

Rapport för Naturvårdsverket

Kunskapsläget om effekter av flygbuller på människor – En uppdatering och revidering av en rapport till LfV maj 2007

Slutversion 2009-06-18
Reviderad 2009-12-15

Staffan Hygge
Laboratoriet för tillämpad psykologi
Institutionen för teknik och byggd miljö
Högskolan i Gävle

Tel 026 64 81 53 (direkt)
026 64 85 00 (vx)
E-post Staffan.Hygge@hig.se

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning.....	2
Inledning och bakgrund.....	3
Områden - Olika effekter av buller	4
Flygbuller och annat buller	4
Centrala dokument - Forskningsöversikter och rekommendationer	5
Hjärta-kärlsjukdomar, kardiovaskulära problem	8
Uppdatering	11
Slutsatser hjärta-kärlsjukdomar	12
Sömn.....	13
Uppdatering	15
Slutsatser sömn	17
Störning	18
Uppdatering	23
Några komplikationer och reflexioner om störning	23
Slutsatser störning	26
Talkommunikation	26
Slutsatser talkommunikation	28
Inlärning och kognition hos barn	29
Slutsatser inlärning och kognition hos barn	30
Sammanfattande slutsatser	31
Referenser.....	32

Inledning och bakgrund

År 2007 skrev jag på uppdrag av Luftfartsverket (LFV) en rapport om kunskapsläget för effekter av flygbuller på människor (Hygge, 2007, Kunskapsläget om effekter av flygbuller på människor). Kommentarer jag fått från forskarkollegor och andra har pekat ut ett antal oklarheter och också ofullständigheter som kan tolkas på olika sätt. Några av mina slutsatser var också så knapphändigt formulerade att de tagna var för sig kan ges en annan tolkning än den jag avsåg. Rapporten innehåller också några direkta felaktigheter. Under den tid som gått sedan jag skrev rapporten för LFV har det också kommit nya relevanta forskningsrapporter som adderar till kunskapsläget. Sammantaget ger detta goda skäl för en revidering och uppdatering av rapporten från 2007.

Syftet med denna rapport är därför att uppdatera Hygge (2007) med tillkommande forskning, korrigera felaktigheter och att reda ut några av oklarheterna i den förra rapporten. Därför kommer jag att i grova drag följa den avsnittstoppdelning och text jag hade i Hygge (2007) för avsnitten hjärta-kärlsjukdomar, sömn, allmän störning och kommunikation.

I den här rapporten har jag också lagt till ett avsnitt om kognition och inläring hos barn.

I rapporten Hygge (2007) använde jag termen *komfort* för att på några ställen beteckna och exemplifiera icke mer preciserade störningsreaktioner. Valet av termen *komfort* var inte lyckad av flera skäl. Jag definierade inte explicit vilka störningsreaktioner jag syftade på med termen *komfort* och jag redde inte ut hur min användning av *komfort* förhåller sig till de inom bullerforskning vedertagna termerna *störning* och *allmän störning*, som har sin motsvarighet i engelskans *annoyance* och *general annoyance*. I efterhand har jag kommit till slutsatsen att det hade varit tydligare att uteslutande använda de vedertagna beteckningarna, t ex *störning* och *allmän störning*, och undvika termen *komfort*. I den här rapporten kommer jag därför att mer strikt hålla mig till termen *störning* (=annoyance), som jag använder synonymt med *allmän störning*. Jag lämnar därhän vidare försök att definiera *komfort*.

I en rapport av det omfång jag presenterar här är det ogörligt att på egen hand gå igenom all relevant forskningslitteratur och att på ett helt självständigt sätt värdera vad som är visat med tillräcklig evidens och vad som har lägre evidens. Jag får i stor utsträckning vila på översikter andra gjort och göra antagandet att de självkorrigerande krafterna inom vetenskaplig

granskning och publicering verkat och fortsätter att verka inom de forskningsområden min rapport täcker.

För tydlighetens skull gör jag också en klarare åtskillnad mellan de slutsatser tidigare översikter dragit och vilka slutsatser jag själv drar.

Områden - Olika effekter av buller

Effekter av buller på människor har visats och hävdats inom många olika områden och innefattar biologiska effekter (hypertoni=förhöjt blodtryck, hjärta-kärlproblem, förändrade EEG- och EKG-mönster), sömnproblem (insomningssvårigheter, uppvakning, sömnfragmentering), allmän störning (annoyance), kommunikation och kognition. Det finns starka skäl att skilja olika effekter från varandra, både därför att de kan sägas vara olika allvarliga och för att effekterna högst troligt är olika känsliga för ökning i bullerdos, som för med sig olika lutning på dos-effektkurvorna.

I denna rapport, liksom i Hygge (2007), täcker jag av områdena:

Hjärta-kärlsjukdom, kardiovaskulära problem
Sömnstörning
Allmän störning
Talkommunikation

Avsnittet om kommunikation är något nedkortat i denna rapport. I tillägg har jag fört in ett avsnitt om inlärning och kognition hos barn.

De delar i Hygge (2007) som handlar om hur ljud och buller mäts och hur många som kan beräknas vara exponerade vid olika nivåer exponeringstal upprepar jag ej här.

En läsanvisning är dock på sin plats. När jag skriver ut siffervärden för L_{max} , L_{den} , L_{dn} , L_{day} , $L_{night, outside}$ avser jag värden i enheten dB (som enligt definitionerna grundas på mätningar i dB(A)), även när ingen enhet anges.

Flygbuller och annat buller

I många fall finns viss forskning om buller från andra transportmedel än flyg. Frågan måste då ställas om sådana studier har relevans för en bedömning av hälsoeffekter från flygbuller.

Flygbuller (vid given dos) är mer störande än vägtrafikbuller och tågbuller. Det kan därför utifrån en försiktighetsprincip försvaras att för jämförelsens skull också referera till vägtrafikbuller och tågbuller.

Centrala dokument - Forskningsöversikter och rekommendationer

Ett mindre antal forskningsöversikter och rekommendationer om bullers effekter på människor är av central betydelse för en översiktlig redovisning om kunskapsläget för flygbullers effekter på människor.

En holländsk rapport från 1999 (Health Council of the Netherlands, 1999) refererar närmare 300 arbeten som är av relevans för hur stora flygplatser påverkar hälsa. Enligt min uppfattning har det översiktsarbetet haft mycket stor betydelse för slutsatser om hälsoeffekter av flygbuller och kan i mångt och mycket sägas vara den plattform senare översikter haft som utgångspunkt.

Tre dokument från WHO och den forskningslitteratur som går igenom i dem är centrala för att reda ut i vilken utsträckning exponeringen från flygbuller leder till olika typer av hälsoeffekter. Det första dokumentet (WHO, 2001) är en rapport från ett möte om flygbuller, och det andra dokumentet (WHO, 2007) går igenom kunskapsläget för effekter på människor av bullerexponering under natten. Särskilt det senare dokumentet är en omfattande, ingående och kritisk granskning av forskningsläget och en prövning av om vilka effekter det kan sägas finnas en tillräcklig (*sufficient*) evidens eller begränsad (*limited*) evidens för. Båda rapporter sorterar bullereffekter på människor i olika kategorier och har sammanfattande avsnitt med rekommendationer. Det tredje dokumentet från WHO (WHO, 2009) är under arbete och beräknas bli publicerat under 2009. Det hade naturligtvis varit bättre om det dokumentet redan nu varit tillgängligt för en större krets, men samtidigt innehåller det så pass värdefullt material att det vore synd om det ignorerades.

I den här rapporten utgår jag från de dessa tre WHO-rapporter, redogör för centrala delar av deras innehåll, kompletterar med andra forskningsöversikter och uppdaterar med några forskningsresultat från senare år.

I rapporten WHO (2007) görs ett försök att skilja ut betydelsen av nattexponering från exponering under andra delar av dygnet och flygbullerexponering från exponering för annat buller. I en mycket sträng mening är detta inte genomförbart i epidemiologiska studier, men utifrån det välgrundade antagandet om att flygbuller är mer störande än buller från andra trafikslag, och antagandet om att måna av effekterna har höga samband med störningsgrad, med går det kanske att göra konservativa approximationer.

Rapporten (WHO, 2007) innehåller också översikter och sammanfattningar som avser

bullereffekter generellt, utan uppdelning på trafikslag och utan uppdelning på delar av dygnet. Den avsiktliga begränsningen till nattexponering gör sömn och sömnkvalitet till självklara kandidater för effektmått.

I rapporten summeras (WHO, 2007, p. 20-21, Table 1 and Table 2) effekter av nattbuller och brytpunkter¹ (threshold). Tabell 1 förtecknar de effekter för vilka tillräcklig evidens anses föreligga och tabell 2 de effekter som menas ha begränsad evidens.

Tabell 1. Effekter av nattbuller. Tabell från WHO (2007) och med dess tabellnummer.

Table 1. Summary of effects and threshold levels for effects where **sufficient** evidence is available¹

	Effect	Indicator	Threshold, dB
Biological effects	Change in cardiovascular activity	*	*
	EEG awakening	L _{Amax,inside}	35
	Motility, onset of motility	L _{Amax,inside}	32
	Changes in duration of various stages of sleep, in sleep structure and fragmentation of sleep	L _{Amax,inside}	35
Sleep quality	Waking up in the night and/or too early in the morning	L _{Amax,inside}	42
	Prolongation of the sleep inception period, difficulty getting to sleep	*	*
	Sleep fragmentation, reduced sleeping time	*	*
	Increased average motility when sleeping	L _{night,outside}	42
Well-being	Self-reported sleep disturbance	L _{night,outside}	42
	Use of somnifacient drugs and sedatives	L _{night,outside}	40
Medical conditions	Environmental insomnia ¹	L _{night,outside}	42

* Although the effect has been shown to occur or a plausible biological pathway could be constructed, indicators or threshold levels could not be determined.

¹ Please note that “environmental insomnia” is the result of diagnosis by a medical professional whilst “self-reported sleep disturbance” is essentially the same, but reported in the context of a social survey. Number of questions and exact wording may differ.

¹ Det är inte så lyckat att i detta sammanhang översätta engelskans *threshold* till svenskans *tröskel*, då den svenska termen lätt leder tankarna till en abrupt förändring i effekt, snarare än att lutningen på dos-effekt kurvorna gradvis ändras. Därför väljer jag svenskans term *brytpunkt*

Tabell 2. Effekter av nattbuller. Tabell från WHO (2007) och med dess tabellnummer.

Table 2. Summary of effects and threshold levels for effects where limited evidence is available¹

	Effect	Indicator	Estimated threshold, dB
Biological effects	Changes in (stress) hormone levels	*	*
Well-being	Drowsiness/tiredness during the day and evening	*	*
	Increased daytime irritability	*	*
	Impaired social contacts	*	*
	Complaints	$L_{\text{night, outside}}$	35
	Impaired cognitive performance	*	*
Medical conditions	Insomnia	*	*
	Hypertension	$L_{\text{night, outside}}$ (probably depending on daytime exposure as well)	50
	Obesity	*	*
	Depression (in women)	*	*
	Myocardial infarction	$L_{\text{night, outside}}$ (probably depending on daytime exposure as well)	50
	Reduction in life expectancy (premature mortality)	*	*
	Psychic disorders	$L_{\text{night, outside}}$	60
	(Occupational) accidents	*	*

* Although the effect has been shown to occur or a plausible biological pathway could be constructed, indicators or threshold levels could not be determined.

¹ Please note that as the evidence for the effects in this table is limited, the threshold levels also have a limited weight. In general they are based on expert judgement of the evidence.

På sidan 24 i WHO, 2007 ges en sammanfattning och rekommendation av nattbullers effekter på människor och vilka problem ljudnivåer i olika band kan förväntas leda till (Tabell 3).

Tabell 3. Effekter av nattbuller. Tabell från WHO (2007) och med dess tabellnummer.

