $A_{50}$ -curve voor KBV is gedwongen door  $L_{dn} = 37$  dB(A).

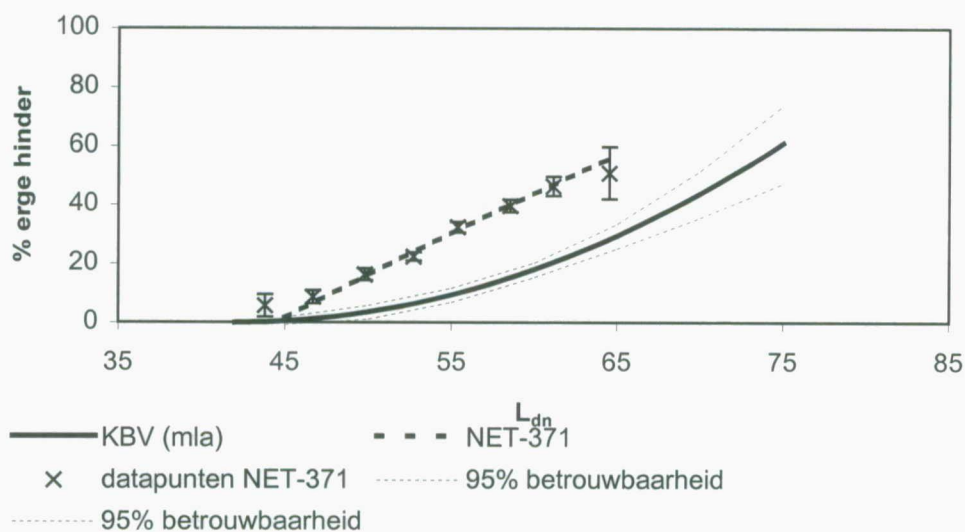
De volgende vergelijkingen zijn gevonden voor het percentage *ernstige hinder*.

$$\text{KBV:} \quad A72 = -0,02(L_{dn} - 42) + 0,0561(L_{dn} - 42)^2$$

$$\text{NET-371:} \quad A72 = 3,91L_{dn} - 0,0103L_{dn}^2 - 153,4$$

De curven behorende bij deze vergelijkingen zijn weergegeven in figuur 2. Rondom de KBV-curve is het 95% betrouwbaarheidsinterval aangegeven. Bij de NET-371 curve zijn bij de datapunten eveneens de 95% betrouwbaarheidsmarges aangegeven. Beide curves verschillen significant van elkaar.

*Figuur 2: Percentage ernstige hinder (KBV en NET-371) als functie van  $L_{dn}$ . De relatie voor het KBV is vastgesteld met multilevel analyse (dus rekening houdend met de invloed van het studietype op de hinder). NET-371 is gewogen voor selectieve respons en is zonder zwaar geïsoleerde woningen.*



In figuur 3 worden de overeenkomende curves voor  $L_{den}$  gepresenteerd. Zoals beschreven in 2.1 is de KBV-curve eenvoudig verkregen door ze 0,6 dB(A) naar rechts op te schuiven. De NET-371-curve is op basis van de originele gegevens uit het GES-onderzoek.

*Figuur 3: Percentage ernstige hinder (KBV en NET-371) als functie van  $L_{den}$ . De relatie voor het KBV is vastgesteld met multilevel analyse (dus rekening houdend met de invloed van het studietype op de hinder). NET-371 is gewogen voor selectieve respons en is zonder zwaar geïsoleerde woningen.*

[Hier fig. 2A uit Excel-bestand. Henk Vos: nog aanvullen zoals gevraagd!]

### 3.3 De relatie tussen $L_{dn}$ en het percentage hinder plus erge hinder

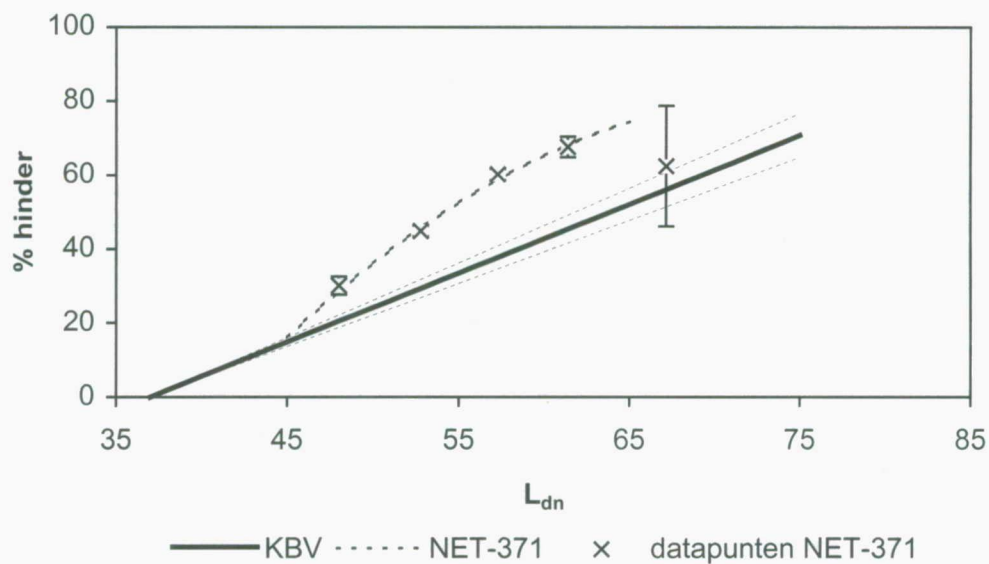
Voor het percentage *hinder plus erge hinder* zijn de gevonden vergelijkingen:

KBV: [NB aanpassen: functie MLA i.p.v. deze!]  $A50 = 1,52(L_{dn} - 37) + 0,0084(L_{dn} - 37)^2$

NET-371:  $A50 = 11,02L_{dn} - 0,0737L_{dn}^2 - 330,56$

De curven behorende bij deze vergelijkingen zijn afgebeeld in figuur 4.

*Figuur 4: Percentage hinder plus erge hinder KBV en NET-371 als functie van  $L_{dn}$ . De relatie voor het KBV is vastgesteld met multilevel analyse (dus rekening houdend met de invloed van het studietype op de hinder). NET-371 is gewogen voor selectieve respons en is zonder zwaar geïsoleerde woningen.*



In figuur 5 worden de overeenkomende curves voor  $L_{den}$  gepresenteerd. Zoals beschreven in 2.1 worden deze curves eenvoudig verkregen door ze 0,6 dB(A) naar rechts op te schuiven.

*Figuur 5: Percentage hinder plus erge hinder KBV en NET-371 als functie van  $L_{den}$ . De relatie voor het KBV is vastgesteld met multilevel analyse (dus rekening houdend met de invloed van het studietype op de hinder). NET-371 is gewogen voor selectieve respons en is zonder zwaar geïsoleerde woningen.*

[Henk Vos: figuur maken zoals beschreven!]

