

## Sammanställning flygbuller och barns hälsa

---

Swedavia är ett statligt ägt bolag som äger, driver och utvecklar tio flygplatser i hela Sverige. Vår roll är att skapa den tillgänglighet som Sverige behöver för att underlätta resande, affärer och möten – inom Sverige, i Europa och i övriga världen. För Swedavia är kundfokus, hållbar utveckling och säkerhet utgångspunkten i allt vi gör – både i den egna verksamheten och i samhället i stort.

En av många utmaningar som samhället idag möter är människors exponering för trafikbuller, där flyget är en källa. Med anledning av detta har Swedavia gett Institutet för Miljömedicin vid Karolinska institutet i uppdrag att kartlägga den befintliga forskningen rörande flygbuller och dess eventuella påverkan på barns hälsa.

Rapporten ”Flygbuller och barns hälsa” är en litteratursammanställning och granskning av den senaste forskningen på området. Vi kan utifrån den konstatera att flygbuller bedöms kunna ha en påverkan på människors hälsa, men att en eventuell hälsopåverkan beror på bullrets ljudnivåer. De studier som hittills gjorts rör endast stora flygplatser internationellt där bullernivåerna generellt är högre än i anslutning till Swedavias flygplatser.

Trots att det i dagsläget inte är helt klarlagt vilken påverkan flygbuller har på människors hälsa behöver bullerfrågan prioriteras. Därför är det viktigt att Swedavia fortsätter arbetet med att jämföra resultaten från aktuell forskning med våra lokala förhållanden och att även fortsättningsvis verka för att minska bullerexponeringen.

Redan idag gör Swedavia mycket. Vi utför bullerisoleringsåtgärder på ett stort antal fastigheter runt våra flygplatser, genom så kallade bulleravgifter premieras tystare flygplan och tillsammans med flygbolagen använder och utvecklar vi alternativa in- och utflygningssåtturer för att minska bullernivåerna.

Swedavia ska vara en drivande part i det arbete som fokuserar på att minska exponeringen av trafikbuller. I det arbetet är rapporten ”Flygbuller och barns hälsa” ett viktigt bidrag.

Lena Wennberg,  
Miljöchef, Swedavia  
[lena.wennberg@swedavia.se](mailto:lena.wennberg@swedavia.se)

*Swedavia är en koncern som äger, driver och utvecklar 10 flygplatser i hela Sverige. Vår roll är att skapa den tillgänglighet som Sverige behöver för att underlätta resande, affärer och möten. Nöjda och trygga resenärer är grunden för Swedavias affär. Swedavia är världsledande i utvecklingen av flygplatser med minsta möjliga klimatpåverkan. Koncernen omsätter drygt 5 miljarder kronor per helår och har 2 600 medarbetare.*

# Flygbuller och barns hälsa

En kunskapssammanställning gjord av Institutet för Miljömedicin,  
Karolinska Institutet, på uppdrag av Swedavia

**G. Bluhm och C. Eriksson**  
Institutet för Miljömedicin  
Karolinska Institutet  
Stockholm, september 2014



**Karolinska  
Institutet**

## **Förord**

Institutet för Miljömedicin vid Karolinska Institutet har på uppdrag av Swedavia genomfört en granskning av kunskapsunderlaget gällande flygbuller och barns hälsa. Uppdraget omfattar en sammanfattning av gällande kunskap kring hälsorisker för barn relaterade till flygbuller. Utredningen inriktar sig speciellt på allmän störning, sömnstörning, kommunikation/talförståelse, inlärning och prestation samt fysiologiska stresseffekter.

Underlaget för granskningen utgör i huvudsak etablerad kunskap relaterad till aktuella nationella och internationella vetenskapliga studier, litteratursammanställningar (reviews) och myndighetsrapporter inom ämnesområdet. Slutsatserna från granskningen sammanfattas översiktligt i föreliggande rapport.

Uppdragets ombud från Swedavia har varit Suvi Häkkinen. Från Institutet för Miljömedicin har Docent Gösta Bluhm och Med. Dr. Charlotta Eriksson varit utredningens huvudombud.

Charlotta Eriksson

Stockholm, tisdagen den 30 september, 2014

## Innehåll

SAMMANFATTNING .....	4
INLEDNING.....	5
ALLMÄN STÖRNING.....	6
SÖMNSTÖRNING .....	8
KOMMUNIKATION OCH TALFÖRSTÅELSE.....	9
INLÄRNING OCH PRESTATION .....	10
FYSIOLOGISKA STRESSEFFEKTER .....	13
REFERENSER .....	15

## SAMMANFATTNING

Sammanfattningsvis bedöms flygbuller kunna påverka barn både i hem- och skolmiljö. För sömnstörning och fysiologiska stress effekter är det dock svårt att dra några definitiva slutsatser då det samlade kunskapsunderlaget är begränsat. Samtliga ljudnivåer som refereras till avser situationen utomhus vid byggnaders/bostäders fasad om inte annat anges.