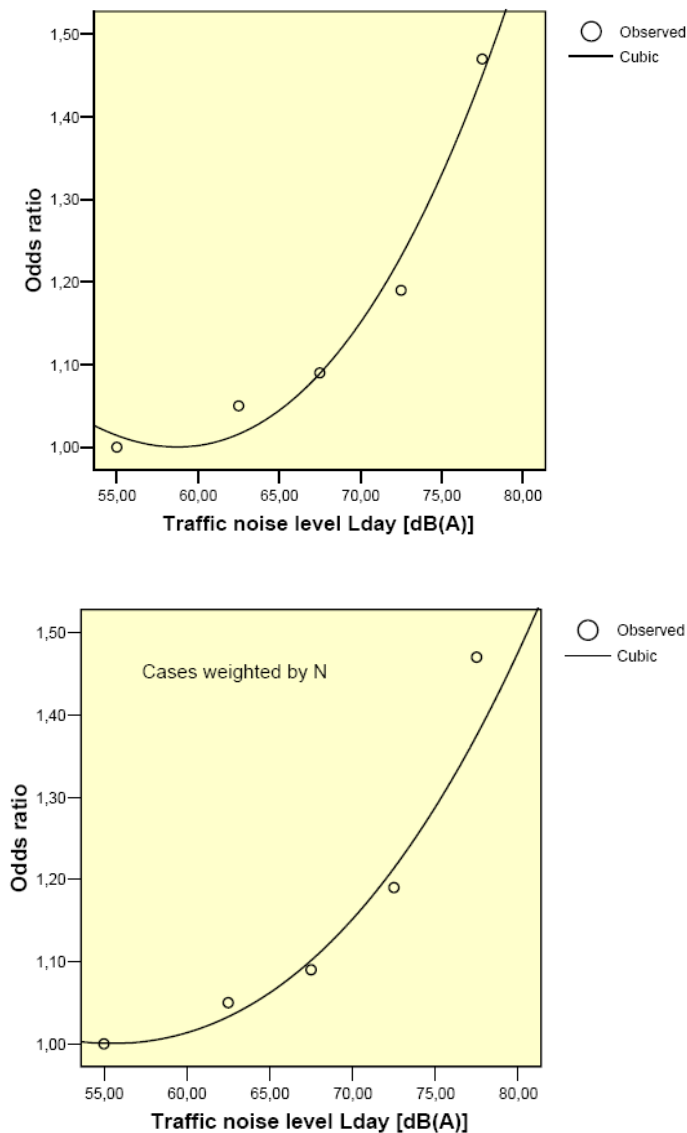
Table 3. Summary of the relation between night noise and health effects in the population

$L_{\text{night, outside}}$ up to 30 dB	Although individual sensitivities and circumstances differ, it appears that up to this level no substantial biological effects are observed.
$L_{\text{night, outside}}$ of 30 to 40 dB	A number of effects are observed to increase: body movements, awakening, self-reported sleep disturbance, arousals. With the intensity of the effect depending on the nature of the source and on the number of events, even in the worst cases the effects seem modest. It cannot be ruled out that vulnerable groups (for example children, the chronically ill and the elderly) are affected to some degree.
$L_{\text{night, outside}}$ of 40 to 55 dB	There is a sharp increase in adverse health effects, and many of the exposed population are now affected and have to adapt their lives to cope with the noise. Vulnerable groups are now severely affected.
$L_{\text{night, outside}}$ of above 55 dB	The situation is considered increasingly dangerous for public health. Adverse health effects occur frequently, a high percentage of the population is highly annoyed and there is some limited evidence that the cardiovascular system is coming under stress.

Tabell 1-3 har sina utgångspunkter i bullerexponering nattetid (vanlig kl 22-06), men förtjänar ändå en central plats i en forskningsöversikt eftersom flygbuller är en vanlig bullerstörning nattetid.

Hjärta-kärlsjukdomar, kardiovaskulära problem

Babisch (2006 a; b) har summerat resultat från studier av samband mellan buller och hjärt-kärlsjukdom i en kritisk översikt av forskningslitteraturen. För kranskärlssjukdom och hjärtinfarkt finner han rimligt styrkta samband med vägtrafikbuller (se figur 1), men antalet studier för flygbuller är för få för att dra någon särskild slutsats om just flygbuller. Utifrån antagandet om att flygbuller är en ungefär lika stark orsaksfaktor som trafikbuller (eller kanske något starkare - se nedan), så ger dock figur 1 vid handen att L_{day} -nivåer måste upp till mer än 65 dBA för att ge förhöjd risk för hjärtinfarkt motsvarande odds ratio = 1.10.

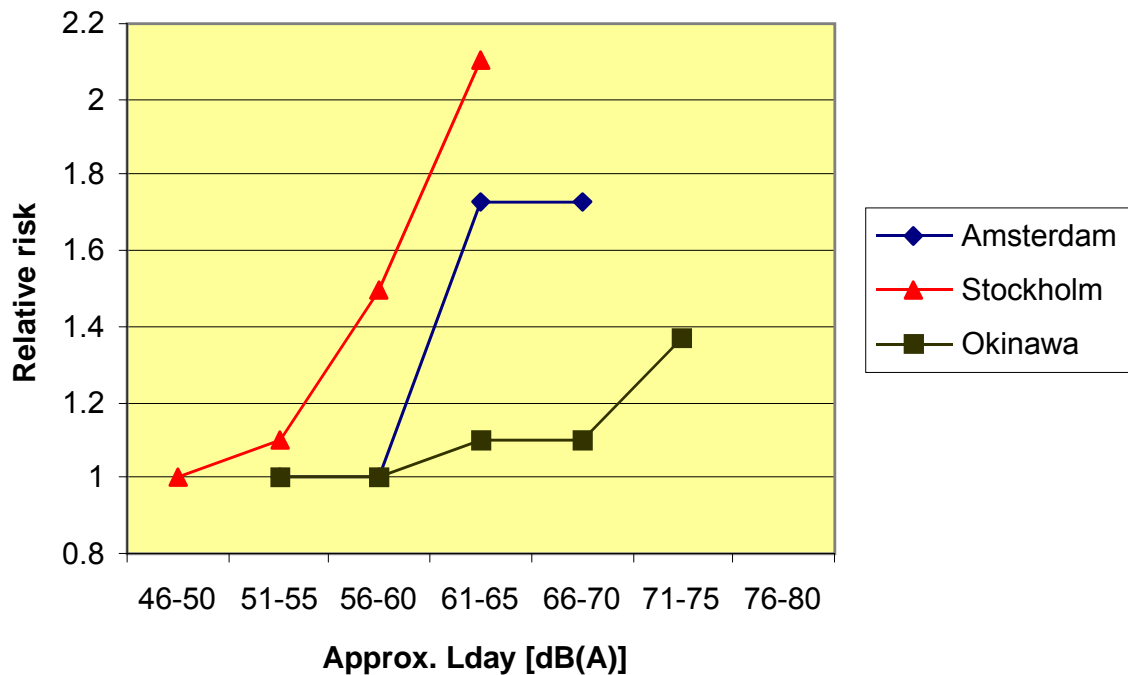


Figur 1. Vägtrafikbuller och hjärtinfarkt (Babisch, 2006a)

I sin översikt påpekar Babisch att den metaanalys som gjordes av van Kempen et al. (2002) och som drog slutsatsen att risken för förhöjt blodtryck p.g.a. flygbuller ökade med 26 % per 5 dBA från 55 dBA, bara är grundade på en studie (Knipschild, 1977). I studien av Knipschild är de ljudnivåer som undersöktes inte särskilt jämnt fördelade över exponeringsskalan, vilket gör det problematiskt att anpassa en dos-effektkurva.

För studier av sambandet mellan flygbuller och förhöjt blodtryck redovisar Babisch (2006a) Figur 2 med data från Amsterdam (Knipschild et al., 1977), Stockholm (Rosenlund et al., 2001) och en militärbas på Okinawa (Matsui et al., 2001, 2004). Gemensamt för de tre studierna är att de har självrapporterade blodtrycksproblem, ej faktiskt uppmätta blodtrycksnivåer, vilket ur validitetssynpunkt är en brist. Dock, den bristen tenderar troligen

att försvaga, inte förstärka sambandet mellan bullerexponering och förhöjt blodtryck (Bonde, Öhrström, Svensson et al., 2005; Vargas, Burt, Gillum & Pamuk, 1997).



Figur 2. Flygbuller och förhöjt blodtryck (Babisch, 2006a)

I studien runt Arlanda (Rosenlund et al., 2001, i figur 2 betecknad Stockholm) är de högexponerade grupperna små och ganska få personer ligger därför bakom den förhöjda risken för högt blodtryck i dessa grupper. Fem personer färre med (rapporterat) förhöjt blodtryck i högdosgruppen skulle ha sänkt andelen med förhöjt blodtryck från rapporterade ca 20 % till ungefär 14 % vilket var den andel som rapporterade förhöjt blodtryck i lågdosgruppen. De 95 % konfidensintervall som redovisas ger inte heller ett entydigt stöd för att den relativa risken för förhöjt blodtryck är säkerställt högre än 1.0.

Rosenlund et al. (2001) gör också ett försök att jämföra FBN och L_{max} som prediktorer för förhöjt blodtryck, men eftersom korrelationen mellan de två dosmåttarna är 0.90, går inte effekten av den ena oberoende av den andra att fastsätta. Detta problem med hög samvariation mellan två dosmått är inte något unikt för studien av Rosenlund et al. utan sakens sanna natur för naturligt förekommande buller. Det är med höga korrelationer mellan två dosmått i princip omöjligt att särskilja det ena måttets bidrag till bullereffekten från det andra måttets bidrag.

Med särskilt arrangerade ljudkällor i laboratoriestudier skulle en högre grad av oberoende mellan två dosmått kunna skapas, men då till kostnad av en okänd mängd brist på relevans för naturligt förekommande ljud.

För kurvorna i figur 2 drar Babisch slutsatsen att de är för heterogena för att härleda en gemensam dos-effektkurva, men också att de sammantagna pekar på ökad risk för förhöjt blodtryck med ökande flygbullerexponering, men kanske att bullerdoserna åtminstone måste komma upp till närmare eller över 60 L_{day} innan någon påtaglig ökning av risk är säkerställd.

I ett arbetspapper inför en sammanfattande bedömning av nattbuller och NO(A)EL (No Observed (Adverse) Effect Level) för hjärta-kärlproblem presenterade van den Berg (2006) och WHO (2007) följande tabell.

Tabell 4. Nattbuller och NO(A)EL (No Observed (Adverse) Effect Level) för hjärta-kärlproblem (van den Berg, 2006), också i Tabell 2 ovan (WHO, 2007)

Effekt	Indikator	NO(A)EL dBA	Stöd
Förhöjt blodtryck	L_{night}	50	Begränsat
Hjärtinfarkt	L_{night}	50	Begränsat

Uppdatering

Barregård, Bonde & Öhrström (2009) fann i en studie av 1953 personer en starkt säkerställd ökad risk för högt blodtryck hos män som bott mer än 10 år i sin bostad (OR 3.8, CI 1.6-9.0), men ej kvinnor, i de högsta exponeringsgrupperna (56-70 mot 45-50 $L_{\text{Aeq}, 24 \text{ h}}$) efter långvarig exponering för *vägtrafikbuller* men ej för tågbuller. I de logistiska regressionsanalyserna kontrollerades för ålder, ärftlighet för högt blodtryck och BMI (Body Mass Index). Antalet personer med högt blodtryck i de högsta exponeringsgrupperna var 20 av 104.

Selander et al. (2009) fann i en fall-kontroll studie av sambandet mellan hjärtinfarkter ($N=1571$ fall, 2095 kontroll) och långtidsexponering för *vägtrafikbuller* en nära säkerställd ökad relativ risk för dem som exponerats för ljudnivåer $> 50 L_{\text{Aeq}, 24 \text{ h}}$ eller mer än för dem som exponerats för $< 50 L_{\text{Aeq}, 24 \text{ h}}$. Riskökningen var säkerställd när de som hade hörselnedsättning eller buller från andra exponeringskällor än vägtrafik rensats ut från materialet. Studien ger ett visst bidrag till slutsatsen att trafikbuller kan öka risken för hjärtinfarkt, en slutsats som ökar något i styrka med tanke på att en bullerdos från flyg troligen är en starkare orsaksfaktor för hjärta-kärl problem än samma dos från vägtrafikbuller (cf nedan Jarup et al., 2008)

I en studie av blodtryck hos mer än 2 700 män runt Arlanda flygplats visade Eriksson et al.