*Conclusie:*

*In de relatie met  $L_{dn}$  – en derhalve ook met  $L_{den}$ , zie 2.1 – liggen de curves voor erge hinder en voor (tenminste) hinder hoger dan de curves die gebaseerd zijn op het KBV-luchtvaart.*

*Deze conclusie moet echter met de grootst mogelijke voorzichtigheid worden omkleed, gezien de in 3.1 vermelde onzekerheden.*

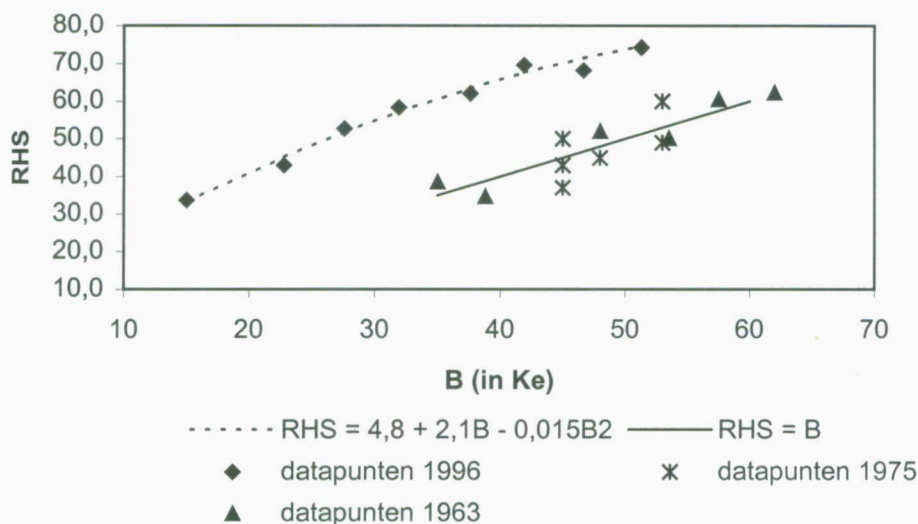
### 3.4 Relatie tussen B (in Ke) en Bitter-index

In figuur 6 is de relatie tussen de Gemiddelde Relatieve Hinderscore of Bitter-index (in de figuur aangeduid met RHS) en de geluidbelasting B (in Ke) weergegeven. De gegevens van drie onderzoeken zijn in deze figuur bij elkaar gebracht:

- Het oorspronkelijke onderzoek uit 1963, weergegeven met de lijn  $RHS = B$  en de datapunten weergegeven als driehoekjes (Adviescommissie Geluidhinder Vliegvelden, 1967);
- Het onderzoek uit 1975, met de datapunten weergegeven als sterren (Bitter en Willigers, 1980). Het bereik in geluidbelasting was destijds zo gering (van 45 tot 55 Ke) dat er door deze datapunten geen lijn geplot is.
- Het GES-vragenlijstonderzoek uit 1996, weergegeven met de kromme  $RHS = 4,8 + 2,1 B - 0,015B^2$  en de datapunten weergegeven als blokjes.

Ook uit deze figuur blijkt de discrepantie tussen de eerder uitgevoerde onderzoeken en het GES-onderzoek.

Figuur 6 De relatie tussen Kosten-eenheid en Bitter-index, voor 3 onderzoeken rond Schiphol.



#### Conclusie:

In de relatie met B (in Ke) ligt de curve voor de Bitter-index in het GES-onderzoek hoger dan het geval was in eerdere onderzoeken rond Schiphol.

Deze conclusie moet echter met de grootst mogelijke voorzichtigheid worden omkleed, gezien de in 3.1 vermelde onzekerheden.



## 4 Invloed van andere determinanten dan geluid

Een determinant is een factor die de hinder mede bepaalt. De hoofddeterminant is geluid: zonder geluid geen geluidhinder. Naast geluid spelen nog andere determinanten een rol. Zij veroorzaken de hinder niet, maar beïnvloeden wel de mate van hinder. Voor een aantal mogelijke determinanten is nagegaan of zij invloed hebben op geluidhinder en wat de grootte van de invloed is in  $L_{dn}$ -equivalenten. Wat dit laatste is, kan aan de hand van de determinant 'angst' worden toegelicht: iemand die bij het horen van een vliegtuig bang is dat het zal neerstorten, zal dezelfde geluidhinder ervaren als iemand die daar helemaal niet bang voor is maar blootstaat aan  $x$  dB(A) méér geluid (in  $L_{dn}$ ). Het  $L_{dn}$ -equivalent van het ondervinden van angst is dan  $x$  dB(A).

Een overzicht van de invloed van een aantal determinanten is recent gepubliceerd door Miedema en Vos (1999). De schatting van de  $L_{dn}$ -equivalenten in die publicatie is gebaseerd op alle studies over geluidhinder door transport (vliegverkeer, wegverkeer en railverkeer) in het KBV die de benodigde informatie bevatten. Ten behoeve van dit rapport is eenzelfde overzicht gemaakt op basis van alleen de vliegtuigstudies, waarbij dezelfde methodiek gebruikt is als in Miedema en Vos (1999). Voor een beschrijving van de methodiek wordt naar dat artikel verwezen. Tabel 2 toont de resultaten voor NET-371 en voor de vliegverkeerstudies uit het KBV. Daarnaast zijn ook de schattingen opgenomen uit Miedema en Vos (1999), op grond van het gehele KBV. Deze laatste schattingen zijn weergegeven omdat zij op een groter aantal data gebaseerd zijn dan alleen het KBV-vliegverkeer en er geen a priori redenen zijn waarom zij niet voor de verschillende typen bronnen zouden gelden. Met andere woorden, ook voor vliegverkeer geven zij waarschijnlijk een betere schatting dan de schattingen alleen op basis van het KBV-vliegverkeer. Een uitzondering vormt een attitude-achtige determinant zoals angst, die wel bron-specifiek is. NET-371 wordt daarom bij de meeste variabelen vergeleken met het gehele KBV en bij angst met het KBV-vliegverkeer.

In veel gevallen is er overeenstemming tussen de schattingen op basis van NET-371 en KBV(-vliegverkeer), in een aantal gevallen zijn er verschillen. Alleen de saillante verschillen (meer dan 3 dB(A)  $L_{dn}$ -equivalent of consistente trends) worden hier besproken.

### *Leeftijd*

Voor de leeftijdscategorieën van 10 tot 30 jaar en boven de 60 jaar wordt in NET-371 een groter effect op de geluidhinder gevonden dan in het KBV. De weging voor selectieve respons in NET-371 heeft een invloed op de schattingen en deze invloed blijkt met name voor de leeftijdscategorieën boven de 60 jaar groot. Zonder weging wordt voor NET-371 voor 60–70 jaar een effect van  $-1,1$  gevonden en voor 70+ een effect van  $-3,0$ . Deze schattingen stemmen goed overeen met de schattingen op basis van het KBV: respectievelijk  $-1,5$  en  $-3,0$ .

### *Angst*

Het is opvallend dat de angst in NET-371 minder lijkt dan in het KBV of het KBV-vliegverkeer. Dit kan echter het gevolg zijn van a) het feit dat in NET-371 op een andere wijze naar angst is

gevraagd dan in veel ander onderzoek, en b) dat de waarden die betrekking hebben op het KBV en KBV-vliegverkeer bovengrenzen zijn.

Tabel 2: Extra geluidshinder ( $L_{dn}$ -equivalent) per categorie van demografische en attitude factoren. De extra hinder is per variabele gegeven ten opzichte van een willekeurig gekozen klassen, waarvoor de extra hinder 0 is. – wil zeggen : minder hinder; + wil zeggen meer hinder. NET-371 is gewogen voor selectieve respons en zonder zwaar geïsoleerde woningen.

Variabele (met aantal observaties in NET-371 respectievelijk KBV respectievelijk KBV vliegverkeer)	Categorieën	Geschatte extra hinder (in $L_{dn}$ -equivalent)		
		NET-371	KBV	KBV (vliegverkeer)
<b>Geslacht</b> NET-371: 11 030 KBV: 42 748 KBV vlieg: 20 150	Man Vrouw	0 -1,0	niet significant	0 -0,4
<b>Leeftijd</b> NET-371: 10 990 KBV: 42 496 KBV vlieg: 20 072	10-20 20-30 30-40 40-50 50-60 60-70 70+	-6,5 -4,0 0 0,4 -1,1 -2,7 -6,5	-4,0 -1,1 0 0,3 -0,5 -1,5 -3,0	-5,5 -2,0 0 -0,3 -0,7 -0,3 -1,9
<b>Opleidingsniveau</b> NET-371: 10 582 KBV: 32 254 KBV vlieg: 15 531	Primair Secundair Hoger Universiteit	-2,2 0 3,2 2,9	-0,5 0 0,4 1,4	-0,2 0 0,7 2,1
<b>Samenstelling huishouden</b> NET-371: 10 930 KBV: 27 241 KBV vlieg: 13 331	1 2 3 4 ≥ 5	-2,1 0 1,8 3,3 1,1	-1,9 0 -0,2 -0,9 -1,0	-2,3 0 -0,1 -0,5 -0,8
<b>Huisbezit</b> NET-371: 11 078 KBV: 33 343 KBV vlieg: 16 125	Huur Eigendom	0 3,2	0 1,6	0 3,2
<b>Afhankelijkheid</b> NET-371: 10 897 KBV: 21 516 KBV vlieg: 15 547	Niet Wel	0 -3,0	0 -2,6	0 -3,3
<b>Gebruik</b> NET-371: 11 039 KBV: 16 800 KBV vlieg: 8 989	Geen gebruik Weinig Middel Veel/ja	0 - -0,7	0 -0,7 -1,0 -1,7	0 -2,4 -2,1 -3,2
<b>Geluidgevoeligheid</b> NET-371: 10 835 KBV: 15 171 KBV vlieg: 2 585	Laag Middel Hoog/ja	0 8,5 11,2	0 4,6 11,2	0 1,2 5,0
<b>Angst</b> NET-371: 10 576 KBV: 17 494 KBV vlieg: 14 373	Weinig/geen Middel Hoog/ja	0  11,3*	0  11,4** 19,5**	0  13,1** 23,6**