- Barns störningsgrad till följd av flygbuller i skolmiljö uppvisar exponering-responssamband med i genomsnitt 5,5 % störda vid 50 dB(A)  $L_{eq, 16h}$  och 12,1 % störda vid 60 dB(A)  $L_{eq, 16h}$ . Sambanden är likvärdiga om bullret förekommer i barnens hemmiljö. Dock rapporterar barn något mindre störning till följd av buller än vuxna, i synnerhet vid högre bullernivåer. Barn som störs av buller riskerar att uppleva koncentrationssvårigheter, irritation, nedstämdhet och initiativlöshet.
- Flygbuller påverkar sannolikt barns sömnkvalitet, både kvantitativt och kvalitativt. Dock saknas i stort sett studier av dessa samband helt. I avvaktan på bättre kunskapsunderlag bör försiktighetsprincipen vara rådande. Denna bedömning grundar sig på samband som påvisats mellan flygbuller och sömn hos vuxna samt att barn generellt anses vara en särskilt känslig grupp.
- Flygbuller, liksom annat trafikbuller, kan maskera tal och därmed försvåra möjligheterna att föra samtal vilket inverkar negativt på barns kommunikation. Psyko-akustiska studier visar att barns taluppfattning påverkas mer än vuxnas i dåliga talförhållanden och barn under språkinläring anses särskilt utsatta. I skolor och förskolor rekommenderar WHO att den totala medelljudnivån inomhus i klassrum under lektionstid bör hållas under 35 dB(A).
- Beskrivna studier om inläring och prestation ger vid hand att exponering för flygbuller i skolmiljö kan ge upphov till åtminstone tidsrelaterad störning av barns kognitiva förmåga. Både tal- och läsförståelse kan påverkas, liksom minne, motivation och förmågan att lösa lektionsrelaterade uppgifter. Vid upphörd exponering förefaller prestationsförmågan kunna förbättras, även om det inte råder full konsensus i detta avseende.
- De studier som genomförts vad gäller fysiologiska stress effekter av flygbuller hos barn visar inte några entydiga resultat. De ökningarna som faktiskt observerats hos barnen vad gäller blodtryck och stresshormoner är små och har låg klinisk relevans men kan tolkas som fysiologiska markörer för stress. De kroniska effekterna av dessa modesta ökningarna är inte kända men generellt sett kan en förhöjd stressnivå till följd av buller hos barnen inverka negativt på deras hälsa om den kvarstår under längre tid.
- På grund av ett begränsat vetenskapligt underlag och metodologiska olikheter i studiedesign och exponeringsnivåer går det i dagsläget inte att dra några säkra slutsatser om vid vilka ljudnivåer de negativa effekterna på barns hälsa uppkommer. Om risk för barnens hälsa föreligger beror till stor del på den specifika exponeringssituationen runt en flygplats samt på andra modifierande faktorer, t.ex. byggnaders ljuddämpande egenskaper, och bör därför bedömas från fall till fall.

## INLEDNING

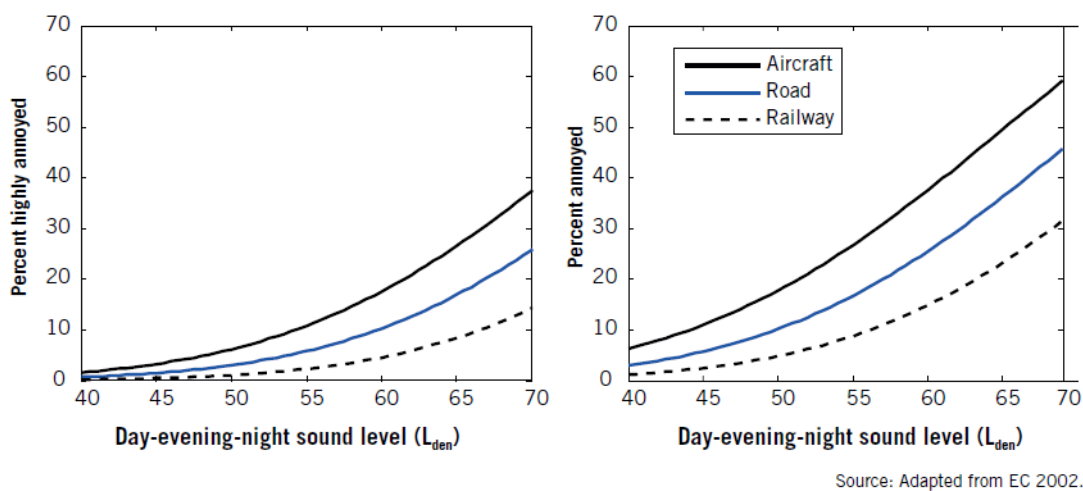
Samhällsbuller, som huvudsakligen omfattar buller från väg- spår- och flygtrafik, klassas som ett av våra större miljöhälsoproblem. Flygbuller kan upplevas särskilt besvärande beroende på dess intermittenta och oförutsägbara karaktär [1]. Besvärsupplevelser, sömnproblem, samtalsstörningar och försämrade möjligheter till vila och avkoppling är vanligt förekommande i bullerutsatta populationer, både hos vuxna och barn [2, 3]. Buller kan även ha effekter på inlärning och prestation samt leda till fysiologiska stressrelaterade symptom och därmed ge upphov till försämrad livskvalitet och hälsa. Ökande bevisning talar för att långtidsexponering för trafikbuller kan ha kroniska effekter på hjärt- och kärlsystemet hos vuxna [4].

Kartläggning av hälsoeffekter av buller grundar sig både på kliniska och epidemiologiska undersökningar och kan omfatta både objektiva mätningar, t.ex. av blodtryck och stresshormoner, samt självrapporterade besvär, t.ex. allmän störning och sömnstörning. I epidemiologiska studier används ofta enkätundersökningar vars validitet har stärkts under senare år då mer enhetligt utformade frågeformulär nu vanligen används. Kliniska, objektiva, mätningar är dock att föredra framför självrapporterade utfall. Vad gäller mått på exponeringen så har den övervägande majoriteten av studierna mätt eller beräknat ljudnivåerna utomhus vid byggnaders/bostäders fasad. Detta kan ge en oberoende felklassificering av individens exponering då ingen hänsyn tas till faktorer så som fönstertyp, fasadisolering och bostadens läge i förhållande till omgivningen. Att olika indikatorer för buller använts i de studier som bedömts försvårar tolkningen av samband med hälsoutfall ytterligare. Vidare kan epidemiologiska studier ha olika design och därmed tilldelas mer eller mindre vetenskapligt värde. Oftast värderas longitudinella studier, där deltagare följs upp under en längre tid, högre än tvärsnittsstudier, där exponering och hälsoutfall mäts vid samma tidpunkt. I denna granskning har vi inkluderat både kliniska och epidemiologiska undersökningar samt tagit hänsyn till metodik och studietyp i bedömningen av resultatens tillförlitlighet.

Flertalet hittillsvarande studier på hälsoeffekter av flygbuller har rört den vuxna befolkningen. Studier på barn har främst gällt skolmiljön och huvudinriktningen har varit undersökningar av påverkan på talkommunikation och inlärningseffekter [5]. I denna rapport görs en genomgång av aktuell kunskap kring flygbullers betydelse för barns hälsa avseende allmän störning, sömnstörning, talförståelse och kommunikation, inlärning och prestation samt fysiologiska stress effekter. Sammanställningen omfattar både hälsoeffekter i hemmiljö, i den utsträckning resultat finns tillgängliga, samt i skolmiljö.