(2007) säkerställt förhöjdas relativa risker (RR) i 5dB-band för dygnsvägda $L_{Aeq, 24 h}$ energimedelvärden (dag x 1, kväll x 3, natt x 10, vägningen ansluter nära till definitionen av L_{den}) och i 3dB-band för L_{Amax} -värden (> 3 ggr/genomsnittlig 24 h under ett år). Ökningen i risk är nära att vara säkerställd också vid en ökning från <50 till 50-55 dBA för dygnsvägda $L_{Aeq, 24 h}$ och vid en ökning från <70 till 70-72 dBA för L_{Amax} -värden. Studien adderar till evidensunderlaget att flygbuller orsakar förhöjt blodtryck.

Jarup et al. (2008) har i en studie (HYENA) med mer än 4 800 deltagare vid sex större flygplatser i Europa beräknat risker för förhöjt blodtryck både för dagvärden ($L_{Aeq, 16 h}$) och nattvärden (L_{night}) av flygbuller. Resultaten visar en signifikant ökning av relativa risken (RR) med 10 dB ökning av nattvärden för bullerexponeringen, men ej för dagvärden och ej för vägtrafikbuller. Studien förstärker underlaget att flygbuller nattetid orsakar förhöjt blodtryck.

Under de senaste åren har ingen metaanalys om sambandet mellan exponering för flygbuller och kardiovaskulära effekter publicerats utöver dem som redan täckts WHO 2007. Dock, de studier som refererats här mellan 2007-2009 stärker evidensläget för kausala effekter av flygbuller på kardiovaskulära effekter.

Det finns också visst stöd för att momentant blodtryck ökar med flygbullerexponering. Inom HYENA-studien redovisar Haralabidis et al. (2008) säkerställt ökade nivåer för systoliskt och diastoliskt blodtryck under de 15 min intervall som inkluderade en flygbullerhändelse.

Aydin & Kaltenbach (2007) lät försökspersoner runt Frankfurts flygplats ta sitt blodtryck varje morgon och kväll och fann samband mellan förändringar i blodtryck och antalet starter/landningar.

Slutsatser hjärta-kärlsjukdomar

För kranskärlssjukdom och hjärtinfarkt menade Babisch (2006a; b) att det finns rimligt styrkta samband med vägtrafikbuller (se figur 1), men att antalet studier för flygbuller är för få för att dra någon särskild slutsats om just flygbuller. Babisch menade vidare att risken för hjärtinfarkt från trafikbuller icke är empiriskt belagd vid och under 50 L_{night} och 60 L_{day} (06-22), men att för ljudnivåer högre än 60 L_{day} ökar den relativa risken för hjärtinfarkt kontinuerligt (Babisch, 2006a, p. 1). I senare analyser av studier om vägtrafikbuller och kardiovaskulär risk drar Babisch (2008, 2009) liknande slutsatser, vilka jag delar. Kunskapsmängden om risken för förhöjt blodtryck från flygbullerexponering har något ökat under de senaste två åren. De sammantagna resultaten från de tillkommande studierna ger

enligt min mening stöd för slutsatsen att flygbullerexponering ökar risken för förhöjt blodtryck, men också att den förhöjningen inte är säkerställd förrän de uppmätta ljudnivåerna kommit upp till omkring 60 L_{den} , vilket är en något lägre ljudnivå än när ökad risk för hjärtinfarkt börjar visa sig.

Min sammanfattning överensstämmer med Babisch (2009) som i ett arbetsdokument från WHO skriver:

While there is evidence that road traffic noise increases the risk of ischemic heart disease, including myocardial infarction, there is less evidence for such an association with aircraft noise because a lack of studies. However, there is increasing evidence that both road traffic noise and aircraft noise increase the risk of hypertension (p. 18)

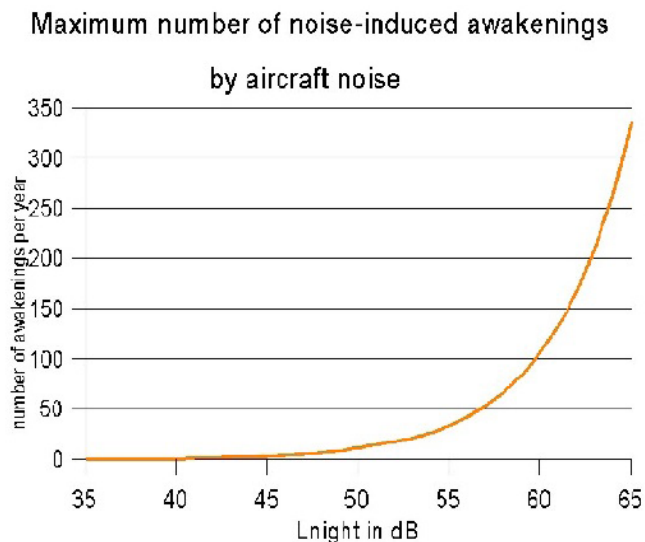
Sömn

Sömnstörningar orsakade av buller har undersökts med olika kriterier för störning.

Förändringar av sömndjup (mätt med EEG) är skilda från att beteendemässigt (och medvetet) vakna upp, vilket i sin tur är skilt från hur mycket en person rör sig under sömnen (motilitet).

Ekvivalenta ljudnivåmått som L_{Aeq} har ett inte alltför högt samband med sömnstörning (Eberhardt & Axelsson, 1987; Vallet et al., 1983; Vernet, 1983; Öhrström & Rylander, 1982), och andra mått har föreslagit som komplement, främst L_{max} , antalet bullerhändelser och SEL.

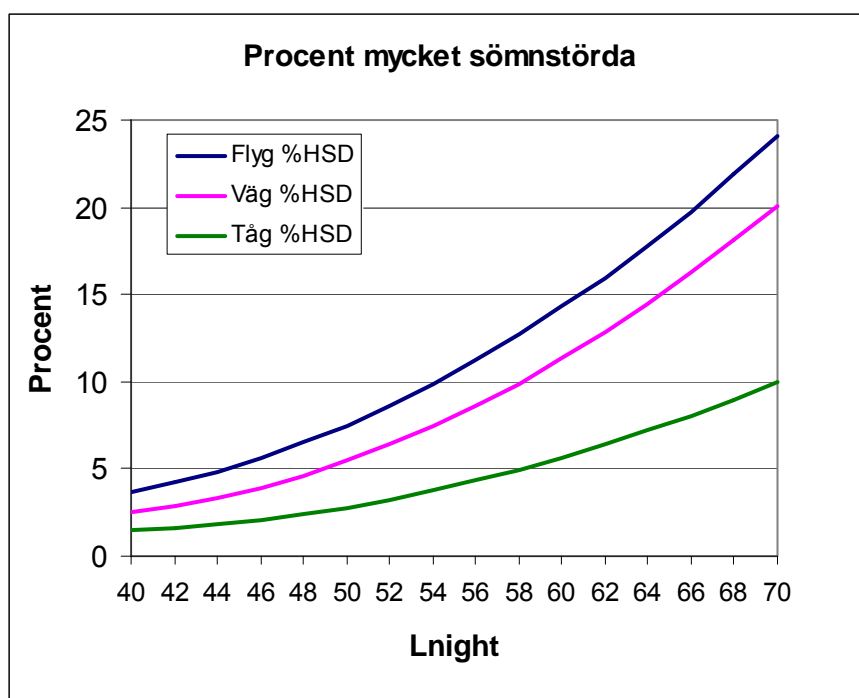
Van den Berg (2007) har redovisat studier med intermittenta flygplansljud, se figur 3.



Figur 3. Värsta möjliga scenario för antalet väckningar under ett år (van den Berg, 2007). L_{night} är utomhusvärden.

I samma översikt redovisas också självrapporterade sömnstörningar separat för flygbuller,

vägtrafikbuller och tågbuller. Dessa kurvor visas i figur 4.



Figur 4. Procent mycket störda i sin sömn (HSD = Highly Sleep Disturbed), självrapporter (van den Berg, 2007)

van den Berg, (InterNoise 2007 p 135, WHO NNGL p. 103) redovisade också NO(A)EL för sömnproblem L_{max} (inomhusvärden) och L_{night} (utomhusvärden). Se tabellen nedan.

Tabell 5. L_{max} (inomhusvärden) och L_{night} (utomhusvärden) för NO(A)EL för sömnproblem (van den Berg, 2007)

Effekt	Indikator	NO(A)EL dBA	Stöd
Temporära förändringar i hjärta-kärlaktivitet	L_{max}	30-35	Tillräckligt
Uppvaknande - EEG	L_{max}	30-35	Tillräckligt
Motilitet	L_{max}	32	Tillräckligt
Förändring av sömnstruktur	L_{max}	30-35	Tillräckligt
Uppvaknande - beteende	L_{max}	42	Tillräckligt
Självrapporterad sömnstörning	L_{night}	42	Tillräckligt

Påpekande: I Hygge (2007) angavs felaktigt värdet L_{night} 42 som inomhusvärde för självrapporterad sömnstörning. Rätt skall vara utomhusvärde, vilket framgår av ett senare dokument (WHO, 2007, NNGL-final-doc-1-2-2007, p 100-104). Värdet bygger bl a på

antaganden om hur mycket ljudnivån inomhus reduceras om fönster inte är stängda utan halvöppna.

..... and considering self-reported sleep disturbance as an adverse effect, this would suggest $L_{\text{night}} = 42$ dB(A) as the NOAEL to be compared with the value derived from the short term effects. Note that this is an outdoor level, which would, assuming partly opened windows and an actual insulation of 15 dB(A), correspond to an indoor equivalent night-time sound level of 27 dB(A). The above discussion is based on motility, EEG awakenings, and conscious awakening. (p. 100)

Tabell 5 ger vid handen att ljudnivåerna för förväntade sömnstörningar ligger lägre än motsvarande L_{night} -värden i tabell 4 ovan för effekterna förhöjt blodtryck och hjärtinfarkt.

Kommentar: I Hygge (2007) följde här ett påstående om att sömnstörningar inte leder till rent medicinska effekter förrän vid ca 50 L_{night} . Påståendet är missvisande därför att det mycket väl kan vara så att sömnstörningar leder till andra direkta medicinska effekter än förhöjt blodtryck och hjärtinfarkt.

Det hade varit intressant att med ett empiriskt material kunnat belysa frågor som har att göra med sömnstörningspotentialen hos flygbuller för olika kombinationer av L_{max} och L_{night} . T ex, givet 40 L_{night} (inomhus), hur mycket ökar sannolikheten för uppvaknande om 4, 8 eller 12 händelser med vardera 70 L_{max} adderas? Vad händer om L_{max} för händelserna ökar från 70 till 80 L_{max} . Ett sådant täckande material finns dock ännu inte, men det verkar ha fog för sig att sätta ett tak för både antal händelser och nivå på L_{max} -värden. (jmf Health Council of the Netherlands, 2004, p. 85.)

För vägtrafikbuller har Öhrström (1995) i en laboratoriestudie, där försökspersonerna exponerades för 16, 32, 64 och 128 bullerhändelser under en natt, visat att sömnkvalitet försämras med ökat antal bullerhändelser. Försökspersonerna betraktade sig själva som ganska eller mycket bullerkänsliga. I samma studie redovisas sömnkvalitet för bullerkänsliga och mindre bullerkänsliga personer, under nätter med 0, 16 och 64 bullerhändelser och 45, 50 eller 60 dB(A) maximal ljudnivå. Resultaten indikerar för 50 och 60 dB(A)-betingelserna en sänkning av sömnkvaliteten och mest så för 64 bullerhändelser per natt. Både antalet händelser och deras maximala ljudnivåer inverkar på sömnkvalitet, men några enkla kvantitativa relationer i hur de båda samverkar kan inte anges.

Uppdatering

I en översikt av forskning om buller och sömn de fem åren 2003-2008 pekar Hume (2008) på

en lovande forskningsansats från en grupp vid DLR (Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln - M Basner, A Samel). De har utvecklat nya sätt att undersöka förändringar i sömnstadiernas makrostruktur och uppvaknande, och sätta dem i relation till maximalvärden för flygbullerexponeringar på natten. Gruppen har också applicerat sina metoder i en fältstudie på flygplatsen Leipzig/Halle (Basner, Samel & Iserman, 2006) genom att definiera skyddszoner utifrån en given flygbullerpåverkan på sömn. Skyddszonerna är tänkta att vara något som både kvalitativt och kvantitativt skiljer sig från zoner som baserats på rent akustiska kriterier. Angreppssättet är lovande, men behöver kanske ännu någon tid på sig och mer empiri för att visa hur pass fruktbart det är.