\* schrikken of angst in 1 vraag; \*\* bovengrenzen

Voor NET-371 kon ook het gecombineerde effect van de determinanten uit tabel 2 geschat worden. Tabel 2 geeft per determinant afzonderlijk een schatting van het effect op de hinder. In tabel 3 staan schattingen voor combinaties van determinanten. Referentie is daarbij de combinatie van klassen die per variabele als referentie zijn gekozen en waarvoor een effect van 0 is ingevuld (man, 30 – 40 jaar, middelbare school opleiding, in tweepersoonshuishouden, huurder, niet economische afhankelijk van de Schiphol, vliegt zelden of nooit, is niet geluid gevoelig en niet angstig voor vliegtuigen die overkomen). Voor iemand met andere kenmerken wordt de extra hinder verkregen door de extra hinder die tabel 3 voor de afzonderlijke kenmerken geeft, bij elkaar op te tellen. Bijvoorbeeld, voor iemand als de referentiepersoon, maar huiseigenaar in plaats van huurder en tussen 60 – 70 jaar in plaats van 30 – 40 jaar wordt een extra hinder van 2,2 ( $L_{dn}$ -equivalent) verwacht.

Tabel 3: *Extra geluidshinder ( $L_{dn}$  equivalent) samenhangend met categorieën van demografische en attitude-achtige determinanten. Alleen de determinanten die significant bijdragen aan de toename van de multiple correlatiecoëfficiënt zijn in het model opgenomen. NET-371 is gewogen voor selectieve respons en zonder zwaar geïsoleerde woningen.*

Variabele	Categorieën	Geschatte extra hinder ( $L_{dn}$ -equivalent) NET-371
Geslacht	Man	0
	Vrouw	-2,5
Leeftijd	10-20	-1,8
	20-30	-1,4
	30-40	0
	40-50	0,2
	50-60	-0,2
	60-70	-1,0
	70+	-2,7
Opleidingsniveau	Primair	-1,0
	Secundair	0
	Hoger	2,1
	Universiteit	1,5
Samenstelling huishouden	1	-1,5
	2	0
	3	0,4
	4	1,4
	≥ 5	-0,01
Huisbezit	Huur	0
	Eigendom	3,2
Afhankelijkheid	Niet	0
	Wel	-3,2
Geluidgevoeligheid	Laag	0
	Middel	7,2
	Hoog/ja	9,4
Angst	Weinig/geen	0
	Hoog/ja	9,5

Tenslotte is gekeken welke invloed de determinanten hebben op het verschil in ligging van de geluidbelasting-erge hinder curve uit het GES-vragenlijstonderzoek (NET-371) ten opzichte van de curve uit het KBV-luchtvaart.

Tabel 4 laat het volgende zien:

- Geslacht: er is een groot verschil in de samenstelling van KBV en NET-371. Aangezien het geslacht weinig invloed heeft op de hinder (zie tabel 2), is dit verschil niet essentieel (voor een verklaring van het verschil tussen de ligging van de NET-371- en de KBV-curve). Ditzelfde geldt voor opleidingsniveau;
- Leeftijdsverdeling: het NET-371-bestand bevat relatief minder respondenten in de leeftijd van 10 tot 30 jaar, hetgeen tot een overschatting van de hinder zou kunnen leiden. Dit wordt echter gecompenseerd door de oververtegenwoordiging van 70+, wat weer tot minder hinder zou kunnen leiden. Per saldo zal het verschil in leeftijdsopbouw geen verklaring kunnen vormen voor het verschil tussen de ligging van de NET-371- en de KBV-curve;
- NET-371 en KBV hebben een vergelijkbare samenstelling op de variabelen economische afhankelijkheid, gebruik van het vliegtuig als vervoermiddel, en geluidgevoeligheid. Daarom kunnen zij geen verklaring vormen voor het verschil tussen de ligging van de NET-371- en de KBV-curve;
- NET-371 en KBV hebben een sterk verschillende samenstelling op de variabele huizenbezit. Het mindere huizenbezit in NET-371 zou leiden tot minder hinder .
- Gezinsgrootte: op grond van het verschil tussen NET-371 en KBV zou men bij NET-371 meer hinder verwachten;
- De rol van 'angst en schrik' is onduidelijk. Ten eerste is de verdeling van mensen met veel en met weinig angst in beide bestanden verschillend. Ten tweede is de vraagstelling in het NET-371-vragenlijstonderzoek nogal verschillend van de vraagstelling in andere onderzoeken (zie voor een overzicht van dit laatste: Miedema en Vos, 1999).

*Conclusie:*

*Enkele variabelen zouden van invloed kunnen zijn op verschillen in hinder in NET-371 en KBV. De werkingsrichting van deze variabelen (gezinsgrootte, huizenbezit) is echter tegengesteld. Van de variabele angst is het effect onduidelijk. Al met al zullen de verschillen in de determinanten niet afdoende zijn om het verschil tussen de ligging van de NET-371- en de KBV-curve te verklaren.*

Op dit moment moet worden volstaan met deze kwalitatieve conclusie. Kwantificering is mogelijk, maar vergt een uitgebreide analyse waarbij NET-371 op elke variabele apart moet worden vergeleken met die datasets uit het KBV waarin dezelfde determinanten bekend zijn (niet elke determinant is in iedere dataset opgenomen). Een degelijke uitgebreide analyse past niet in het kader van deze opdracht. Met betrekking tot angst zou ook naar andere vragen gekeken moeten worden dan naar de vraag die nu gebruikt is (H12 uit de NET-371-vragenlijst), bijvoorbeeld naar de vragen over bezorgdheid (D2 uit de NET-371-vragenlijst).

Tabel 4 De samenstelling van de steekproeven van het totale Kennisbestand Verstoringen (studies luchtvaartgeluid) en van het GES-vragenlijstonderzoek, en de verschillen tussen beide.