## ALLMÄN STÖRNING

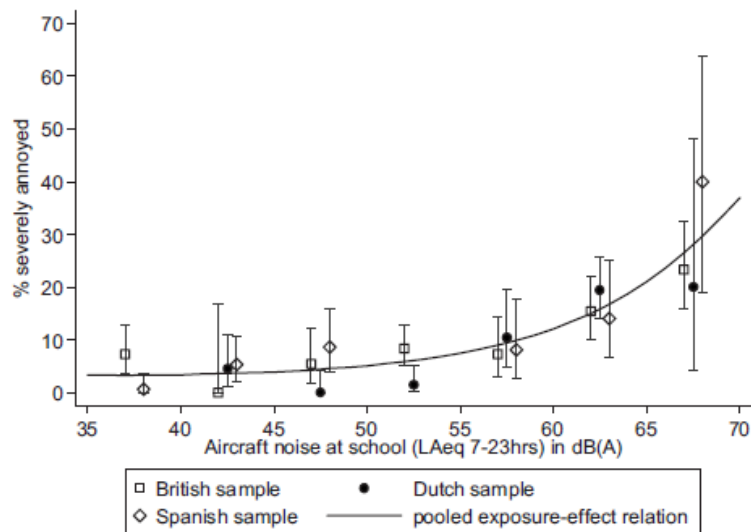
Samhällsbuller orsakas främst av transporter och buller från vägtrafik är den klart dominerande faktorn [6]. Störning mäts på befolkningsnivå numera oftast med hjälp av standardiserade enkäter. Man använder sig vanligen av den s.k ICBEN-skalan antingen som 5-gradig verbal eller 11-gradig numerisk version. Den mest genomarbetade sambandsanalysen avseende relationen mellan procentantalet störda och stigande exponeringsnivåer för väg- såväl som flyg- och tågbuller bygger på en metaanalys av 54 studier [1, 7]. Redan vid en flygbullerexponering på 50 dB(A)  $L_{den}$  anger 5 % av den vuxna befolkningen allvarlig störning. Flygbuller drabbar betydligt färre men är mer besvärande och störning motsvarande den vid vägtrafikbuller uppträder redan vid 5-6 dB(A) lägre nivåer (Figur 1).



**Figur 1.** Andel mycket besvärade (vänster diagram) och besvärade (höger diagram) som en funktion av buller från flyg, väg-, respektive tågtrafik.

Barns störningsreaktioner till följd av trafikbuller är endast studerat i begränsad omfattning. Bland internationella studier kan t.ex. nämnas en undersökning av långtidsexponering för flygbuller hos 275 brittiska skolbarn, 8-11 år gamla, i västra London nära Heathrow flygplats. Barnen i denna studie följdes upp under ett års tid och resultaten visade på en statistiskt signifikant högre rapportering av störning och stressupplevelser hos barn som gått i skolor med ljudnivåer  $>66$  dB(A)  $L_{eq, 16h}$  i jämförelse med barn som gått i mindre exponerade skolor ( $<57$  dB(A)  $L_{eq, 16h}$ ) [8].

En relativt nyligen genomförd studie syftade till att ta fram exponering-respons samband för barns störningsreaktioner i relation till både väg- och flygtrafik [9]. Resultaten visade en ökning av störningsgraden från 5,5 % vid 50 dB(A)  $L_{eq, 16h}$  till 12,1 % vid 60 dB(A) för flygbuller utomhus i skolmiljön (Figur 2). Motsvarande samband återfanns också för flygbuller i hemmiljön. Vidare visade resultaten, på liknande vis som för vuxna, att barn var mer störda av flygbuller än vägtrafikbuller. I jämförelse med vuxna var dock barnen generellt sett mindre störda vid högre bullernivåer. Relationen mellan antal händelser och den maximala ljudnivån vid varje enskild händelse avseende barns rapporterade störning är otillräckligt undersökt. Det är troligt att störningsmönstret kan variera beroende på den specifika situationen runt en flygplats.



**Figur 2.** Andelen mycket besvärade barn som en funktion av flygbuller (van Kempen 2009).

Den senaste svenska Miljöhälsorapporten (2013) som fokuserade på barn och ungdomar visade i likhet med studien ovan att barn generellt sett är mindre störda av buller än vuxna [2]. Orsakerna till detta är oklara men skulle kunna förklaras med att barn generellt sett är mindre medvetna om bullret än vuxna. I Miljöhälsorapport 2013, som baserades på två stora nationella miljöhälsoenkäter från 2003 och 2011, gjordes en jämförelse av störningsgrad av olika ljudkällor hos barn i 12-årsåldern. Störningarna till följd av flygbuller i hemmiljön ökade från 0,6 % till 1,1 % mellan undersökningarna. Resultaten från regionala analyser i Stockholms län genomförda av Centrum för arbets- och Miljömedicin (Miljöhälsorapport Stockholms län 2013, Stockholms läns landsting) visar att motsvarande störningar ökade från 1,7 % till 3,1 % vilket visar en tendens att störningsgraden generellt sett ökar mer i storstadsregioner som ofta ligger nära större internationella flygplatser. I skolmiljön var dock störningsgraden till följd av buller liten; mindre än 1 % av de 12-åriga barnen stördes av flygbuller.

Allmänna störningseffekter som kan uppkomma hos vuxna så väl som hos barn till följd av trafikbuller, förutom en generell besvärsupplevelse, är koncentrationssvårigheter, irritation, nedstämdhet och initiativlöshet. Störningen kan i samverkan med andra belastningsfaktorer och beroende på individens känslighet och förmåga att kunna hantera stress på längre sikt ge upphov till olika psykosomatiska besvär och psykosociala konsekvenser [10, 11]. Störningsreaktioner varierar med den ekvivalenta ljudnivån, den maximala ljudnivån, antalet bullerhändelser samt tiden på dagen. Känsligheten för buller är störst under kvälls- och nattetid [1, 12].



## SÖMNSTÖRNING

Att få sova ostört är en förutsättning för fysisk så väl som mental hälsa. Av studier på vuxna vet man att trafikbuller nattetid påverkar vår sömn på en rad olika sätt, i huvudsak genom att försvåra insomning, orsaka uppvaknanden under natten samt för tidigt uppvaknande på morgonen. Uppvaknanden nattetid kan ske från ljudnivåer på 42 dB(A)  $L_{\max \text{ inomhus}}$  [13, 14]. Andelen i befolkningen som rapporterar sig vara sömnstörda varierar dock beroende på trafikslag. Vid varje given bullernivå orsakar flygbuller en större andel sömnstörda än väg- respektive spårtrafik [15].