I en sammanställning av relativt nya fältstudier om flygbuller och sömn har Michaud et al. (2007) uttryckt tvivel på styrkan i sambandet mellan generella mått för flygbullerexponering och sömnstörning och bl a pekat ut att ljudnivåer inomhus har starkare samband med sömnstörning. De dos-effektkurvor de redovisar ligger också lägre än vad t ex WHO 2007 anger. Ett av skälen till diskrepansen i slutsatser mellan Michaud et al. (2007) och WHO (2007) kan vara att de förra i huvudsak använder sig av en analys per flygbullerhändelse, uppmätta som varianter av L_{Amax} och SEL, medan WHO använder genomsnittliga energivärden som L_{night} .

Miedema & Vos (2007) ställde samman självrapporterad sömnstörning från olika trafikällor i 28 originalstudier i fält med sammanlagt 23 000 deltagare. Bland huvudresultaten märks att vid samma nattexponeringsnivå ger exponering för enbart flygbuller mer sömnstörning än vägtrafikbuller.

De skriver

These functions show that at the same average nighttime noise-exposure level, aircraft noise is associated with more self-reported sleep disturbance than road traffic, and road traffic noise is associated with more sleep disturbance than railways (p. 1).

Åldersgruppen 50-56 år var överlag mest sömnstörd av buller. De dos-effekt-kurvor som genererades indikerar att en minskning från L_{night} 65 till 45 dB för vägtrafikbuller och flygbuller torde ge en minskning av andelen *något* sömnstörda från 40-45% till ca 20%.

Utifrån den uppdelning i bullerexponeringsområden som gjordes i NNGL (WHO, 2007) och som visats ovan i Tabell 3 på s. 8 har Basner & Griefhahn (2009) presenterat en tabell med beräkningar av hur många uppvaknanden olika bullerexponeringsintervall kan orsaka. Se tabell 6 nedan!

Tabell 6: Från Basner & Griefahn (2009) och med deras tabelltext. Night Noise Guideline for Europe (NNGL) [2] ranges for the relation between nocturnal noise exposure and health effects in the population. For each dB category, the number of additional aircraft noise induced EEG awakenings per year is given in italics as median [2.5 percentile; 97.5 percentile] according to Figure 2A. The NNGL assumes an average attenuation of 21 dB between inside and outside noise levels. (dB = A-weighted decibel) (Figure 2A syftar på en figure i originaltexten, en figur som ej finns med här).

$L_{\text{night, outside}}$	Range	Health Effects
< 30 dB		Although individual sensitivities and circumstances differ, it appears that up to this level no substantial biological effects are observed. <i>less than 3 [0; 11] additional EEG awakenings per year</i>
30 - 40 dB		A number of effects are observed to increase: body movements, awakenings, self-reported sleep disturbance, arousals. With the intensity of the effect depending on the nature of the source and on the number of events, even in the worst cases the effects seem modest. It cannot be ruled out that vulnerable groups (for example children, the chronically ill and the elderly) are affected to some degree. <i>3 [0; 11] to 14 [1; 31] additional EEG awakenings per year</i>
40 - 55 dB		There is a sharp increase in adverse health effects, and many of the exposed population are now affected and have to adapt their lives to cope with the noise. Vulnerable groups are now severely affected. <i>14 [1; 31] to 275 [160; 381] additional EEG awakenings per year</i>
> 55 dB		The situation is considered increasingly dangerous for public health. Adverse health effects occur frequently, a high percentage of the population is highly annoyed and there is some limited evidence that the cardiovascular system is coming under stress. <i>more than 275 [160; 381] additional EEG awakenings per year</i>

Slutsatser sömn

Enstaka bullerhändelser med L_{max} -värden så låga som 30-35 kan orsaka väckning i en fysiologisk mening eller som ökade kroppsrörelser (motilitet), men medvetet uppvaknade eller självrapporterade störningar visar sig först en bit över 40 L_{max} . Stängda fönster antas reducera utomhusbullret med ca 25–30 dB (Miljöhälsorapport, 2005), och ännu något mer för nyare bostäder med bra fasader och fönster. Med öppet fönster är ljudisoleringen ofta bara 15 dB. Med en reduktion av utomhusljudet med 30 dBA torde 40 L_{max} inomhus svara mot ca 70 L_{max} utomhus vid stängt fönster och ca 55 L_{max} vid delvis öppet fönster. För hälsoproblem i t ex betydelsen förhöjt blodtryck och hjärtinfarkt visar sammanfattningarna på NO(A)EL vid ca 50 L_{night} .

Hälsoproblem som t ex sömnproblem börjar troligen visa sig från omkring 40 L_{night}

(utomhusvärde) för en normalbefolkning och vid lägre nivå lägre för känsliga grupper.

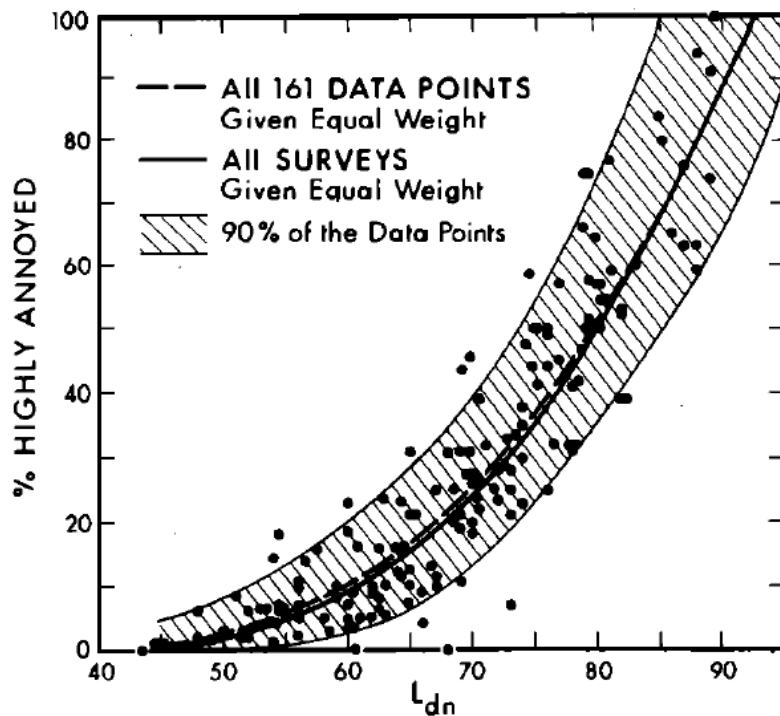
Störning

Allmän störning avser övergripande, genomsnittliga bedömningar av upplevd störning av buller under en längre tid (månader-år). Detta mått på generell störning kan kompletteras med riktade frågor om enskilda bullerhändelser (passerande flygplan vid start eller landning) eller vilka aktiviteter som störs (se TV, sitta på uteplatsen, samtala). Där är stora individuella skillnader i upplevd störning, både därför att en och samma ljudhändelse (överflygning) i ett bostadsområde kan återspeglas, reflekteras och förstärkas på olika sätt, men mest därför att människor är olika i sin bullerkänslighet, störningsbenägenhet eller anspråksnivå.

Störning har mätts på flera olika sätt. Ibland har de tillfrågade fått ge kategoriskattning i en rangordningsskala från t ex ej störd, över något störd till mycket störd. Andra skalor har haft flera steg, siffervärden för kategorierna eller siffervärden på en skala. Schultz transformerade de olika studiernas skalor till en skala gemensam för alla.

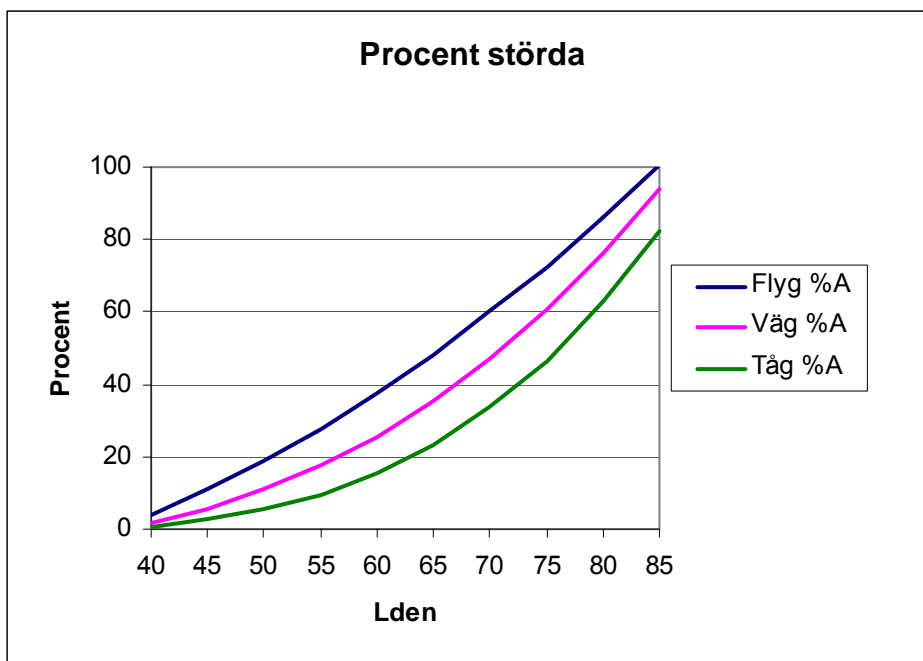
Schultz (1978) var den förste att redovisa en komplicerad dos-responskurva för relationen mellan bullerdos L_{dn} (natt kl 23-07 viktat med +10 dB, kväll, ej viktat) och andelen mycket störda (de 27-28% med högst rapporterad störning) utifrån 11 studier och 161 datapunkter med buller från olika transportmedel. Se figur 5.

Sedan 1978 har Schultz-kurvan varit den dominerande jämförelsen i studier av bullerstörningar. Den ursprungliga Schultzkurvan har kritiserats bl a för att procedurerna att jämföra och översätta andelen mycket störda mellan olika studier är bristfälliga och för att bullerkällor inte hålls isär (t ex flyg, vägtrafik och tåg).

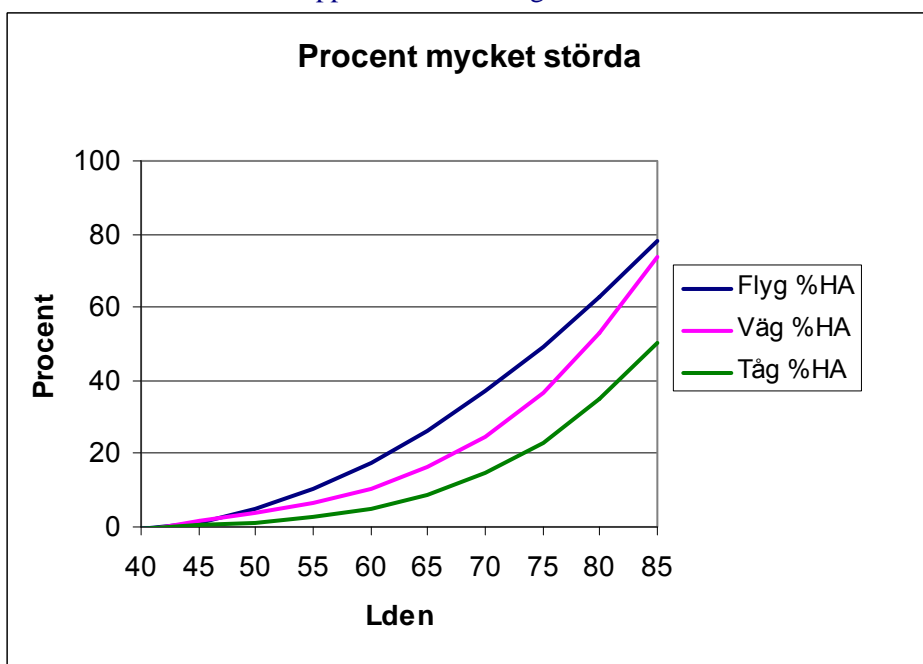


Figur 5. Procent mycket störda i de 11 studierna i Schultz (1978)

Flera uppdateringar av Schultzkurvan med tillkommande studier har gjorts genom åren, likaså en uppdelning av kurvorna på olika trafikslag. Särskilt Miedema och medarbetare har i flera omgångar redovisat uppföljningar, synteser och detaljanalyser. En av de senare synteserna visas i figur 6 och 7 (Miedema & Oudshoorn, 2001), där för flygbuller 19 studier med 27 081 personer ingick, för vägtrafikbuller 26 studier och 19 172 personer och för tågbuller 8 studier med 7 632 personer. Kriteriet för störd är satt till de 50 % starkaste störningsreaktionerna. Det skall noteras att artikeln av Miedema & Oudshoorn (2001) också är grunden för EC Position Paper on Noise annoyance 2002 (European Commission, 2002), som är ett av de viktigaste dokumenten inom störningsreaktioner till olika bullerkällor.