Determinanten	KBV		GES		verschil GES-KBV %
	n	%	n	%	
geslacht	20 150		11 030		
man		43		53	10
vrouw		57		47	-10
leeftijd	20 072		10 990		
10-19		2		1	-1
20-29		18		13	-5
30-39		20		19	-1
40-49		19		19	0
50-59		16		17	1
60-69		15		14	-1
70+		10		18	8
opleiding	15 531		10 582		
laag		29		39	10
midden		47		36	-11
hoog		13		16	3
universiteit		11		9	-2
gezinsgrootte	13 331		10 930		
1		12		28	16
2		28		39	11
3		20		13	-7
4		20		14	-6
5 of meer		20		6	-14
huizenbezit	16 125		11 078		
huurder		34		47	13
bezitter		66		53	-13
afhankelijkheid	15 547		5 917		
niet		92		89	-3
wel		8		11	3
gebruik	8 989		11 039		
geen gebruik +wn		41		46	5
weinig		10			
middel		41			
vaak/ja		8		54	46
geluidgevoeligheid	2 585		10 835		
weinig		47		45	-2
midden		34		35	1
sterk		19		20	1
angst	14 373		10 576		
weinig/neen		63		64	1
midden		21			
hoog/ja		16		36	20

## 5 Geluidmaten voor vliegverkeer

Op basis van een aantal criteria die ook voor de keuze van een maat voor vliegverkeer in Nederland relevant zijn, beveelt WG1 (noise metrics) van de Europese Unie een geluidmaat aan die in het simpelste geval neerkomt op een  $L_{den}$ . Na deze aanbeveling zijn door Miedema, De Jong en Vos analyses uitgevoerd die aanvullende informatie hebben opgeleverd. Een publicatie hierover met de titel 'community reaction to aircraft noise: time-of-day penalty and tradeoff between levels of overflights' is in voorbereiding. De volgende samenvatting daaruit betekent dat de uitkomsten de aanbeveling ondersteunen wat betreft de keuze van een op  $L_{Aeq}$ 's gebaseerde maat (uitgaande van een beschrijving van individuele gebeurtenissen met SEL) en het gebruik van een 10 dB(A) nachtstraffactor.

*"A decrease in the level of sound events can compensate an increase in the level of other events, but noise metrics assume different tradeoffs. Noise metrics also differ in the penalty applied to noise in the evening and to noise in the night, and in the definition of these periods. These two aspects of noise metrics, i.e., the tradeoff and the penalty for the nighttime (23 – 7h), are investigated. A general model of the relation between SEL's of sound events (aircraft overflights) and noise annoyance is presented which allows for a wide range of tradeoffs and time-of-day penalties. The (tradeoff and time-of-day penalty) parameters of the model are fitted to the data from an aircraft noise study conducted around Amsterdam Airport Schiphol (NET-371), which is especially suited for investigating the tradeoff and time-of-day penalties. It was found that the tradeoff between the levels of events in metrics based on  $L_{Aeq}$ 's, such as  $L_{Aeq}(24h)$ , DNL and DENL [een andere notatie voor respectievelijk  $L_{dn}$  en  $L_{den}$ ], is approximately correct for the prediction of noise annoyance. Furthermore, it was found that the strongest correlation with annoyance is obtained with a circa 10 dB nighttime penalty. No suitable data were available for further tests of the tradeoff. The result with respect to the nighttime penalty was weakly further supported by the outcome of analyses of the original data from four other aircraft noise surveys (one survey conducted around British airports, and three coordinated surveys carried out around Paris Orly, Amsterdam Schiphol, and Glasgow Abbotsinch)."*

De gegevens boden geen aanknopingspunt om na te gaan of een straffactor voor de avond, zoals verwerkt in  $L_{den}$ , aan te bevelen is. De analyses waren beperkt tot maten op basis van SEL voor individuele gebeurtenissen. De TNO en RIVM (1998) rapportage over NET-371 geeft behalve voor op  $L_{Aeq}$  gebaseerde maten ook voor B (in Ke) correlaties met de hinder. De correlaties voor B bleken even hoog of wat hoger dan die voor op  $L_{Aeq}$ 's gebaseerde maten, vooral als in de berekening van B de bijdragen met  $L_{Amax}$  lager dan 65 dB(A) niet werden meegenomen.

**Conclusie:**

*Op  $L_{Aeq}$  gebaseerde geluidmaten zoals  $L_{Aeq}(24h)$ ,  $L_{dn}$  en  $L_{den}$  zijn alle geschikt om de hinder, ook van vliegtuigeluid, mee te voorspellen. Zij zijn in dit opzicht echter niet beter dan B (in Ke). Een voordeel is, dat zij voor vele geluidsoorten bruikbaar zijn en dat B zich beperkt tot vliegtuigeluid.*

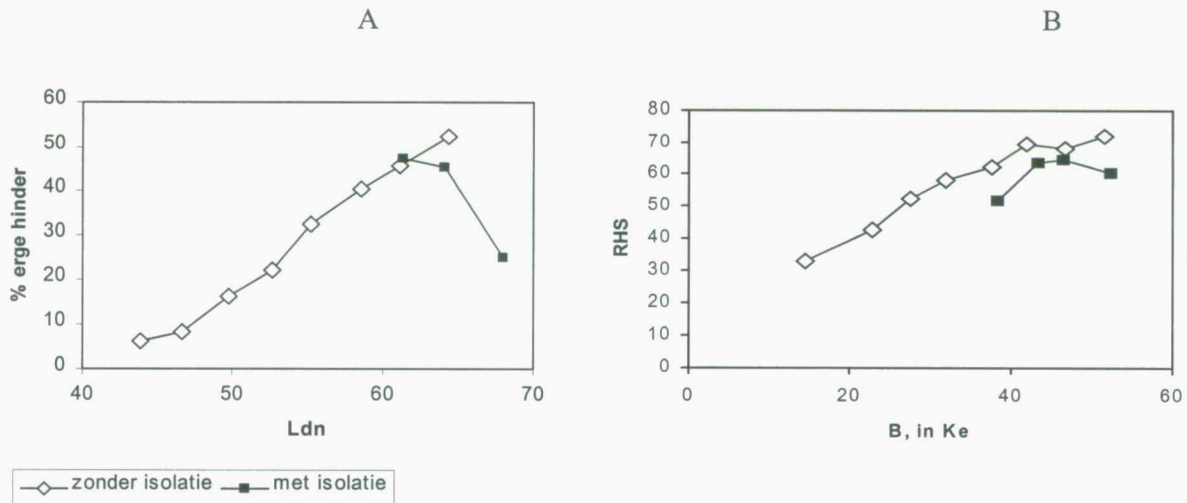
## 6 Bespreking van relatie tussen de geluidbelasting en hinder

In hoofdstuk 4 is besproken in hoeverre specifieke kenmerken van de populatie in NET-371 kunnen verklaren dat de in die studie gevonden hinder hoog is ten opzichte van de resultaten op basis van het KBV (Miedema en Vos, 1998). Het was niet mogelijk hierover definitieve uitspraken te doen. Kwantitatieve uitspraken hierover zijn in principe mogelijk, maar vereisen uitgebreide extra analyses die in het kader van het onderhavige onderzoek niet mogelijk waren. De relatief hoge hinder bij een gegeven geluidbelasting is waarschijnlijk deels ook te wijten aan een onderschatting van de lagere geluidniveaus (zie Jonkhart, 1997).

De rapportage van TNO en RIVM (1998) over NET-371 presenteert relaties tussen geluidbelasting en hinder in figuur 5, op pagina 65. Deze relaties gaan bij lage geluidniveaus niet helemaal naar 0. Voor A50 en vooral A28 en daarmee ook voor de hinderscore is dit begrijpelijk omdat in het gehele onderzoeksgebied vliegtuiggeluid waarneembaar is. Wel mag op grond van de resultaten voor het KBV verwacht worden dat A72, het percentage ernstig gehinderden, naar 0 gaat als  $L_{dn}$  naar circa 42 dB(A) gaat. Dit is ook na correctie voor selectieve respons voor NET-371 niet helemaal het geval. Als echter ook gecorrigeerd zou worden voor de onderschatting van lage geluidbelastingen, dan zal er geen aanwijzing meer zijn dat A72 boven de 0 blijft bij  $L_{dn}$  waarden rond 42 dB(A).