Genom autonoma, dvs. icke viljestyrda, responser kan ljud även under sömn orsaka ett akut stresspåslag och leda till ökad insöndring av stresshormoner i blodet vilket påverkar t.ex. andningsfrekvens, blodtryck och hjärtfrekvens [16]. Upprepade bullerhändelser nattetid inverkar även negativt på sömnmönstret så att de sammanhängande perioderna av djup- respektive drömsömn blir kortare [17]. Förändringar i hjärnans aktivitet (EEG) till följd av buller har setts från ljudnivåer på 35 dB(A)  $L_{\max \text{ inomhus}}$  [13, 14]. Det är dock oklart vid vilken nivå förändringar i blodtryck och stresshormoner uppkommer.

Störningar av buller nattetid leder också till effekter på välbefinnandet dagen efter, t.ex. trötthet, utmattning, irritabilitet och minskad koncentrationsförmåga [17]. Vid upprepad och långvarig exponering kan bullerrelaterade sömnstörningar ge upphov till kroniska effekter på såväl hjärt- och kärlsystemet som på immunförsvaret och det metabola systemet [13, 14]. Bland annat har det visat sig att sömnbrist påverkar de aptitreglerande systemen så att energiåtgången minskar samtidigt som aptiten ökar, vilket på sikt kan leda till viktuppgång [18].

Barn representerar en särskilt känslig grupp när det gäller sömnstörningar till följd av buller och behöver en längre återhämningsperiod efter nätter då de blivit sömnstörda [14]. Barn sover längre än vuxna vilket ökar risken för störningar och sover även under dagtid då exponeringen för buller oftast är högre. Barn är dessutom mindre medvetna om eventuella hälsoeffekter av bullret och således mindre benägna att skydda sig (stänga fönster, använda öronproppar osv.). Att barn fortfarande utvecklas både fysiskt och kognitivt gör också barn till en särskilt känslig grupp och ökar risken för långvariga effekter av bullerstörd sömn [19]. Studier på vägtrafikbuller har t.ex. visat att barn som utsätts för buller och sover dåligt nattetid blir trötta, irriterade och får försämrad uppmärksamhet och förmåga att kontrollera sina känslor dagen efter vilket kan inverka negativt på deras inlärning och prestation [20].

Trafikbullers inverkan på barns sömnkvalitet är undersökt endast i liten utsträckning och de studier som gjorts omfattar få deltagare [5]. En nyligen genomförd studie från Tyskland visade dock samband mellan vägtrafikbuller i barns hemmiljö och självrapporterade sömnstörningar [20]. För flygbuller specifikt går det på grund av ett begränsat kunskapsunderlag i dagläget inte att dra några definitiva slutsatser, annat än att bullret kan inverka negativt på barnens sömn, både kvantitativt och kvalitativt. I en tidig studie fann man att yngre barn påverkades i mindre grad vad gäller uppvaknande av flygbuller än vuxna samt att störningarna verkade öka med stigande ålder [21]. Vad gäller övriga sömnstörningar verkar dock barn lika eller mer påverkade än vuxna [14].

I avvaktan på mer omfattande kunskapsunderlag vad gäller flygbullers inverkan på barns sömnkvalitet bör försiktighetsprincipen vara rådande. Denna bedömning grundar sig på de samband som påvisats mellan flygbuller och sömn hos vuxna samt att barn anses vara en särskilt känslig grupp [13-18].

## KOMMUNIKATION OCH TALFÖRSTÅELSE

Buller från olika typer av transporter, dvs. väg-, -tåg- och flygtrafik, kan maskera tal och därigenom direkt försvåra möjligheten att föra samtal. Trafikbuller kan även indirekt påverka kommunikationen genom att det är ansträngande att höja rösten eller upprepa tal i bullriga situationer. Vid konversation utomhus motsvarar normal samtalston på 1 meters avstånd c:a 55 dB(A) ljudnivå under pågående samtal och motsvarande nivå vid förhöjt röstläge är 60-66 dB(A). För full förståelse bör ljudnivån på talet överskrida trafikbullret med 15-18 dB(A) [22]. Hygge anger med typiska spektra och fluktuationsförlopp som grund [23, 24], att en A-vägd vägtrafikbullernivå på c:a 55 dB under pågående samtal utgör gränsen för acceptabel talkommunikation. Det kan antas vara små skillnader mellan flyg- och vägtrafikbuller med samma A-vägda ljudtrycksnivå beträffande frekvensspektrum och fluktuationsgrad. Med anledning av detta anses det också gälla för flygbuller att en nivå kring 55 dB(A) representerar övre gränsen för en acceptabel talkommunikation [22]. I skolor och förskolor rekommenderar WHO att den totala medelljudnivån inomhus i klassrum under lektionstid bör hållas under 35 dB(A) [25].

Besvär som kan uppstå är koncentrationsproblem, missuppfattningar, irritation, störning, trötthet och stress [25]. Särskilt utsatta är de äldre, barn under språkinläring och personer med hörselnedsättning samt de som är mindre bekanta med det språk som talas. Upplevelser av problem med samtalskommunikation har inte rapporterats i någon större omfattning hos skolbarn. Olika psyko-akustiska studier visar dock att barns taluppfattning försämras mer än vuxnas i dålig talmiljö [26]. I Miljöhälsorapporten 2013 angav drygt 3 % av 12-åringarna att buller i hemmiljön störde deras talupplevelse [2].

## INLÄRNING OCH PRESTATION

Barns inläring och prestationsförmåga riskerar att påverkas vid exponering för flygbuller. Studiemöjligheter och annan mer komplicerad verksamhet som kräver mental koncentration kan försämrats och störas. Barn är en speciellt känslig grupp vad gäller bullers effekter på inläring och prestation. Detta beror på att barns kognitiva funktioner inte är automatiserade i samma utsträckning som hos vuxna och därmed lättare störs av yttre faktorer så som ljud [27]. Besvaren kan vara speciellt uttalade hos barn med hörselnedsättning, barn under språkinläring, t.ex. med annat modersmål än det talade, samt hos barn med läs- och skrivsvårigheter. Uppmärksamhet, minne, språk- och läsförståelse är alla viktiga komponenter för barns kognitiva utveckling [10, 28].