Figur 6. Procent störda (A= Annoyed) av olika trafikslag (Miedema & Oudshoorn, 2001). Kriterium störd = de 50% starkaste rapporterade störningarna

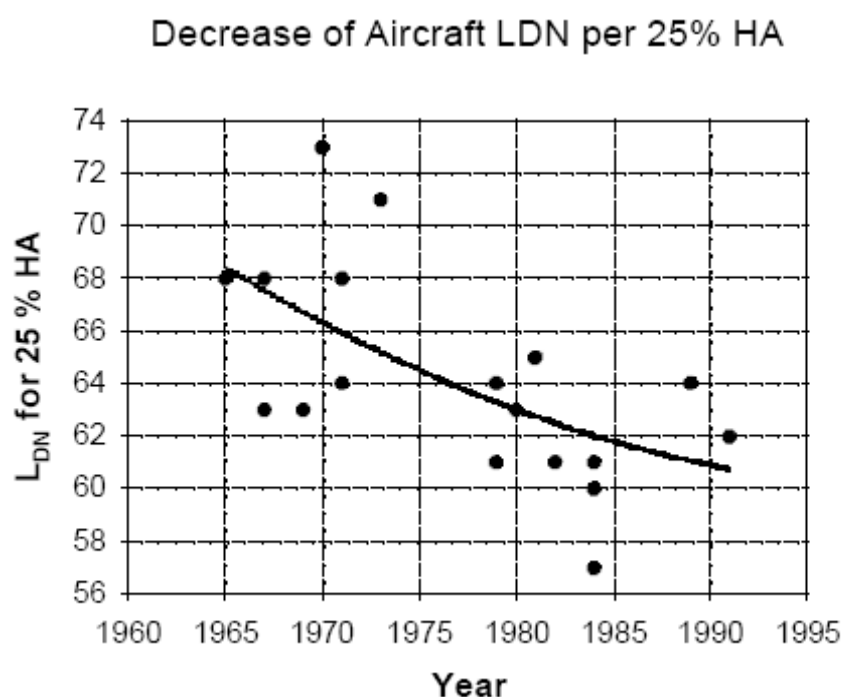


Figur 7. Procent mycket störda (HA= Highly Annoyed) av olika trafikslag (Miedema & Oudshoorn, 2001). Kriterium mycket störd = de 28% starkaste rapporterade störningarna

Flygbuller är överlag mer störande än vägtrafikbuller, som i sin tur är mer störande än tågbuller. Varför det är så är inte utrett. En akustisk hypotes är att flygbullrets högre grad av fluktuationer och större spridning i ljudnivåerna kan spela en roll (Hygge, 2003). En mer psykologisk hypotes är att människor är rädda för att flygplan skall falla ned och att de fluktuerande ljudnivåerna gör det svårt att avgöra när planer passerat och faran är över.

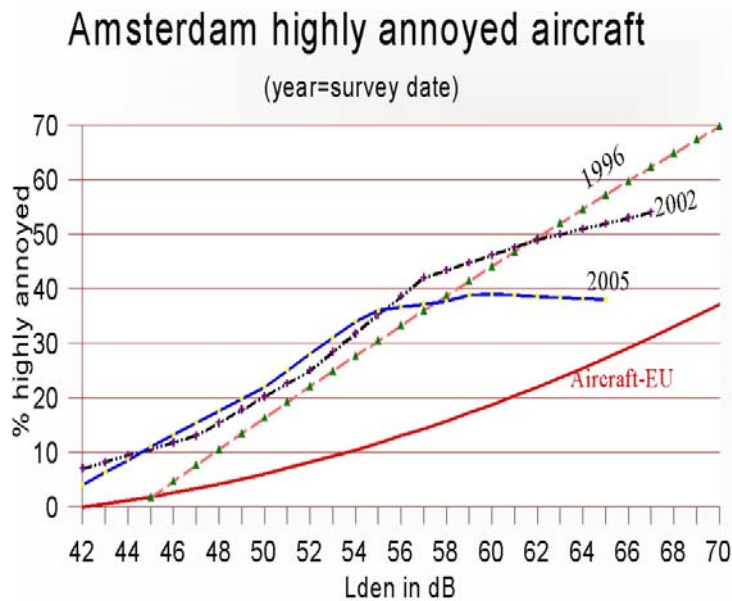
I Miedema & Oudshoorn (2001) redovisas också vilken betydelse ålder spelar för störningsreaktionen. Störningsreaktionen är starkast för människor omkring 50 år och minskar något både med stigande och fallande ålder.

Under senare år har viss kritik riktats mot representativiteten och generaliteten i dos-effektkurvorna för flygbullerstörning hos Miedema & Oudshoorn (2001). Guski (2003) presenterade figur 8, som t ex visar att 1965 behövdes 68 L_{dn} för 25% mycket störda, medan värdet för 1990 är ca 61 L_{dn} . Miedema & Oudshoorn (2001) motsvarar (Figur 6 ovan) 25% mycket störda ca 65 L_{den} .

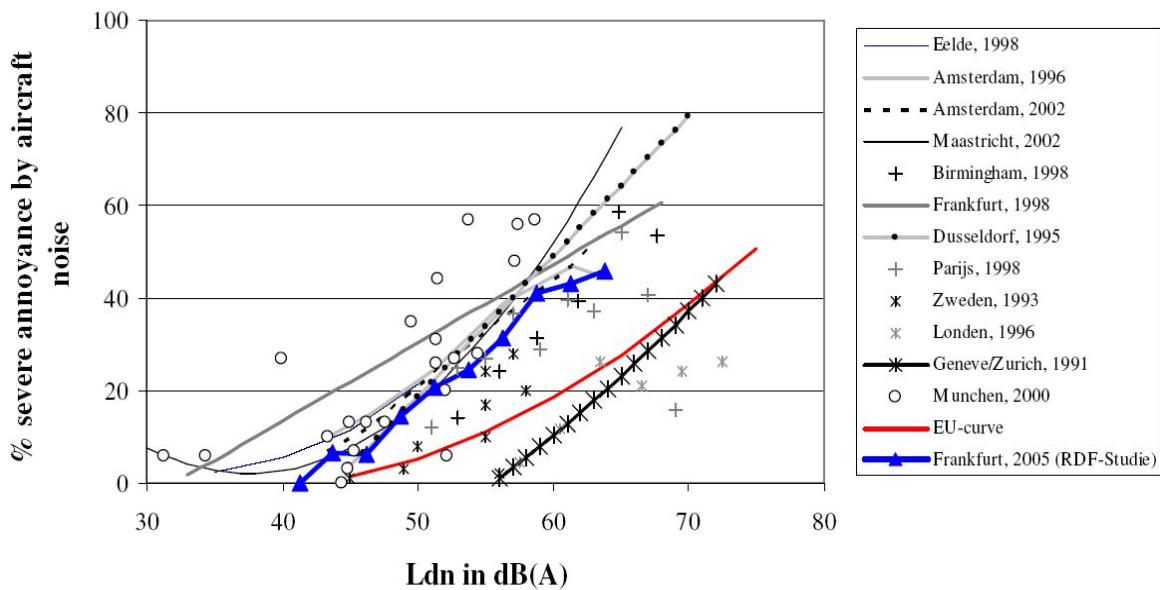


Figur 8. Sammanfattning av några studier om flygbullerstörning 1965-90 (Guski, 2003)

Knol & Staatsen (2005) har hävdats att några studier från Schipholflygplatsen inte tagits med i Miedemas underlag och vid ett arbetsmöte i början av 2007 presenterade van den Berg (2007) bl a utifrån Kempen & van Kamp (2005) data från nyare studier runt stora flygplatser i Europa några som indikerar att där finns exempel på flygplatser där störningsreaktionen är väsentligt större än vad figur 7 indikerar. Se figur 9 och 10! (Den observante läsaren kan notera att linjerna för Amsterdam 2002 i figur 9 och 10 något olika. Ett skäl är anpassningen till en rät linje i figur 10, men ej i figur 9. Ett annat skäl är något olika dosmått på x-axlarna).



Figur 9. Sammanfattning av nyare störningsstudier runt Amsterdams flygplats (van den Berg, 2007)



Figur 10. Sammanfattning av relativt nya störningsstudier runt några olika flygplatser (van den Berg, 2007) – (också URL:[http://www.dfl.de/Downloads/RDF_060926_Belaestigungsstudie\(Kurz\).pdf](http://www.dfl.de/Downloads/RDF_060926_Belaestigungsstudie(Kurz).pdf))

I en kommentar till Knol och Staatsen menar Miedema (e-brev 2007-02-23) att det med nyare studier från flygplatser i Amsterdam, Frankfurt och Zürich börjat bli klarare att störningsreaktioner till flygbuller blivit starkare de senaste 10-15 åren, och att den ökningen förefaller vara avgränsad till flygbuller. Därför kommer det troligen att bli nödvändigt att åtminstone se över och kanske revidera tidigare publicerade dos-effektkurvor.

Uppdatering

I en sammanfattning av de senaste årens (2003-2008) forskning om buller och allmän störning pekade Gjestland (2008) bl a på att nyare studier av flygbuller (t ex Yano et al., 2007) redovisar högre störningsnivåer från flygbuller än vad tidigare studier visat och högre värden än vad EU antar (Miedema & Oudshoorn, 2001). Gjestland menar att ekvivalentnivåer (L_{den} och L_{night}) inte säger hela sanningen om störning vid exponering för flygbuller, och att exponeringssituationen från flygbuller har ändrats väsentligt under de senaste tio åren så att nu fler men tystare flygplanshändelser ligger bakom ekvivalentnivån.

I frågan om de nyare studier runt stora flygplatser i Europa och en möjlig höjning av den allmänna störningsnivån från flygbuller, är det ännu inte utrett huruvida och i så fall varför det har skett en reell höjning av andelen störda vid en given L_{den} -nivå. Så har t ex Brooker (2008) hävdad att det statistiska underlaget för en höjning är svagt och kan helt enkelt bero av skillnader i sampling och metodik mellan studierna. Där finns också en hypotes om att eftersom moderna flygplan är tystare än gårdagens plan, så är en given bullerdos uppbyggd på fler flygplanshändelser, och att antalet flygplanshändelser, också vid konstanthållen dos, kan öka störningsreaktionen (Gjestland, 2008) eftersom det sker en minskning av antalet tysta perioder. Frågan om det finns en reell höjning av störningsreaktioner från gamla till nya flygbullerstudier är ställd, men ännu inte tillfredställande besvarad.

Miedema (2007) diskuterar några skäl till varför flygbuller är mer störande än t ex buller från vägtrafik och visar att en uppdelning av rädsla (fear) i tre kategorier motsvarar en skillnad 19 dBA i L_{den} mellan den högsta och lägsta kategorin av rädsla. Rädsla är vanligare i samband med exponering för flygbuller än för tågbuller. Som skäl till den extra rädslan för flygbuller, som adderar till störningsupplevelsen, anger Miedema samtidig bullerexponering mot bostadens alla sidor och risken för olyckor.

Några komplikationer och reflexioner om störning

Kombinerade ljudkällor. Att exponeras för buller från två källor kan öka allmän störning vid en given (sammanlagd) ljudnivå. Öhrström, Barregård, Andersson et al. (2007) fann att en samtidig exponering för buller från spårburen trafik och från vägtrafik ger större allmän störning vid samma $L_{Aeq, 24h}$ än att bara utsättas för den ena eller den andra av de två bullerkällorna. Det är, vad jag vet, inte särskilt utrett hur motsvarande störningsreaktioner till kombinerade ljudkällor med t ex flygbuller och vägtrafikbuller uppför sig.