Figuur 5 in de rapportage van TNO en RIVM (1998) over NET-371 presenteert relaties tussen geluidbelasting en hinder. Na toe te nemen met de geluidbelasting dalen deze relaties bij de hoogste geluidbelastingen weer. Het is nagegaan of dit wordt veroorzaakt door de speciale isolatieprogramma's die zijn uitgevoerd bij hoog belaste woningen. Daartoe is een bestand met gegevens over welke huizen in deze programma's geïsoleerd zijn, gekoppeld aan het NET-371 bestand. Figuur 7 toont curves zoals gepresenteerd in TNO en RIVM (1998), maar dan separaat voor de woningen die in de speciale programma's extra zijn geïsoleerd en woningen waarbij dit niet het geval is. Figuur 7A geeft de resultaten voor de relatie tussen  $L_{dn}$  en het percentage erge hinder; figuur 7B voor de relatie tussen de Bitter-index en de geluidbelasting B, in Ke. In beide figuren blijkt de daling van de curve bij hoge geluidbelasting vooral veroorzaakt te worden door de aangebrachte geluidisolatie. Het woord 'vooral' is benadrukt, omdat er een klein groepje (16 respondenten) is in de hoogste klasse van  $L_{dn}$ , dat in niet speciaal geïsoleerde woningen toch weinig hinder rapporteert. Vanwege het geringe aantal is deze cluster niet apart in figuur 7A weergegeven, maar samengevoegd met de naastliggende, één-na-hoogste, geluidbelastingsklasse.

Figuur 7 Dosis-response relaties voor respondenten in woningen die deeluitmaakten van een speciaal isolatieprogramma en respondenten in woningen die daarvan geen deel uitmaakten.



*Conclusie:*

Het verschil tussen de dosis-effectcurves van NET-371 en het KBV-luchtvaart wordt waarschijnlijk ten dele verklaard door onderschatting van de geluidbelasting bij lage geluid niveaus. De daling van de curves bij hoge geluidbelasting wordt vooral bepaald door de mindere hinder in woningen die in speciale saneringsprogramma's extra geïsoleerd zijn tegen vliegtuiggeluid.



## Referenties

ADVIESCOMMISSIE GELUIDHINDER DOOR VLIEGTUIGEN. Geluidhinder door vliegtuigen. Delft, 1967.

BITTER C. en WILLIGERS L.H.J. Beleving van geluidwerende voorzieningen tegen vliegtuiglawaai in de woonsituatie – een vergelijkende studie. ICG-LL-HR-14-03, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidschendam, 1980.

JONKHART S. Vergelijking van gemeten en berekende geluidniveaus. Rijksluchtvaartdienst, Den Haag, 1997.

MIEDEMA H.M.E. Response functions for environmental noise in residential areas. Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment, Publication Series Disturbance nr 1/1993, The Hague, 1993.

MIEDEMA H.M.E. en VOS H. Exposure-response relationships for transportation noise. J. Acoust. Soc. Am. **104** (6), 1998, 3432 – 3445.

MIEDEMA H.M.E. en VOS H. Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. J. Acoust. Soc. Am. **105** (6), 1999, 3336 – 3344.

TNO-PG en RIVM. Hinder, slaapverstoring, gezondheids- en belevingsaspecten in de regio Schiphol, resultaten van een vragenlijstonderzoek. Publicatienummers: TNO-PG: 98.039; RIVM: 441520020. Leiden/Bilthoven, 1998.

## Bijlage A Beschrijving dosismaten

**L<sub>dn</sub>** Day-Night Average Sound Level: het equivalente geluidniveau  $L_{Aeq}$  in dB(A) over een etmaal, waarbij de nachtelijke geluidniveaus tussen 22:00 en 07:00 uur met 10 dB(A) worden verhoogd ( $w_i = 10$ , tegen  $w_i = 1$  gedurende de dagperiode). In formule:

$$L_{dn} = 10 \lg \left\{ \sum_i w_i (T_i/T) \text{antilog} [L_{Aeq}(T_i)/10] \right\}$$

waarin  $L_{Aeq}(T_i)$  het A-gewogen equivalente geluidniveau is voor een periode van de dag met tijdsduur  $T_i$  uitgedrukt in seconden en  $T = 86.400$  seconden. De  $w_i$  zijn gewichten die afhangen van de periode van het etmaal.

**L<sub>den</sub>** Day-Evening-Night Average Sound Level: het equivalente geluidniveau  $L_{Aeq}$  in dB(A) over een etmaal, waarbij de nachtelijke geluidniveaus tussen 23:00 en 07:00 uur met 10 dB(A) worden verhoogd ( $w_i = 10$ ) en de niveaus in de avond (19:00 – 23:00 uur) met 3,16 dB(A) ( $w_i = 3,16$ ). Deze perioden en gewichten worden aangehouden in het advies van EU-werkgroep 1. In formule:

$$L_{den} = 10 \lg \left\{ \sum_i w_i (T_i/T) \text{antilog} [L_{Aeq}(T_i)/10] \right\}$$

waarin  $L_{Aeq}(T_i)$  het A-gewogen equivalente geluidniveau is voor een periode van de dag met tijdsduur  $T_i$  uitgedrukt in seconden en  $T = 86.400$  seconden.

**B** Geluidbelasting B door vliegtuigen, uitgedrukt in Kosten-eenheden (Ke): een in Nederland ontwikkelde maatstaf voor de beoordeling van luchtvaartgeluid, op basis van het A-gewogen maximale geluiddrukkniveau  $L_{Amax}$  van ieder overkomend vliegtuig, het totale aantal vliegtuigen N dat per jaar overkomt, en een gedifferentieerde correctie voor het aantal nachtelijke vliegbewegingen (de nachtstrafactor n, die nachtvluchten extra laat meetellen). In formule:

$$B = 20 \lg \left\{ \sum_i w_i \text{antilog} [L_{Amax,i}/15] \right\} - 157 \text{ (Ke)}$$

waarin  $L_{Amax,i}$  het maximum is van de A-gewogen geluidniveaus tijdens passage i. Voor het toepassen van wettelijke regelingen wordt uitgegaan van A-gewogen geluidniveaus vastgesteld met meterstand 'slow'.  $w_i$  zijn de gewichten die als volgt afhangen van de periode van de dag waarin passage i plaatsvindt:

periode $w_i$	periode $w_i$
0 - 6 : 10	19 - 20 : 3
6 - 7 : 8	20 - 21 : 4
7 - 8 : 4	21 - 22 : 6
8 - 18 : 1	22 - 23 : 8
18 - 19: 2	23 - 24 : 10

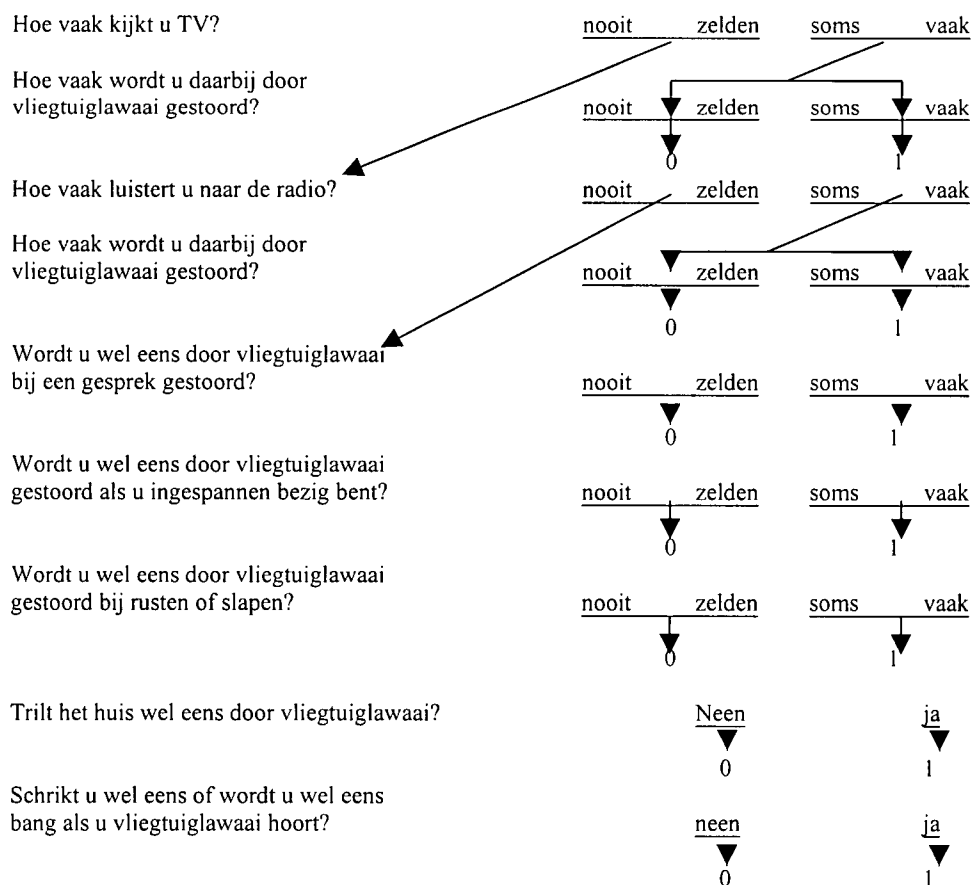
## Bijlage B Bepaling van niet-specifieke en specifieke hinder