Redan vid relativt låga bullernivåer, från trafik så väl som från andra ljudalstrande källor inomhus, har effekter påvisats hänförande till försvårad möjlighet till kommunikation och störd koncentration [25]. Störningen varierar dock avsevärt med hänsyn till individens känslighet för bullerpåverkan. Enligt WHO innebär detta att man i klassrum bör ha så låga bakgrundsnivåer som möjligt. För att undvika inskränkningar i läsförståelse och tillgodogörande av informationsutbud samt störningar i samtalskommunikation bör WHO:s riktvärde för den totala medelljudnivån i undervisningsmiljöer hållas (dvs. 35 dB(A) inomhus under lektionstid).

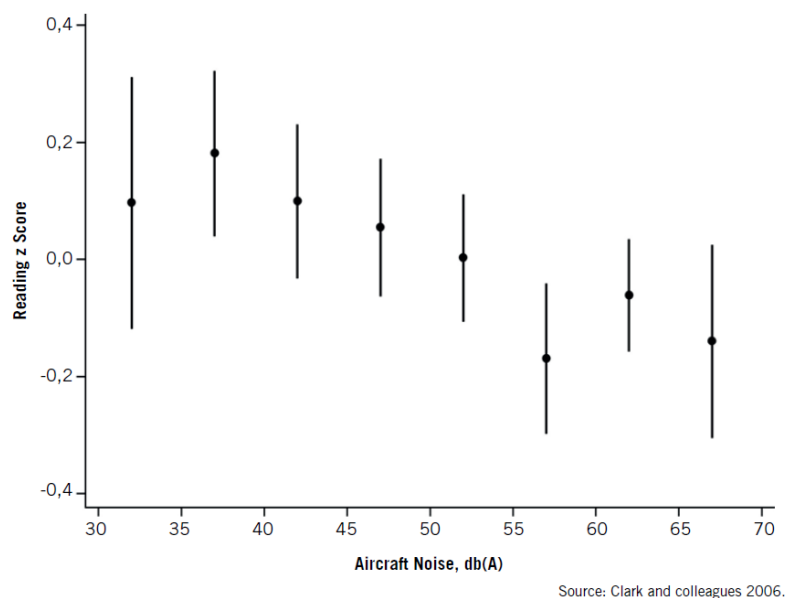
I skolor har kunskapsutvecklingen främst studerats hos barn vid exponering för flygbuller dagtid. I ett par äldre studier från Los Angeles visade sig flygbuller negativt påverka förmågan hos skolbarnen att lösa kognitiva uppgifter [29, 30]. De flygbullerutsatta barnen (79 dB(A)  $L_{peak}$ ) visade sig även lättare ge upp de uppgifter de gavs, något som tolkats på nedsatt motivation. Någon tillvänjningseffekt till buller kunde inte påvisas och bullerskyddande åtgärder föreföll vara av mindre värde.

År 1992 öppnades i München en ny storflygplats samtidigt som en äldre flygplats stängdes [31]. Detta ledde till utmärkta möjligheter att studera flygbullrets effekter på barns inläring och prestation i ett naturligt experiment. Totalt ingick 326 skolbarn i 10-års åldern i studien. För de barn som exponerades vid den gamla flygplatsen sjönk ljudnivån från 68 till 54 dB(A)  $L_{eq, 24h}$ . Vid den nya flygplatsen steg ljudnivån från 53 till 62 dB(A)  $L_{eq, 24h}$ . Resultaten visade att kunskapsförmågan, i främsta rummet långtidsminnet, förbättrades hos tidigare flygbullerexponerade barn efter det att den gamla flygplatsen stängts medan en försämring kunde konstateras hos skolelever runt den nya flygplatsen. Även i denna studie fann man att barnens motivation till att lösa uppgifter var sämre då de exponerades för flygbuller.

I den epidemiologiska studien av 275 skolbarn i västra London visade sig långtidsexponering för flygbuller (>66 dB(A)  $L_{eq, 16h}$ ) förutom ökad störning också vara associerat med försämrad läsförståelse och koncentrationsproblem [8]. I ytterligare en stor tvärsnittsstudie av 11 000 skolbarn i 11-års åldern i distrikt runt Heathrow flygplats var flygbullerexponering förenat med sämre förmåga att lösa både matematik- och läsrelaterade uppgifter. Barnen i studien exponerades för ljudnivåer från <54 till 72 dB(A)  $L_{eq, 16h}$  och man fann ett exponering-responssamband mellan bullernivån och försämring av prestationsförmågan. Efter kontroll för socioekonomiska förhållanden var dock sambanden inte längre statistiskt signifikanta [32].

Vidare fann man i den s.k. RANCH-studien, en undersökning som inkluderande närmare 3000 skolbarn i 9 till 10-års ålder kring tre stora flygplatser i Europa (London-Heathrow, Amsterdam-Schiphol och Madrid-Barajas), att en ökning i ljudnivån på 5 dB(A)  $L_{eq, 16h}$  gav upphov till 1 till 2 månaders försening i barnens läsinläring (Figur 3) [28]. Exponeringsbestämningen grundade sig på

skattade bullerkurvor och lokala mätningar. Någon ytterligare försämring kunde inte konstateras om flygbuller även förelåg nattetid [33] och resultaten påverkades inte då man även tog hänsyn till förekomst av luftföroreningar [34]. I en utveckling av RANCH-studien gjordes en jämförelse av påverkan på minnesfunktionen av flyg- respektive vägtrafikbuller. Totalt deltog 2844 skolelever med en medelålder av tio- och ett halvt år. Flygbuller visade sig vara associerat med ett försämrat igenkänningsminne medan något liknande samband inte kunde konstateras för vägtrafikbuller [35].



**Figur 3.** Samband mellan barns läsinlärning och exponering för flygbuller ( $L_{eq, 16h}$ ) (från RANCH-studien).

I nyare studier från Sydafrika undersöktes 723 skolbarn i 11-års åldern avseende läsförståelse före och efter omplacering av en flygplats år 2009-2011 [36, 37]. Medelljudnivån vid skolorna före omplaceringen av flygplatsen uppmättes under två och en halv timme och varierade mellan 63,5 och 69,9 dB(A) vid exponerade skolor och mellan 54,4 och 55,3 dB(A) vid kontrollskolorna. Efter omlokaliseringen var ljudnivån vid skolorna likvärdiga (ca 55 dB(A)). Resultaten, som justerats för faktorer så som kön, socioekonomi och modersmål, visar att de barn som exponerats för flygbuller hade statistiskt signifikant sämre resultat vad gäller läsförståelse än barn från kontrollgruppen, även om effekten var liten. Vidare visar resultaten att flytten av flygplatsen inte medförde någon allmän förbättring av de bullerexponerade barnens läsförståelse. Detta talar för att flygbuller kan ha kvarstående effekter på barns läsförståelse även efter det att bullerexponeringen har upphört. Studien visade även att effekterna av flygbuller varierade om barnen hade engelska som första-språk gentemot om det var deras andra-språk.