Natttillägget på +10 dB. I ett arbete av Miedema, Vos och de Jong (2000) undersöktes med data från bl a Schiphols flygplats hur berättigat det är att ha ett strafftillägg på 10 dB för nattflygningar kl 23-07. Analyserna gav ett starkt stöd för tillägget 10 dB för nattflyg.

Överkompensering. Vid en förändring av ljudnivån från flygtrafik runt en flygplats kan man inte räkna med att enkelt gå in i det fasta tillståndets dos-effektkurvor i figur 6 och 7 och läsa av vilken störningsgrad den nya ljudnivån resulterar i. Skälet till detta är att kurvorna i fig 6 och 7 är framtagna för fasta tillstånd i tvärsnittstudier där olika människor utsatts för olika bullerdoser under längre tid. När samma individer utsätts för förändringar i bullerdoser i längdsnittstudier gäller andra relationer. Raw & Griffiths (1985) redovisade att en ökning (eller minskning) av ljudnivån kan ge upp till 50 % mer ökning (eller minskning) än vad som kan prediceras från det fasta tillståndets dos-effektkurva. Hur länge den överkompenseringen består innan den går över till det fasta tillståndets störningsnivåer är inte känt.

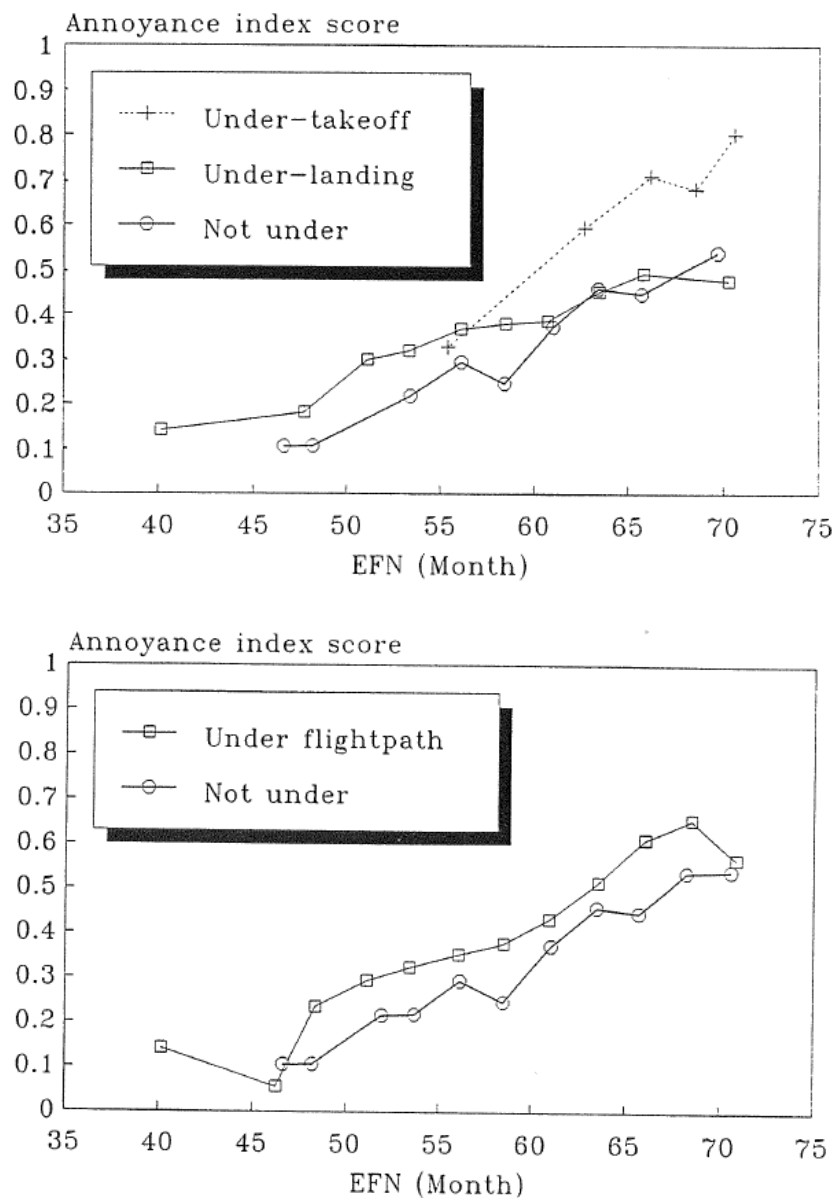
Öhrström & Skånberg (2006) redogör för studier av tåg- och vägtrafikbuller där jämförelser gjorts mellan stabila och förändrade exponeringsförhållanden. Deras sammanställning indikerar att förändringar till en högre ljudnivå ger upphov till mer störning, i några fall till avsevärt mer störning, än vad som kunde förväntas utifrån stabila exponeringsförhållanden och de samband som Miedema & Oudshoorn (2001) lagt fram (se figur 6 och 7 på s. 20 ovan).

Brown & van Kamp (2008) ställde samman ett antal studier om flygbuller och vägtrafikbuller och jämförde storleken på förändringen i störning från före till en ändring i ljudexponeringen. För vägtrafikbuller fanns det stöd för en överkompensering, men ej för flygbuller. I sin förklaring till skillnaden i kompensering mellan vägtrafik och flygtrafikstudier avfärdar de att bullerkällorna skulle spela någon roll, men att förändringar i flygbullernivå oftare än förändringar vägtrafikbullernivåer, generellt sett är små, gradvisa och temporära.

Rädsla och känslighet. Miedema & Vos (1999) gick i en större studie (N = 15 000 - 42 000) igenom ett antal demografiska variabler och attitydvariabler och fann bl a att rädsla för flygplansolycka och självrapporterad bullerkänslighet var de klart starkaste förstärkarna av störningsreaktionerna med upp till motsvarande 10-20 dB ökning. Demografiska variabler hade långt mindre additions-subtraktionseffekt.

Start och landning. Starter orsakar mer störning än landning vid samma ljudnivå (Gjestland et al., 1990), se figur 11, den övre grafen.

Rakt under eller bredvid flygvägen. Flygplan som har sin flygväg rakt över de boende ger vid samma ljudnivå som plan som har sin flygväg vid sidan av, en förhöjd störning som motsvarar 5-6 dB (Gjestland et al., 1990). Se figur 11, den nedre grafen.



Figur 11. Störning under start och landning, och under och bredvid flygvägen (Gjestland et al. 1990)

Attityder. Bugge, Gjestland, Liasjø & Granøien (1991) fann att personer med flygrelaterat arbete hade motsvarande 6 dB mindre störning från samma ljudnivå som de personer som inte hade flygrelaterade arbeten. Fields (1993) fann dock inget stöd för en sådan hypotes i sin genomgång av 18 olika studier.

Slutsatser störning

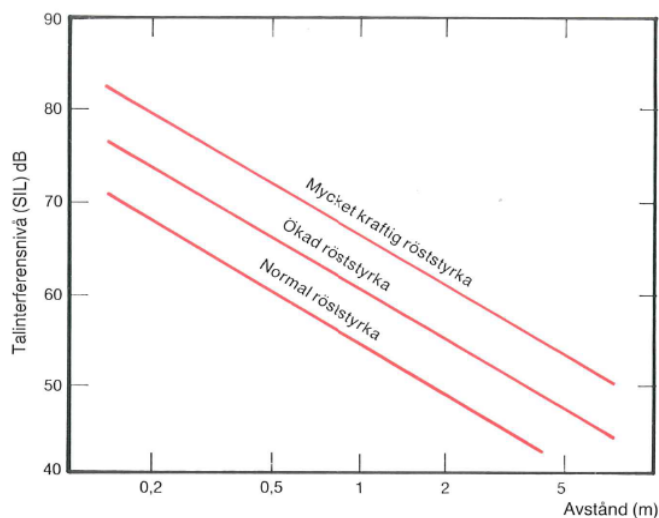
Det finns starka genomsnittliga dos-effektsamband mellan buller och störning och flygbuller stör mer än buller från vägtrafik och tåg. Individkaraktistika har dock betydelse för alla slags effekter av buller. Störningsreaktioner kan vara mycket varierade och beror i stor utsträckning på icke akustiska faktorer, som vilken aktivitet som störs, hur bullerkänslig individen är, hur rädd individen är för t ex flygolyckor, samt ålder. Till detta skall också läggas andra besläktade, psykologiska orsaksvariabler, som bullrets förutsägbarhet.

Flygbuller har troligen en mindre grad av förutsägbarhet än t ex vägtrafikbuller som i sin tur troligen har mindre förutsägbarhet än tågbuller. Förutsägbarheten har dels att göra med när bullerhändelsen börjar, dels med när bullret övergår från att närma sig till att fjärma sig. Det finns skäl att tro den osäkerhetsgraden är större för flygbuller än för vägtrafikbuller.

Talkommunikation

En vanlig metod att bestämma graden av störd talkommunikation är talinterferensnivån (Speech Interference Level, SIL) (ISO/TR3352, 1974; ISO/CD9921-1, 1991).

Talinterferensnivån definieras som det aritmetiska medelvärdet av bullrets oktavbandsnivåer vid 500, 1000, 2000 och 4000 Hz. När talinterferensnivån uppgår till högst 50 dB anses en acceptabel talkommunikation kunna ske på drygt en meters avstånd med användande av normal talstyrka. Ett beräknat samband mellan talinterferensnivå och avstånd mellan talare



och lyssnare, under ett antal villkor om frekvenssammansättning, temporal fördelning mm,

visas i figur 12.

Figur 12. Samband mellan talinterferensnivå och avstånd mellan talare och lyssnare vid skilda röststyrkor (Arbetsstyrelsen, 1981)

En av begränsningarna med Speech Interference Level (SIL) är dock att det utvecklats för bullerkällor med relativt konstant ljudnivå. Måttet är därför inte lämpat för en typisk överflygning med ett flygplan.

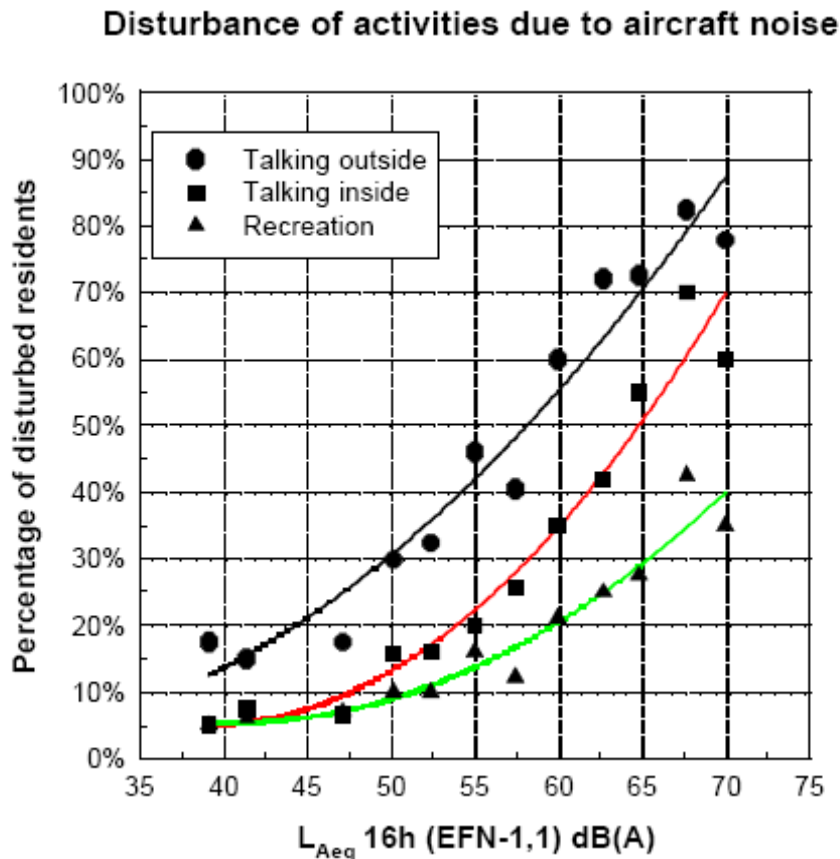
Ekvivalentnivåbaserade dosmått (L_{Aeq} , L_{den} , FBN, SEL) är inte heller särskilt användbara storheter för att bedöma talstörning från flygbuller. En enda bullrig överflygning kan störa talkommunikation mer än tjugo mindre bullriga som sammantaget ger samma ekvivalentnivå. Detta gäller också SEL. En långsam överflygning med måttlig bullernivå kanske inte stör talkommunikation alls medan en kortvarigare, mycket bullrig kan störa mycket trots samma SEL.