### B.1 Niet-specifieke hinder

Om op een gestandaardiseerde wijze percentages gehinderden te bepalen, worden aan de uitersten van de schaal waarop de hinder gemeten is de waarden 0 respectievelijk 100 toegekend. Naarmate een respondent een hogere hindercategorie kiest, betekent dit een grotere waarde op de schaal van 0 tot 100. Internationaal is de conventie gegroeid om het percentage respondenten waarvoor de hinder op deze schaal boven de 72 uitkomt het percentage 'highly annoyed' te noemen (zie: Miedema, 1992). Dit vertalen we als het percentage 'erg gehinderd' of 'ernstig gehinderd' (A72). Beide termen worden door elkaar gebruikt. Als 50 als grens wordt genomen, noemen we het resultaat het percentage (minstens) 'gehinderd' (A50). Hoewel 'minstens=tussen haakjes staat, is het cruciaal dit te vermelden. Bij elke 'hogere=hindercategorie zit de 'hogere=in. In het percentage (minstens) gehinderd zit dus de categorie 'erge hinder=ingesloten.

Het volgende voorbeeld illustreert de wijze van rekenen. De in het GES-vragenlijstonderzoek gebruikte hinderschaal loopt van 0 tot 10 en heeft dus 11 antwoordcategorieën. Het percentage erge hinder wordt bepaald uit de scores van de individuele respondenten. De score van een respondent wordt als volgt bepaald: de cut-off score van 72 ligt in de achtste antwoordcategorie (NB. in verband met het bestaan van een antwoordcategorie '0' is dit de antwoordcategorie '7'). Immers:  $7/11 \times 100 = 63,64$  en  $8/11 \times 100 = 72,73$ . Alle respondenten in de categorieën 0 t/m 6 krijgen score 0, de respondenten in de categorieën 8, 9 en 10 krijgen score 1 op de variabele 'erge hinder'. De respondenten in categorie 7 krijgen de score  $(72,73 - 72)$ :  $(72,73 - 63,64) = 0,08$  op deze variabele.

## B.2 Rekenschema Bitter-index



De hinderscore (HS) per persoon is minimaal 0 en maximaal 7. Voor de ondervraagden die zijn blootgesteld aan dezelfde (klasse van) geluidbelasting kunnen de individuele hinderscores worden gemiddeld. Dan ontstaat de gemiddelde hinderscore voor een (klasse van) geluidbelasting (GHS).

$$GHS = \frac{\sum HS}{n}$$

waarbij n het aantal individuen is bij een bepaalde (klasse van) geluidbelasting. Deze gemiddelde hinderscore kan worden genormeerd, d.w.z. uitgedrukt op een schaal van 0 tot 100. Dit heet de Gemiddelde Relatieve Hinderscore of Bitter-index.

$$\text{Bitter-index} = \frac{\sum HS * 100}{7n}$$

## Bijlage C Vragen over slaapverstoring

		Slaapvragen
1	UKD-024	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ANNOY3/VAR053/Q14a Please look at this scale and pick out the number which indicates how bothered or annoyed you feel [by aircraft] after you have gone to bed (1 = not at all bothered; 7 = very much bothered).</li> <li>• NSLEEP/VAR057/Q15ii Do the aircraft ever wake you up? (1 = no; 2-6 = yes) When they wake you up, how annoyed does this make you feel? (2 = very, 3 = moderately, 4 = little, 5 = not at all, 6 = don't know)</li> <li>• SLEEP1/VAR070/Q16v Does the noise of aircraft ever wake you up several times a night? (1 = no, 2-6 = yes) When it wakes you up several times a night, how annoyed does it make you feel? (2 = very, 3 = moderately, 4 = little, 5 = not at all, 6 = don't know)</li> <li>• SLEEP2/VAR072/Q16vii Does the noise of aircraft ever keep you from going to sleep? (1 = no, 2-6 = yes) When it keeps you from going to sleep, how annoyed does it make you feel? (2 = very, 3 = moderately, 4 = little, 5 = not at all, 6 = don't know)</li> <li>• Q16viii Does the noise of aircraft ever make you sleep less deep than it should be? (1 = no, 2-6 = yes) When it makes you sleep less deep than it should be, how annoyed does it make you feel? (2 = very, 3 = moderately, 4 = little, 5 = not at all, 6 = don't know)</li> </ul> <p>HEARING FILTER USED (not heard, than no sleep disturbance assumed)</p>
2	AUL-210	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NSLEEP/VAR237/Q18 Do you find that aircraft noise in this neighbourhood disturbs sleeping? (1 = Yes, 2 = no, 3 = don't know)</li> </ul> <p>AFFECTED FILTER USED (not affected, than no sleep disturbance assumed)</p>
3	CAN-168	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NSLEEP/Q6 'Are there any activities which aircraft noise interrupts?' (sleeping yes/no; volunteered answers only)</li> <li>• Q7 What effects on you and your family has aircraft noise had? (interrupt sleep yes/no; kept awake yes/no)</li> </ul>

		NOTICED FILTER USED (not noticed, than no sleep disturbance assumed)
4	FRA-239	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SLEEP1 If aircraft noise wakes you up at night during weekday/weekend, how much does this bother you? (1 = not at all, 2 = a little, 3 = quite, 4 = very much)</li> <li>• SLEEP2 If aircraft noise causes that you cannot fall asleep during weekday/weekend, how much does this bother you? (1 = not at all, 2 = a little, 3 = quite, 4 = very much)</li> <li>• SLEEP3 If aircraft noise causes you to wake up early during weekday/weekend, how much does this bother you? (1 = not at all, 2 = a little, 3 = quite, 4 = very much)</li> </ul>
		HEARING FILTER USED
5	NOR-328	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NSLEEP/VAR542 Does the aircraft noise wake you up at night? (y/n)</li> <li>• SLEEP2/VAR541/Q59 Does the aircraft noise give you problems getting to sleep? (y/n)</li> </ul>
6	NO-366	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Does the aircraft noise wake you up at night (y/n)</li> <li>• Does the aircraft noise give you problems getting to sleep (y/n)</li> </ul>
7	UKD-238	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NSLEEP/A21A7/A21C7/Q21a7/Q21b7 Do the aircraft ever prevent you from sleeping in the middle of the night on weekdays/weekends? (1 = yes, 2 = no) If aircraft noise wakes you up in the middle of the night during weekdays/weekends, how much are you annoyed? (1 = very much, 2 = moderately, 3 = a little, 4 = not at all)</li> <li>• NSLEEP/A21A8/A21C8/Q21a8/Q21b8 Do the aircraft ever wake you up in the morning on weekdays/weekends? (1 = yes, 2 = no) If aircraft noise wakes you up in the morning on weekdays/weekends, how much are you annoyed? (1 = very much, 2 = moderately, 3 = a little, 4 = not at all)</li> </ul>
		HEARING FILTER USED (not heard, than no sleep disturbance assumed)
8	NET-240	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NSLEEP/A21A7/A21C7/Q21a7/Q21b7 Do the aircraft ever wake you up in the middle of the night on weekdays/weekends? (1 = yes, 2 = no) If aircraft noise wakes you up in the middle of the night during weekdays/weekends, how much are you annoyed? (1 = very much, 2 = moderately, 3 = a little, 4 = not at all)</li> <li>• SLEEP2/A21B12/Q39 Do the aircraft ever prevents you from falling asleep during weekdays/weekends? (1 = yes, 2 = no)</li> </ul>