De akuta och kroniska effekterna av buller på barns inlärning och prestation sammanfattas i en nyligen genomförd litteraturgranskning av forskare från Tyskland [27]. Granskningen visar att

exponering för flygbuller genomgående är förenat med negativa effekter på barns läsförmåga. Effekterna är dock vanligen små och full kontroll av möjliga störfaktorer saknas ibland men författarna konkluderar att resultatet bör beaktas hos ansvarstagare för bullerskyddande åtgärder.

Beskrivna studier ger vid hand att exponering för flygbuller i skolmiljö kan ge upphov till åtminstone tidsrelaterad störning av barnens kognitiva förmåga samt påverka minnesförmåga och motivation. Både tal- och läsförståelse kan påverkas, liksom förmågan att lösa lektionsrelaterade uppgifter. Vid upphörd exponering förefaller prestationsförmågan kunna förbättras. En nyare studie talar dock för att försämringarna skulle kunna kvarstå en längre tid. På grund av olikheter i studiedesign och exponering går det i dagsläget inte att dra några säkra slutsatser om vid vilka ljudnivåer effekterna på barns inlärning och prestation uppkommer och om effekternas varaktighet. Liksom för störning är det sannolikt att effekterna kan variera beroende på relationen mellan antal händelser och maximal ljudnivå samt på andra modifierande faktorer, t.ex. skolans ljuddämpning. Om risk för effekter på barnens skolprestation föreligger bör därför bedömas från fall till fall. Det bör också påpekas att i förhållande till andra ljudkällor i klassrumsmiljö, så som ljud från aktiviteter och barnen själva, verkar flygbuller spela en begränsad roll.

## FYSIOLOGISKA STRESSEFFEKTER

Hörselsinnet är ett av våra viktigaste kommunikations- och varningssystem och är öppet dag som natt. Ljud som når våra trumhinnor omvandlas till elektriska nervimpulser som förs vidare till många områden i hjärnan. Primärt uppfattas och tolkas ljud av hjärnans hörselcentra men det finns även subkortikala kopplingar, dvs. mekanismer som sker utanför kontroll av medvetandet, som gör att ljud kan aktivera kroppens stressreglerande system, primärt det sympatiska nervsystemet och det hormonella systemet [38]. Aktivering av dessa stresssystem leder till frisättning av stresshormonerna adrenalin, noradrenalin och kortisol som i sin tur påverkar många kroppsliga system, inklusive hjärt- och kärlsystemet, immunförsvaret och ämnesomsättningen [39]. Allt fler studier på vuxna tyder på att långvarig exponering för trafikbuller kan ge upphov till kroniska effekter på dessa system och bidra till utvecklingen av bukfetma, högt blodtryck, hjärtinfarkt och typ 2 diabetes [40-43].

Fysiologiska stress effekter till följd av trafikbuller hos barn har studerats i begränsad omfattning. De studier som gjorts har fokuserat på samband med blodtryck, hjärtfrekvens och stresshormonnivåer [5]. I en litteratursammanställning av studier på trafikbuller och blodtryck hos barn från 2011 konstateras att studier avseende vägtrafik är metodologiskt ganska olika men ändå enhetligt visar ett positivt samband mellan buller och systoliskt blodtryck [44]. Vidare konstaterar man att de studier som genomförts avseende blodtryckseffekter av flygbuller har mer enhetlig metodologi och visar svagt positiva samband.

Två tidiga undersökningar om flygbuller och barns hälsa, däribland blodtryck, är de så kallade Los Angeles-studierna [29, 30]. Dessa två studier genomfördes på barn i årskurs tre och fyra från skolor i bullerstörda ( $79 \text{ dB(A)} L_{\text{peak}}$ ) respektive tysta ( $57 \text{ dB(A)} L_{\text{peak}}$ ) områden med 1 års mellanrum. Resultaten, matchade på socialklass och etnicitet, visar att barn i bullriga skolor hade statistiskt säkerställt högre systoliskt och diastoliskt blodtryck än barn från tysta skolor vid båda testtillfällena. Effekten tycktes avta ju längre tid barnen hade gått på skolan men författarna ansåg att en sannolik orsak till detta var att barnen i bullriga skolor med de högsta blodtrycksmätningarna i högre grad flyttade bort från de exponerade områdena. Man såg ingen longitudinell effekt av bullret på barnens blodtryck, detta var dock väntat då uppföljningstiden var så pass kort.

I det naturliga experimentet från öppnandet av den nya internationella flygplatsen i München år 1992 undersöktes 9 till 12-åriga barn med avseende på både blodtryck och stresshormonnivåer (adrenalin, noradrenalin samt kortisol) [45]. Data samlades in vid tre tidpunkter: 6 månader före ( $53 \text{ dB(A)} L_{\text{eq}, 24\text{h}}$ ) samt 6 och 18 månader efter ( $62 \text{ dB(A)} L_{\text{eq}, 24\text{h}}$ ) öppnandet av flygplatsen. Bland de barn som bodde i områden nära den nya flygplatsen sågs en signifikant större ökning i systoliskt blodtryck efter flygplatsens öppnande än bland barn som bodde i tystare kontrollområden ( $55 \text{ dB(A)} L_{\text{eq}, 24\text{h}}$ ). Även det diastoliska blodtrycket ökade mer bland de bullerutsatta barnen men effekten var inte statistiskt säkerställd. Man fann även kraftigt ökande nivåer av stresshormon i samband med de ökande bullernivåerna men skillnaderna var bara signifikanta för adrenalin och noradrenalin, ej för kortisol.