Med utgångspunkt i typiska spektra och fluktuationsförlopp för buller från gatu-, motorvägs- och järnvägstrafik (Arlinger, 1999; Nordtest Method NT, 1987) kan man beräkna att en A-vägd trafikbullernivå på ca 55 dB under det pågående samtalet representerar gränsen för en acceptabel talkommunikation (se begränsningar s 28). Denna störnivå beräknas ge ca 95 % taluppfattbarhet för normalt sammanhängande tal på ca en meters avstånd, vilket anses som acceptabelt för fungerande talkommunikation. Med andra ord: under den tid störnivån överskrider 55 dBA reduceras taluppfattningen till lägre värde än 95 % för att vid bakgrundsljudnivåer på ca 70-75 dBA och högre vara noll.

Det finns inga genomarbetade sammanfattningar av hur just flygbuller påverkar talkommunikation, men utifrån bedömningen att flygbuller och vägtrafikbuller med samma A-vägda ljudtrycksnivå inte skiljer sig mycket åt ifråga om frekvensspektrum och fluktuationsgrad, så gäller också för flygbuller att ca 55 dBA representerar övre gränsen för en acceptabel talkommunikation.

Utifrån ett antagande om att en bostad har en genomsnittlig ljuddämpning på 25 dBA med stängda fönster och 15 dBA med fönster öppet på glänt, kommer någon grad av störning av talkommunikation alltid att ske under den tid utomhusnivån överstiger 70 dBA med öppna fönster och 80 dBA med stängda fönster.

Hur mycket talkommunikation störs uppmätt med ett talinterferensindex som SIL, är inte direkt översättbart till självrapporter om hur många som anser sig störda vid samtal vid olika ljudnivåer från flygbuller. Därför har figur 13 ett visst intresse även om den bara är ett



exempel. Samtal utomhus, jämfört med samtal inomhus, upplevs störas mer av flygbuller.

Figur 13. Rapporterad störning vid rekreation och samtal utom- och inomhus. Data från Gjestland et al. (1990), figuren från Guski (2003)

Slutsatser talkommunikation

För flygbuller representerar ca 55 dBA en övre gräns för en acceptabel talkommunikation.

Valet av nivån 55 dBA är baserat på förutsättningarna:

- avståndet talare-lyssnare är ca en meter
- lyssnaren befinner sig framför talaren
- lyssnaren har normal hörsel
- lyssnaren är i åldersintervallet ca 15-55 år
- talkommunikationen sker på ett språk som är både talarens och lyssnarens modersmål

När ovanstående betingelser inte är uppfyllda gäller att:

- lyssnare med hörselnedsättning behöver upp till ca 10 dB lägre bullernivå
- lyssnare som är äldre än 55 eller yngre än 15 år behöver upp till 5 dB lägre bullernivå

- annat språk än det egna modersmålet (gäller sannolikt även syntetiskt tal) kräver upp till 5 dB lägre bullernivå

I princip kan faktorerna hörsel, ålder och språk betraktas som oberoende. Detta innebär att en äldre hörselskadad invandrare kan behöva upp till 20 dB lägre bullernivå för acceptabel taluppfattning jämfört med en ung normalhörande svenskfödd person.

Ca 10 % av Sveriges befolkning uppskattas ha hörselnedsättning av sådan omfattning att den har social betydelse. I storleksordningen 10 % av befolkningen har annat språk än svenska som modersmål. Ca 46 % av Sveriges befolkning är under 15 år eller över 55 år. Det betyder att troligen mer än halva befolkningen behöver bakgrundsljudnivåer som är lägre än 55 dBA för att förstå vad som sägs i ett samtal.

För inläring i skolan av talat material finns ännu inga studier, men det kan antas att externt trafikbuller spelar en negativ roll, både som maskering av det läraren säger, men också för att minnesprocesser försämras av buller.

Inläring och kognition hos barn

I sammanställningen i Tabell 2 anges nedsatt kognitiv prestation som (impaired cognitive performance) som ett effektområde där begränsad, men ej tillräcklig evidens är för handen.

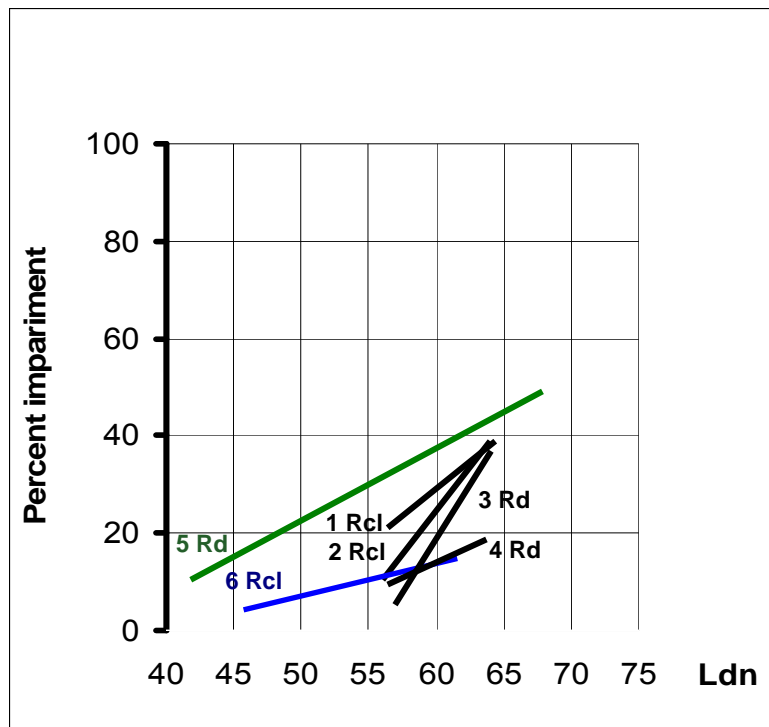
I ett arbetsdokument för WHO (2009) från tre fältstudier presenterade Hygge (2009) ett försök till dos-effektberäkningar från tre fältstudier om bullerpåverkan på barns minne och läsförmåga. De sammanfattas i figur 14.

I Hygge, Evans & Bullinger (2002) undersöktes ca 350 barn i en longitudinell prospektiv studie före och efter det att Münchens gamla flygplats lades ned 1992 och en ny flygplats utanför staden togs i bruk. Från Stansfeld et al. (2005) (RANCH-studien) redovisas tvärsnittsdata om läsförmåga för > 2 800 barn runt flygplatserna London Heathrow, Amsterdam Schiphol och Madrid Barajas. I Lercher, Evans & Meis (2003) undersöktes barn som exponerats för vägtrafikbuller och tågbuller. Som visas i figur 14 är lutningen på dos-effektkurvan i Lercher et al. (2003) något lägre än för de två andra studierna. En möjlig orsak är det ofta konstaterade förhållandet att flygbuller generellt sett är mer störande än samma dos vägtrafikbuller.

Genomsnittet för lutningen på regressionslinjen (som bygger på ett antal antaganden som inte redovisas här) från de två studierna med flygbuller är ca 2.5% per dB ned till ca 45-50 dB där

ingen säkerställd effekt belagts. Detta skulle alltså motsvara en 25% förbättring om ljudnivån sänktes med 10 dB. Dock, beräkningar från ett fåtal studier skall tas med en nypa salt, men också hälften av nedsättningen av läsning och minne är en icke försumbar förbättring.

I sammanhanget kan det noteras att laboratorieexperiment (se Boman, Enmarker & Hygge, 2005; Hygge, 2003) med kortvarig bullerexponering ger effekter på minne som i storlek mycket liknar dem från fältstudierna



Figur 14. Dose-effect curves from epidemiological studies. Rd = Reading, Rcl = memory, recall

- 1 Recall, children, old airport, Hygge et al. (2002)
 - 2 Recall, children, new airport, Hygge et al. (2002)
 - 3 Reading, children, old airport, Hygge et al. (2002)
 - 4 Reading, children, new airport, Hygge et al. (2002)
 - 5 Reading, children, Stansfeld et al. (2005)
 - 6 Free recall, children, Lercher et al. (2003)
- 1-5 = aircraft noise, 6 = road traffic/rail road noise

Slutsatser inläring och kognition hos barn

Även om studierna är få finns det fog för slutsatsen att barns minne, inläring och läsförmåga försämras av kronisk bullerexponering och särskilt exponering för flygbuller. Utifrån figur 14 är det rimligt att dra slutsatsen att vid L_{dn} -värden på 60 eller däröver är påverkan barns minne och läsförmåga inte försumbar.

Sammanfattande slutsatser

Några av slutsatserna om effekter av flygbuller kan formuleras som i tabellen nedan.

Tabell 7. Några generella slutsatser om bullerdoser och effekter. Procentsatserna för andelen störda är ungefärliga och avrundade från figur 6 och 7. Värden är troligen också i underkant i ljuset av de nyare studier som refereras på s. 20 ff.

Dosmått	Typ av effekt	Svar
L_{\max} 70	Störning Talkommunikation Andra hälsoproblem (kardiovaskulära och sömnstörningar)	1. Om $L_{\text{den}} \leq 55$: vissa störningsproblem, talkommunikationsproblem för normalhörande och andra hälsoproblem 2. Om $L_{\text{den}} \geq 55$: omfattande störnings-, talkommunikations- och andra hälsoproblem Effekten beror också av antal händelser och tidpunkt
L_{\max} 80	Störning Talkommunikation Andra hälsoproblem (kardiovaskulära och sömnstörningar)	Om $L_{\text{den}} > 55$ mycket omfattande störnings-, talkommunikations- och andra hälsoproblem Effekten beror också av antal händelser och tidpunkt
L_{den} 55	Störning Kardiovaskulära problem	Ca 30% störda, ca 10% mycket störda Begynnande risk för kardiovaskulära problem
L_{den} 60	Störning Barn - inlärning och kognition	Ca 35% störda, ca 15% mycket störda Påbörjad försämring av barns minne, inlärning och läsförmåga
L_{den} 65	Störning Kardiovaskulära problem	Ca 50% störda, ca 30% mycket störda Ökad risk för kardiovaskulära problem
$L_{\text{night, outside}}$	Sömnstörningar Kardiovaskulära problem	Om $L_{\text{night, outside}} > 40$, trolig ökad risk för sömproblem hos en normalbefolkning och vid lägre ljudnivåer för känsliga grupper Om $L_{\text{night, outside}} > 50$, trolig ökad risk för kardiovaskulära problem

Påpekande. I Hygge (2007) finns en motsvarande tabell med bl termen *komfort*, men i tabell 7 har den termen ersatts med andra effektbeteckningar.