		<p>If aircraft noise disturbs you while falling asleep during weekdays/weekends, how much are you annoyed? (1 = very much, 2 = moderately, 3 = a little, 4 = not at all)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• NSLEEP/A21A8/A21C8/Q21a8/Q21b8 Do the aircraft ever wake you up in the morning on weekdays/weekends? (1 = yes, 2 = no) If aircraft noise wakes you up in the morning on weekdays/weekends, how much are you annoyed? (1 = very much, 2 = moderately, 3 = a little, 4 = not at all)</li> <li>• HEARING FILTER USED (not heard, than no sleep disturbance assumed)</li> </ul>
9	NOR-311	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VAR252/Q21 Does the aircraft noise wake you up at night (1 yes, 2 = no)</li> <li>• VAR251/Q21 Does the aircraft noise give you problems getting to sleep (1 = yes, 2 = no)</li> </ul>
10	USA-022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NSLEEP/Q39.3 Prevalence of disturbance while sleeping (0 = never, 4 = very often) SLEEP2/VAR411a/Q39.3 Annoyance due to disturbance while falling asleep (0 = none/not at all, 4 = extremely)</li> </ul>
11	USA-032	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NSLEEP/VAR431d/Q25a10/VAR427d/Q25a6 I will now read a number of daily activities. Which of these are disturbed by aircraft noise in your situation here? – late sleep[= just before rising] – going to sleep (4 = yes, 5 = no)</li> <li>• SLEEP2/VAR440D/Q25b4 If going to sleep disturbed, how much bothered? (3 = none, not at all, 7 = extremely)</li> <li>• SLEEP3/VAR444D/Q25b10 If late sleep disturbed, how much bothered? (3 = none, not at all, 7 = extremely)</li> </ul> <p>FILTER USED</p>
12	USA-044	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NSLEEP/VAR329dr/Q20a10/VAR325dr/Q20a6 I will now read a number of daily activities. Which of these are disturbed by aircraft noise in your situation here? – late sleep[= just before rising] – going to sleep (4 = yes, 5 = no)</li> <li>• SLEEP2/VAR440D/Q25b4 If going to sleep disturbed, how much bothered? (3 = none, not at all, 7 = extremely)</li> <li>• SLEEP3/VAR444D/Q25b10 If late sleep disturbed, how much bothered? (3 = none, not at all, 7 = extremely)</li> </ul> <p>FILTER USED</p>

13	USA-082	<ul style="list-style-type: none"> <li>NSLEEP/VAR130/Q10 Has aircraft noise interfered with your sleeping at night this past week? (1 = yes, 2 = no)</li> <li>SLEEP1/VAR131/Q11 How annoying was this? (0 = not at all annoying, 1 = slightly annoying, 2 = moderately annoying, 3 = very annoying, 4 = extremely annoying)</li> </ul>
14	USA-203	Geen slaapvragen beschikbaar
15	UKD-242	<ul style="list-style-type: none"> <li>NSLEEP/Q17a5 Do the aircraft ever wake you up? (6 = no, 2-5 = yes)</li> <li>SLEEP1/Q17a4 If aircraft wakes you up, how annoyed does this make you feel? (2 = very annoyed, 3 = moderately annoyed, 4 = a little annoyed, 5 = not at all annoyed)</li> </ul> <p>HEARING FILTER</p>
16	SWE-035	Geen slaapvragen beschikbaar
17	SWI-053	Geen slaapvragen beschikbaar
18	FRA-016	<ul style="list-style-type: none"> <li>Does aircraft noise sometimes prevent you from falling asleep?</li> <li>Does aircraft noise sometimes wake you up?</li> </ul>
19	USA-204	Geen slaapvragen beschikbaar
20	USA-338	Geen slaapvragen beschikbaar
21	(GES)  NET-371	<ul style="list-style-type: none"> <li>G1 t/m G4 Registratie slaaptijd weekdag/weekeind</li> <li>G7h Hoe vaak wordt uw slaap verstoord door het geluid van vliegtuigen? (dagelijks, minstens 1x per week, minstens 1x per maand, minstens 1x in het afgelopen jaar, nooit)</li> <li>G8h <b>In welke mate wordt uw slaap verstoord door het geluid van vliegtuigen?</b> (0 = helemaal niet verstoord, 10 = heel erg verstoord)</li> <li>H12 Wordt u wel eens door geluid van vliegtuigen gestoord bij rusten of slapen? (vaak, soms, zelden, nooit).</li> </ul> <p>Deze vraag is gebruikt als uitgangspunt voor vergelijking</p> <p><b>NO HEARING FILTER</b></p>



**Bijlage: Het samenvoegen van NET-371 en KBV**

Miedema en Vos (1998) hebben dosis-responscurven gefit met een multilevel procedure die rekening houdt met de gelaagde structuur van de gebruikte database: de studies en de respondenten binnen de studies. Een multilevel aanpak houdt er rekening mee dat methodologische verschillen tussen studies op zich een deel van het verschil in hinder bij eenzelfde geluidbelasting kunnen verklaren.

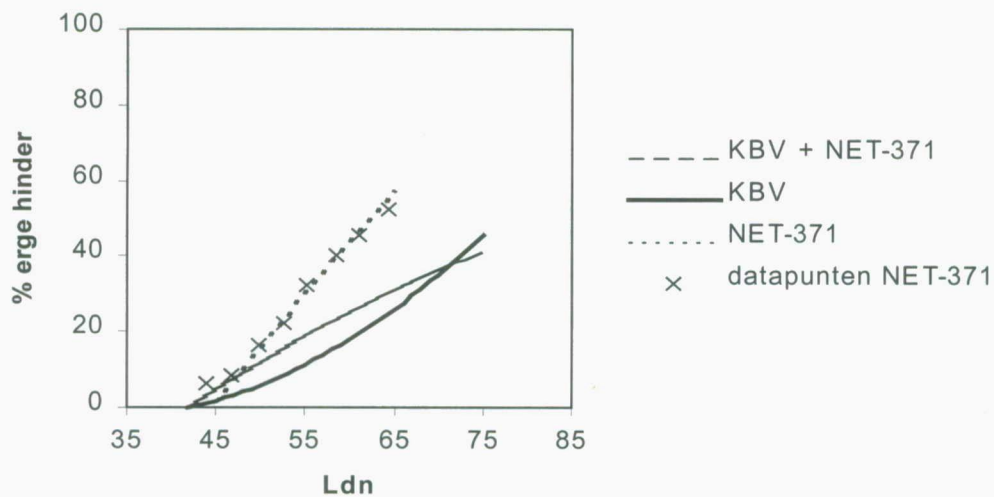
Het belang van het gebruik hiervan is groter naarmate het effect van studietype groter is en de verdeling van respondenten over de studies ongelijker is. Beide condities zijn sterk van toepassing als analyses zouden worden uitgevoerd op de gecombineerde gegevens uit het KBV en NET-371 omdat NET-371 een zeer groot aantal respondenten heeft ten opzichte van de andere vliegtuiggeluidstudies in het KBV, en omdat de steekproef in NET-371 selectief was (TNO-PG en RIVM, 1998) en de lagere geluidbelastingen waarschijnlijk zijn onderschat (Jonkhart, 1997). Om de invloed van selectiviteit te beperken is een herweging toegepast die mede gebaseerd is op een non-response onderzoek. Dit neemt echter niet weg dat analyse met een multilevel benadering voor de gecombineerde gegevens uit het KBV en NET-371 juist is. Vanwege de specifieke kenmerken van NET-371 leidt gebruik van een simpele regressie procedure, ook bij correctie voor selectieve non-respons, tot een overschatting van de geluidhinder bij een bepaalde belasting, een te hoog liggende curve dus.