Ytterligare en undersökning genomfördes i början av 2000-talet av elever från grundskolor nära flygplatsen Heathrow i västra London [46]. Eleverna som var 9 till 11 år gamla gick antingen i skolor med höga flygbullernivåer ( $>66 \text{ dB(A)} L_{\text{eq}, 16\text{h}}$ ) eller i tystare områden ( $<57 \text{ dB(A)} L_{\text{eq}, 16\text{h}}$ ). Studien som var av tvärsnittsdesign undersökte primärt samband mellan flygbuller och barnens mentala hälsa och skolprestation men även stress effekter i form av kortisolnivåer uppmätta i saliv. Även om barnen i de

bullerutsatta skolorna rapporterade en högre grad av upplevd störning än barn i tysta områden så fann man ingen statistiskt säkerställd skillnad i kortisolnivåer mellan grupperna. Författarna resonerar att detta kan bero på att flygbullerexponeringen inte var tillräckligt hög för att inducera en stressrespons alternativt att barnen anpassat sig till flygbullret. Ytterligare förklaringar kan vara att effekten av buller på kortisol är så pass liten att den är svår att upptäcka då kortisolnivåerna har en stark dygnsvariation. Effekterna på adrenalin och noradrenalin är oklara då dessa hormoner inte mättes.

I en longitudinell undersökning som genomfördes åren 1994/95 till 1997 kring flygplatsen Kingsford-Smith, Sydney, studerades samband mellan flygbuller och blodtryck bland barn i årskurs tre och fyra [47]. Flygbuller beräknades med indikatorn Australian Noise Energy Index (ANEI) och varierade mellan 15 och 45 ANEI (20 ANEI anses som en gräns för byggande av nya bostäder). Barnen undersöktes både före och efter öppnandet av en ny landningsbana. Tvärsnittsanalyser från de båda undersökningstillfällena visade inga samband mellan flygbuller och systoliskt respektive diastoliskt blodtryck. Förändringar i ljudnivån till följd av den nya landningsbanan orsakade endast små och statistiskt icke säkerställda förändringar av blodtrycket.

I den så kallade RANCH-studien från mitten av 2000-talet undersöktes inte bara kognitiva effekter hos barn utan även blodtryck och hjärtfrekvens i förhållande till vägtrafik och flygbuller i skolmiljön samt i hemmet [48]. Dessa analyser gjordes på en subpopulation från den ursprungliga RANCH-studien och omfattade nära 900 barn, 9 till 11 år gamla, från skolor nära de två flygplatserna Heathrow i London och Schiphol utanför Amsterdam. Dagtid varierade ljudnivåerna utomhus från flygtrafik mellan 34 och 68 dBA  $L_{eq, 7-23h}$  (medel 58 dB(A)) i skolmiljön och mellan 34 och 73 dBA  $L_{eq, 7-23h}$  (medel 51 dB(A)) i hemmiljön. Natttid i hemmiljö låg flygbullernivån utomhus mellan 28 och 67 dBA  $L_{eq, 23-7}$  (medel 41 dB(A)). Resultaten från studien var inte entydiga men visar att flygbuller kan vara associerat till blodtryck. I det holländska urvalet sågs tydliga samband mellan flygbuller i skolmiljö såväl som i hemmiljö (både dag och natt) och systoliskt respektive diastoliskt blodtryck, däremot fann man inga samband med hjärtfrekvens. I det Brittiska urvalet observerade man i sin helhet inga samband alls och när hela populationen analyserades tillsammans fann man en association endast mellan systoliskt blodtryck och flygbuller i hemmet (både dag och natt). Analyserna av diastoliskt blodtryck och hjärtfrekvens visade inga samband i totalpopulationen.

Sammanfattningsvis visar de studier som genomförts vad gäller fysiologiska stresseffekter av flygbuller hos barn inte några entydiga resultat. Detta tillsammans med att det även finns metodologiska begränsningar med studierna, exempelvis varierande design, exponeringsindikatorer och utfall, gör det svårt att dra några definitiva slutsatser om eventuella samband. Det är även viktigt att påpeka att de ökningarna som faktiskt observerats hos barnen vad gäller både blodtryck och stresshormoner är små och har låg klinisk relevans [49]. Ökningarna ska snarare tolkas som fysiologiska markörer för stress. De kroniska effekterna av dessa modesta ökningarna är inte kända men en generellt sett kan en förhöjd stressnivå till följd av buller hos barnen inverka negativt på deras hälsa om den kvarstår under längre tid. Denna teori stöds av resultat från vuxna där man sett att akuta fysiologiska förändringar i blodtryck, hjärtfrekvens och stresshormonnivåer till följd av buller inte avtar med tiden [50].

## REFERENSER

1. Miedema, H.M. and C.G. Oudshoorn, *Annoyance from transportation noise: relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals*. Environ Health Perspect, 2001. **109**(4): p. 409-16.
2. IMM, *Miljöhälsorapport 2013*. Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet: Stockholm 2013.
3. SoS, *Miljöhälsorapport 2009*. Socialstyrelsen och Karolinska Institutet: Stockholm 2009.
4. Eriksson, C., M.E. Nilsson, and G. Pershagen, *Environmental noise and health - Current knowledge and research needs. Rapport 6553, mars 2013*. Naturvårdsverket: Stockholm 2013.
5. WHO/UNECE, *Transport-related health effects with a particular focus on children. Topic report 2: Noise*. The transport, health and environment pan-European programme, 2004.
6. WSP, *Uppskattning av antalet exponerade för väg, tåg- och flygtrafikbuller överstigande ekvivalent ljudnivå 55 dBA [Assessment of the number of exposed to road, rail and aircraft noise exceeding equivalent sound pressure level 55 dBA]*. WSP Akustik: Stockholm 2009.
7. EC, *Position paper on dose-response relationships between transportations noise and annoyance*. European Commission, Office for Official Publications of the European Communities: Luxembourg 2002.
8. Haines, M.M., et al., *A follow-up study of effects of chronic aircraft noise exposure on child stress responses and cognition*. Int J Epidemiol, 2001. **30**(4): p. 839-45.
9. van Kempen, E., et al., *Children's annoyance reactions to aircraft and road traffic noise*. J Acoust Soc Am, 2009. **125**(2): p. 895-904.
10. Berglund, B., *Barns hälsa och inlärning försämras av bullriga ljudlandskap i skolan och hemmet*. Ympäristö ja Terveus (Miljö & Hälsa), 2005. **36**: p. 43-47.
11. Öhrström, E., *Psycho-social effects of traffic noise exposure*. Journal of Sound and Vibration, 1991. **151**: p. 53-57.
12. van Kempen, E. and I. van Kamp, *Annoyance from aircraft noise. Possible trends in exposure-response relationships*. Report 01/2005 MGO EvK, reference 00265/2005, RIVM: Bilthoven (NL) 2005.
13. Jones, K. and D.P. Rhodes, *Aircraft noise, sleep disturbance and health effects: A review*. Environmental Research and Consultance Department, Civil Aviation Authority, United Kingdom 2013.
14. WHO, *Night Noise Guidelines for Europe*, ed. C. Hurtley. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe 2009.
15. EC, *Position paper on dose-effect relationships for night time noise*, European Commission Working Group on Health and Socio-Economic Aspects, Editor. 2004.
16. Basta, M., et al., *Chronic Insomnia and Stress System*. Sleep Med Clin, 2007. **2**(2): p. 279-291.
17. Muzet, A., *Environmental noise, sleep and health*. Sleep Med Rev, 2007. **11**(2): p. 135-42.
18. St-Onge, M.P., *The role of sleep duration in the regulation of energy balance: Effects on energy intakes and expenditure*. Journal of Clinical Sleep Medicine, 2013. **9**(1): p. 73-80.
19. Stansfeld, S. and M. Matheson, *Noise pollution: non-auditory effects on health*. British Medical Bulletin, 2003. **68**: p. 247-57.
20. Tiesler, C.M.T., et al., *Exposure to road traffic noise and children's behavioural problems and sleep disturbance: Results from the GINIplus and LISAPLUS studies*. Environmental Research, 2013. **123**: p. 1-8.
21. Lucas, J.S., *Effects of aircraft noise on human sleep*. American Industrial Hygiene Association Journal, 1972. **33**(5): p. 298-303.
22. Hygge, S., *Kunskapsläget om effekter av flygbuller på människor. En uppdatering och revidering av en rapport till LFV maj 2007. (Rapport för Naturvårdsverket)*. Högskolan i Gävle, 2009.