Referenser

- Arbetskyddsstyrelsen (1981). *Buller och bullerbekämpning*. Stockholm: Arbetskyddsstyrelsen.
- Arlinger, S. (1999). Störning av talkommunikation. I U. Landström (Ed.), *Störande buller – Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation*. Arbetslivsinstitutet, Solna. *Arbete och Hälsa*, 1999:27.
- Aydin, Y., & Kaltenbach, M. (2007). Noise perception, heart rate and blood pressure in relation to aircraft noise in the vicinity of the Frankfurt airport. *Clinical Research in Cardiology*, 96, 347–358. (URL 2009-02-10 DOI 10.1007/s00392-007-0507-y)
- Babisch, W. (2006a) *Transportation noise and cardiovascular risk, Review and synthesis of epidemiological studies, Dose-effect curve and risk estimation*. *WaBuLu-Hefte 01/06*. (URL 2009-02-22: http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennummer&Suchwort=2997). Dessau, Umweltbundesamt.
- Babisch, W. (2006b) Transportation noise and cardiovascular risk: Updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased. *Noise & Health*, 8, 1-29.
- Babisch, W. (2008) Road traffic noise and cardiovascular risk. *Noise & Health*, 10, 27-33.
- Babisch, W. (2009) Environmental noise and cardiovascular disease. I WHO Guidance for health risk assessment of environmental noise. Arbetsdokument WHO, Bonn.
- Barregård, L., Bonde, E. & Öhrström, E. (2009). Risk of hypertension from exposure to road traffic noise in a population-based sample. *Occupational and Environmental Medicine*, [doi:10.1136/oem.2008.042804](https://doi.org/10.1136/oem.2008.042804)
- Basner, M., & Griefahn, B. (2009) Environmental noise and sleep disturbance. In WHO (2009). Guidance for health risk assessment of environmental noise. Arbetsdokument WHO, Bonn. (European Centre for Environment and Health Bonn Office)
- Basner, M., Samel, A. & Iserman, U. (2006). Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119, 2772-2784.
- Boman, E., Enmarker, I., & Hygge, S. (2005). Strength of noise effects on memory as a function of noise source and age. *Noise & Health*, 7, 11-26.
- Bonde, E., Öhrström, E., Svensson, E., Ångerheim, P., & Barregård, L. (2005). Undersökning av hypertoni-förekomst vid exponering för tåg- och vägtrafikbuller i Lerum. Västra Götalandsregionen, Miljömedicinskt Centrum. (http://sahlgrenska.se/upload/SU/omrade_sahlgrenska/medicin/Arbets-%20och%20milj%C3%B6medicin/VMC/rapporter/Hypertoni_Lerum.pdf?epslanguage=sv)
- Brooker, P. (2008). Do people react more strongly to aircraft noise today than in the past? *Applied Acoustics*, Article in press Science Direct, [doi:10.1016/j.apacoust.2008.08.008](https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2008.08.008)
- Brown, L., & van Kamp, I. Estimating the magnitude of the change effect. In S.Lindemann (Ed.), 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods, CT, CD ISBN 978-3-9808342-5-4.
- Bugge, J.J., Gjestland, T., Liasjø, K.H., & Granøien, I.L.N. (1991). Preliminary results from a study of community response to noise from military aircraft exercise. In A. Lawrence (Ed.), *Proceedings of Inter-Noise 91. Vol. 1* (pp. 203-211). Sydney, Australia Dec 2-4, 1991. Sydney: Australian Acoustical Society.
- Eberhardt, J.L., & Axelsson, K.R. (1987). The disturbance by road traffic noise of the sleep of young male adults, as recorded in the home. *Journal of Sound and Vibration*, 114, 417-434.

-
- Eriksson, C., Rosenlund, M., Pershagen, G et al. (2007). Aircraft noise and incidence of hypertension. *Epidemiology*, 18, 716-721.
- European Commission,(2002). Position paper on dose response relationships between transportation noise and annoyance. (URL 2009-03-22 - http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/noise_expert_network.pdf)
- Fields, J.M. (1993). Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93(5), 2753-2763.
- Gjestland, T. (2008). Research on community response to noise – in the last five years. In S. Lindemann (Ed.), 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods, CT, CD ISBN 978-3-9808342-5-4.
- Gjestland, T., Liasjø, K.H., Granøien, I.L.N., & Fields, J.M. (1990). *Response to noise affects around Oslo airport Fornebu*. Oslo: Civil Aviation Administration - Elab Runit Report STF A90189.
- Guski, R. (2003). *Fluglärm-Reaktionen der Bevölkerung in der Umgebung von Flughäfen*. BVF-Tagung Mörfelden 2003.
- Haralabidis, A.S., Dimakopoulou, K., Vigna-Taglianti F., et al. (2008) Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports. *European Heart Journal Advance Access published online on February 12, 2008* , *European Heart Journal*, doi:10.1093/eurheartj/ehn013
- Health Council of the Netherlands (1994). Health Council of the Netherlands: Committee on Noise and Health: Noise and Health. The Hague: Health Council of the Netherlands. 1994; 1994/15E. (URL 2009-02-10: <http://www.gezondheidsraad.nl/pdf.php?ID=1088&p=1>)
- Health Council of the Netherlands (1999). Health Council of the Netherlands: Committee on the Health Impact of Large Airports. Public health impact of large airports. The Hague: Health Council of the Netherlands. 1999; 1999/14E. (URL 2009-02-10 <http://www.gezondheidsraad.nl/pdf.php?ID=19&p=1>)
- Hume, K (2008). Sleep disturbance due to noise: Research over the last and next five years. In S. Lindemann (Ed.), 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008, Foxwoods, CT, CD ISBN 978-3-9808342-5-4.
- Hygge, S. (2003). Classroom experiments on the effects of different noise sources and sound levels on long-term recall and recognition in children. *Applied Cognitive Psychology*, 17, 895-914.
- Hygge, S. (2007). Kunskapsläget om effekter av flygbuller på människor. Rapport för LfV.
- Hygge, S. (2009). Environmental noise and cognitive impairment in children. I WHO Guidance for health risk assessment of environmental noise. Arbetsdokument WHO, Bonn .
- Hygge, S., Evans, G.W., & Bullinger, M. (2002). A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in school children. *Psychological Science*, 13, 469-474.
- ISO/CD 9921-1, (1991). Ergonomic assessment of speech communication - Part 1: Speech interference level and communication distances for persons with normal hearing capacity in direct communication. International Organization for Standardization, TC 159, Geneva (Draft).
- ISO/TR3352, (1974). Acoustics - Assessment of noise with respect to its effect on the intelligibility of speech. International Organization for Standardization, Geneva.
- Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D. et al. (2008) Hypertension and exposure to noise near airports - The HYENA study. *Environmental Health Perspectives*, 116, 329-333.
- Kempen, E.E.M.M., & van Kamp, I. (2005). Annoyance from air traffic noise. Possible trends in exposure-response relationships. Report Nr. 01/2005 MGO Evk. (RIVM, Bilthoven)
- Knipschild, P. (1977). Medical effects of aircraft noise: community cardiovascular survey. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 40, 185-190.

-
- Knol, A.B. & Staatsen, B.A.M. (2005). Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands 1980 - 2020. RIVM report 500029001/2005.
- Lercher, P., Evans, G.W., & Meis, M. (2003) Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren, *Environment and Behavior*, 35, 725-735.
- Matsui, T., Uehara, T., Miyakita, T., Hiramatsu, K., Osada, Y., & Yamamoto, T. (2001). Association between blood pressure and aircraft noise exposure around Kadena airfield in Okinawa. In: Boone R, (Ed). *Internoise 2001*. Proceedings of the 2001 International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, The Hague, Vol. 3. Maastricht: Nederlands Akoestisch Genootschap. p 1577-1582.
- Matsui, T., Uehara, T., Miyakita, T., Hitamatsu, K., Osada, Y., & Yamamoto, T. (2004). The Okinawa study: effects of chronic aircraft noise on blood pressure and some other physiological indices. *Journal of Sound and Vibration*, 277, 469-470.
- Michaud, D.S., Fidell, S., Pearsons, K., Campbell, K.C., & Keith, S.E. (2007). Review of field studies of aircraft noise-induced sleep disturbance. *Journal of the Acoustical Society of America*, 121, 32-41.
- Miedema, H.M.E. (2007). Annoyance caused by environmental noise: elements for evidence-based noise policies. *Journal of Social Issues*, 63, 41-57.
- Miedema, H.M.E. & Oudshoorn, C.G.M (2001). Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives* 109(4), 409-416.
- Miedema H.M.E, & Vos H. (1998). Exposure-response relationships for transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 104(6), 3432-3445.
- Miedema, H.M.E. & Vos, H. (1999). Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105(6), 3336-3344.
- Miedema, H.M.E., Vos, H. & de Jong, R. (2000) Community reaction to aircraft noise: Time-of-day penalty and tradeoff between levels of overflights. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107(6), 3245-3253
- Miljöhälsorapport (2005). *Miljöhälsorapport 2005*. Socialstyrelsen, Institutet för Miljömedicin, Stockholms läns landsting. Stockholm.
- Nordtest Method NT ACOU 061 (1987). Windows: Traffic noise reduction indices. Nordtest, Esbo, Finland.
- Ollerhead, J.B., Jones, C.J., Cadoux, R.E. et al. (1992). *Report of a field study of aircraft noise and sleep disturbance*. London: Department of Safety, Environment and Engineering.
- Passchier-Vermeer, W. (1994). *Sleep disturbance due to nighttime aircraft noise*. Dutch TNO-PG publication 94.077.
- Raw, G.J., & Griffiths, I.D. (1985). The effect of changes in aircraft noise exposure. *Journal of Sound and Vibration*, 101, 273-275.
- Rosenlund M, Berglind N, Pershagen G, Järup L, & Bluhm G. (2001) Increased prevalence of hypertension in a population exposed to aircraft noise. *Occupational and Environmental Medicine*, 58, 769-773.
- Schultz, T.J. (1978). Synthesis of social surveys on noise annoyance. *Journal of the Acoustical Society of America* 74, 1764-1772.
- Schreckenber, D., & Meis, M. Noise annoyance around an international airport planned to be extended. In, *Internoise 2007 - 36th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, Istanbul, Turkey, 28-31 August 2007*.

-
- Selander, J., Nilsson, M.E., Bluhm, G. et al. (2009). Long-term exposure to road traffic noise and myocardial infarction. *Epidemiology*, 20, 272-279.
- Stansfeld, S. A., Berglund, B., Clark, C., Lopez-Barrio, I., Fischer, P., Öhrström, E., et al. (2005). Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: A cross-sectional study. *Lancet*, 365, 1942-1949
- Vallet, M., Ganeux, J.M., Clariet, J.M., Laurens, J.F. & Letisserand, D. (1983). Heart rate reactivity to aircraft noise after a long term exposure. In G. Rossi (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Health Problem. Vol. 2.* (pp. 965-971). Milano, Italy: Centro Ricerche e Studi Amplifon.
- van den Berg, M. (2006). *Night noise guidelines - Guidelines and recommendations*. Paper presented WHO final conference 14-12-2006, Bonn.
- van den Berg, M. (2007) Update dose-effect relations for annoyance for aircraft noise. Paper presented at Steering group on noise 24-1-2007. InterNoise 2007 p 135
- van Kempen E.E.M.M., Kruijze, H., Boshuizen, H.C., Ameling, C.B., Staatsen, B.A.M., & de Hollander, A.E.M. (2002). The association between noise exposure and blood pressure and ischaemic heart disease: A meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 110, 307-317.
- Vargas, C.M, Burt, V.L., Gillum, R.F., & Pamuk, E.R. (1997). Validity of self-reported hypertension in the National Health and Nutrition Examination Survey III, 1988–1991. *Preventive Medicine*, 26, 678-685
- Vernet, M. (1983) Comparison between train noise and road noise annoyance during sleep. *Journal of Sound and Vibration* 87, 331-335.
- WHO (2001). WHO technical meeting on aircraft noise and health - Bonn Germany, 29 – 30 October 2001. World Health Organization Regional Office for Europe. European Centre for Environment and Health Bonn Office (URL 2009-02-10: <http://www.euro.who.int/document/NOH/aircraftnoisemtgrpt.pdf>)
- WHO (2007). Night noise guidelines (NNGL) for Europe - Final implementation report. European Centre for Environment and Health Bonn Office. (URL 2009-02-10: http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2003/action3/docs/2003_08_frep_en.pdf)
- WHO (2009). Guidance for health risk assessment of environmental noise. Arbetsdokument WHO, Bonn. (European Centre for Environment and Health Bonn Office)
- Yano, T., Sato, T., & Morihara, T. (2007). Dose-response relationships for road traffic, railway and aircraft noises in Kyushu and Hokkaido, Japan. In, *Internoise 2007 - 36th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, Istanbul, Turkey, 28-31 August 2007*.
- Öhrström, E (1995). Effects of low levels of road traffic noise during the night: a laboratory study on number of events, maximum noise levels and noise sensitivity. *Journal of Sound and Vibration*, 179, 603-615.
- Öhrström, E, Barregård, L., Andersson, E et al. (2007). Annoyance due to single and combined sound exposure from railway and road traffic. *Journal of the Acoustical Society of America*, 122, 2642-2652.
- Öhrström, E. & Rylander, R. (1982). Sleep disturbance effects of traffic noise-A laboratory study on after effects. *Journal of Sound and Vibration*, 84, 87-103
- Öhrström, E., & Skånberg, A. (2006). Litteraturstudie avseende effekter av buller och vibrationer från tåg- och vägtrafik. Sahlgrenska Universitetssjukhuset och Sahlgrenska akademien, Göteborg, Rapport 112.