Ondanks grote inspanning is het echter vanwege problemen met de beschikbare software niet gelukt om de multilevel benadering toe te passen op de gecombineerde gegevens uit het KBV en NET-371. Het probleem ligt in de toegepaste weging voor non-respons in het laatstgenoemde onderzoek. De pogingen hebben ondermeer ingehouden dat contact opgenomen is met de makers van de software en met hun is gecorrespondeerd over oplossing van de ondervonden problemen. Dit heeft echter niet geleid tot een oplossing. Vanwege het belang van de techniek voor dit soort analyses is een vervolgactie gestart om de problemen verder te analyseren en op te lossen. Deze actie leidt echter niet onmiddellijk tot resultaat zodat in dit kort lopende project (looptijd 1 maand) multilevel analyse niet kon worden toegepast. Er zijn daarom simpele regressie analyses uitgevoerd. Bij de interpretatie van de uitkomsten dient echter meegenomen te worden dat het in het onderhavige geval tot overschatting van de hinder bij een bepaalde geluidbelasting leidt (zie boven).

De functie voor *erge hinder* verkregen uit het gecombineerde bestand is:

$$\text{KBV\&NET-371: } A72 = 1,59(L_{dn} - 42) - 0,0103(L_{dn} - 42)^2$$

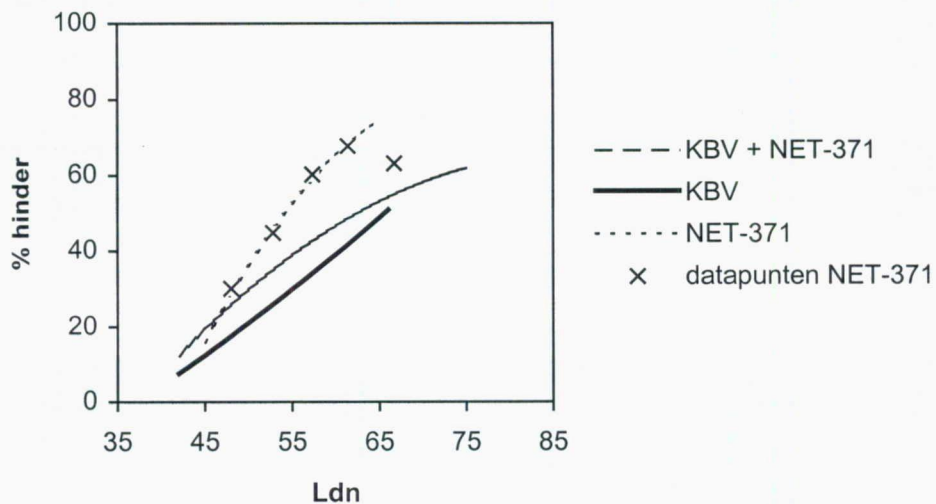
*Figuur 1: Percentage ernstige hinder (KBV, NET-371 en KBV&NET-371) als functie van L<sub>dn</sub>. De relaties zijn vastgesteld zonder rekening te houden met de invloed van studietype op de hinder. NET-371 is gewogen voor selectieve respons en is zonder zwaar geïsoleerde woningen.*



De functie voor *hinder plus erge hinder* verkregen uit het gecombineerde bestand is:

$$\text{KBV\&NET-371: } A_{50} = 2,65(L_{dn} - 37) - 0,0269(L_{dn} - 37)^2$$

*Figuur 2: Percentage hinder KBV, NET-371 en KBV&NET-371. De relaties zijn vastgesteld zonder rekening te houden met de invloed van studietype op de hinder. NET-371 is gewogen voor selectieve respons en is zonder zwaar geïsoleerde woningen.*



*Mantou,*

*Von en laatste blik - - - -*

Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijksluchtvaartdienst  
t.a.v. dr. ir. R.J. Dortland  
programmamanager Normering  
Postbus 90771  
2509 LT Den Haag

*Vr. gr.*

*Ronald*

Doorkiesnummer

071 518 1812

Datum

05 november 1999

Nummer

PG/VGZ/99. / / /

Onderwerp

aanbieding rapport dosis-responsrelaties luchtvaartgeluid

Uw brief

<uw brief>

Geachte heer Dortland,

Hierbij heb ik het genoegen u het eindrapport dosis-effectrelaties aan te bieden. Het onderzoek is begeleid door drs. R. Kuiten van uw Ministerie en ir. M. van den Berg namens Vrom. Tevens is het rapport besproken in een klankbordgroep. Het rapport geeft een goed inzicht in 'the state of the art' op het gebied van geluidbelasting-hinderrelaties bij vliegverkeer.

De oorspronkelijk voorgenomen scope van werkzaamheden was breder dan uiteindelijk in het rapport verwoord is. Er was ook een samenvoeging voorzien van het Kennisbestand Verstoring en de GES-studie, waarbij een nieuwe relatie tussen geluidbelasting en hinder zou worden gepresenteerd. Dit is ook uitgevoerd en de resultaten worden als bijlage bij deze brief gepresenteerd, maar niet in het rapport. Wij hebben hiervoor de volgende zwaarwegende reden:

de uitkomsten van de GES-studie moeten met enige terughoudendheid worden gehanteerd, om redenen die in paragraaf 3.1 van het rapport zijn uiteengezet. Vooral het feit dat er bij Schiphol geen sprake is van een 'steady state' situatie, terwijl in het Kennisbestand Verstoringen uitsluitend van onderzoek in 'steady state' situaties gebruik wordt gemaakt, maakt het in feite ontoelaatbaar de databestanden van GES (NET-371) en het Kennisbestand Verstoring te combineren. We spreken over twee volledig verschillende situaties.

Daarnaast speelt een rol, dat de meest optimale analysemethode (multilevel analyse) niet op het gezamenlijke bestand kan worden toegepast door (op termijn oplosbare) problemen met de software, veroorzaakt door de wegingsfactoren voor selectieve respons die in NET-371 zijn gebruikt. Dit wordt in de bijlage bij deze brief uitvoerig uiteengezet.

Steeds vaker komt het voor dat er behoefte aan onderzoek naar (hinder)effecten van geluid is in veranderende situaties. Een vergelijking met bestaande situaties (steady state) is om bovenstaande reden vaak moeilijk. Doorgaans wordt in veranderende situaties (of in situaties waar publiekelijk over toekomstige veranderingen wordt gediscussieerd) meer hinder geregistreerd dan in situaties die enige tijd stabiel zijn en niet veranderen. Recentelijk is dit

ook geconstateerd bij een onderzoek rondom Eelde dat in opdracht van uw Ministerie is uitgevoerd. Maar ook in het buitenland (bijvoorbeeld rondom de luchthaven van Düsseldorf en bij de aanleg van de hogesnelheidslijnen Hannover-Würzburg en de TGV-Atlantique) heeft men de laatste jaren deze ervaring opgedaan. Voor het oplossen van deze beleidsmatig moeilijke kwesties kan de wetenschap helaas nog weinig ondersteuning bieden doordat veelal onduidelijk welke andere factoren dan het geluid sec een rol spelen bij het tot stand komen van de reacties in de bevolking. Bij TNO is op grond van het Kennisbestand Verstoring een begin gemaakt met het ontwikkelen van een kennismodel om de rol van andere factoren dan geluid te identificeren en te kwantificeren. Resultaten daarvan treft u aan in bijgaand rapport. Voor uitbreiding van de kennis op dit punt zou het nodig zijn het Kennisbestand Verstoring uit te breiden met data van onderzoek dat is uitgevoerd in veranderende situaties. Wij hopen hiervoor de financiële mogelijkheden te krijgen.

Met het aanbieden van dit rapport beschouwen wij de opdracht als beëindigd. Na ontvangst van uw bericht van acceptatie zullen wij u de eindafrekening toezenden.

Hoogachtend,