23. Arliner, S., *Störning av talkommunikation. I U. Landström (Ed.), Störande buller - Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation*. Arbete och hälsa, 1999:27, 1999. Arbetslivsinstitutet, Solna.
24. Nordtest Method, NT ACOU 061. *Windows: Traffic noise reduction indices*. Nordtest, Esbo, Finland. 1987.
25. WHO, *Guidelines for Community Noise*, B. Berglund, T. Lindvall, and D.H. Schwela, Editors. World Health Organization: Geneva 2000.
26. Klätte, M., T. Lachmann, and M. Meis, *Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting*. Noise Health, 2010. **12**(49): p. 270-82.
27. Klätte, M., K. Bergström, and T. Lachmann, *Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children*. Frontiers in Psychology, 2013. **4**: p. Article 578.
28. Stansfeld, S.A., et al., *Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study*. Lancet, 2005. **365**(9475): p. 1942-9.
29. Cohen, S., et al., *Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: moving from the laboratory to the field*. Am Psychol, 1980. **35**(3): p. 231-43.
30. Cohen, S., et al., *Aircraft noise and children: Longitudinal and cross-sectional evidence on adaptation to noise and the effectiveness of noise abatement*. Journal of Personality and Social Psychology, 1981. **40**(2): p. 331-45.
31. Hygge, S., G.W. Evans, and M. Bullinger, *A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren*. Psychol Sci, 2002. **13**(5): p. 469-74.
32. Haines, M.M., et al., *Multilevel modelling of aircraft noise on performance tests in schools around Heathrow airport London*. Journal of Epidemiology Community Health, 2002. **56**: p. 139-44.
33. Stansfeld, S., et al., *Night time aircraft noise exposure and children's cognitive performance*. Noise Health, 2010. **12**(49): p. 255-62.
34. Clark, C., et al., *Does traffic-related air pollution explain associations of aircraft and road traffic noise exposure on children's health and cognition? A secondary analysis of the United Kingdom sample from the RANCH project*. Am J Epidemiol, 2012. **176**(4): p. 327-37.
35. Matheson, M., et al., *The effects of road traffic and aircraft noise exposure on children's episodic memory: The RANCH project*. Noise Health, 2010. **12**(49): p. 244-54.
36. Seabi, J., et al., *The impact of aircraft noise exposure on South African children's reading comprehension: The moderating effect of home language*. Noise Health, 2012. **14**(60): p. 144-52.
37. Seabi, J., et al., *A prospective follow-up study of the effect of chronic aircraft noise exposure on learners' reading comprehension in South Africa*. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2013. **1-5**, doi:10.1038/jes.2013.71.
38. Basner, M., et al., *Auditory and non-auditory effects of noise on health*. Lancet, 2014. **383**(April 12): p. 1325-32.
39. Babisch, W., *The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs*. Noise Health, 2002. **4**(16): p. 1-11.
40. Eriksson, C., et al., *Long-term aircraft noise exposure and Body Mass Index, waist circumference, and type 2 diabetes: A prospective study*. Environmental Health Perspectives, 2014. **May 2014**.
41. Huss, A., et al., *Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction*. Epidemiology, 2010. **21**(6): p. 829-36.
42. Järup, L., et al., *Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study*. Environ Health Perspect, 2008. **116**(3): p. 329-33.
43. Sørensen, M., et al., *Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Incident Diabetes: A Cohort Study*. Environ Health Perspect, 2013. **121**: p. 217-222.

44. Paunovic, K., et al., *Epidemiological studies on noise and blood pressure in children: Observations and suggestions*. *Environment International*, 2011. **37**: p. 1030-41.
45. Evans, G.W., M. Bullinger, and S. Hygge, *Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress*. *Psychol Sci*, 1998. **9**(1): p. 75-77.
46. Haines, M.M., et al., *The West London Schools Study: the effects of chronic aircraft noise exposure on child health*. *Psychol Med*, 2001. **31**(8): p. 1385-96.
47. Morrell, S.L., *Aircraft noise and child blood pressure*. Doctoral thesis, University of Sydney, 2003.
48. van Kempen, E., et al., *Noise exposure and children's blood pressure and heart rate: the RANCH project*. *Occup Environ Med*, 2006. **63**: p. 632-39.
49. Matheson, M.P., S.A. Stansfeld, and M.M. Haines, *The effects of chronic aircraft noise exposure on children's cognition and health: 3 field studies*. *Noise Health*, 2003. **5**(19): p. 31-40.
50. Griefahn, B., et al., *Autonomic arousals related to traffic noise during sleep*. *Sleep*, 2008. **31**(4): p. 569-77.