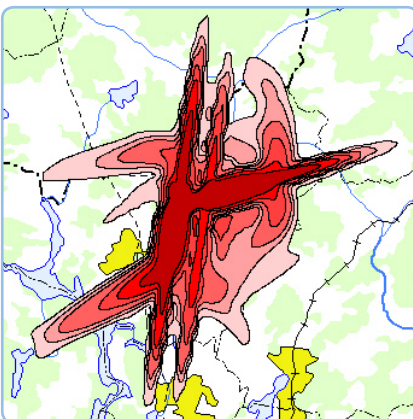


# Flygbuller på uteplats: Besvärsupplevelser och hälsa i relation till maximalnivå och antal flygbullerhändelser

Slutrapport från forskningsprogrammet  
MAXFLYG

MATS E. NILSSON, JENNY SELANDER, JESPER ALVARSSON,  
GÖSTA BLUHM OCH BIRGITTA BERGLUND

RAPPORT 6570 • MAJ 2013



# Flygbuller på uteplats: Besvärsupplevelser och hälsa i relation till maximalnivå och antal flygbullerhändelser

Slutrapport från forskningsprogrammet MAXFLYG

Mats E. Nilsson<sup>1,2</sup>  
Jenny Selander<sup>1,2</sup>  
Jesper Alvarsson<sup>1</sup>  
Gösta Bluhm<sup>2</sup>  
Birgitta Berglund<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Psykologiska institutionen, Stockholms universitet*

<sup>2</sup>*Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet*

NATURVÅRDSVERKET

**Beställningar**

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: [natur@cm.se](mailto:natur@cm.se)

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: [www.naturvardsverket.se/publikationer](http://www.naturvardsverket.se/publikationer)

**Naturvårdsverket**

Tel: 010-698 10 00, fax: 010-698 10 99

E-post: [natur@naturvardsverket.se](mailto:natur@naturvardsverket.se)

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

ISBN 91-620-6570-6

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2013

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2013

Omslagfoto: SXC

Illustration: Jenny Selander

# Förord

Naturvårdsverket har under åren 2010-2012 finansierat forskningsprogrammet *MAXFLYG – Flygbuller på uteplats*.

Naturvårdsverket samordnar de svenska myndigheternas arbete med omgivningsbuller. Syftet med forskningssatsningen var att skaffa kunskap om hur flygbuller på uteplatser vid bostäder stör oss och påverkar vår hälsa. Målet är att kunskap om detta skall utgöra grunden för en hälsobaserad tillämpning av riktvärden för flygbuller på uteplats.

Programmet har bestått av två komplementerande delprojekt: En frågeformulärsundersökning om långsiktiga effekter, och ett fältexperiment om akuta effekter av flygbuller på uteplats.

I denna slutrapport sammanställs resultaten från de två delprojekten och integreras med resultat från tidigare forskning om flygbuller och hälsa. I rapporten diskuteras också resultatens implikationer för en hälsobaserad tillämpning av riktvärden för flygbuller på uteplats.

I programmet har forskare från Stockholms universitet och Karolinska Institutet deltagit. Programmet har letts av Docent Mats Nilsson vid Stockholms universitet.

Författarna svarar för innehållet i rapporten.

Forskningsprogrammet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag.

Naturvårdsverket, maj 2013

# Innehåll

<b>FÖRORD</b>	<b>3</b>
<b>INNEHÅLL</b>	<b>4</b>
<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>7</b>
Syfte	7
Metod frågeformulärsstudie	7
Resultat frågeformulärsstudie	8
Metod experimentstudie	13
Resultat experimentstudie	14
Projektets slutsatser	15
<b>ABSTRACT</b>	<b>17</b>
<b>INLEDNING</b>	<b>18</b>
Bakgrund	18
Riktvärden	18
Antal exponerade	19
Bullerstörning	19
Taluppfattbarhet	20
Sömnstörning	21
Hjärt-kärleffekter	21
Syfte	21
<b>FRÅGEFORMULÄRSUNDERSÖKNING</b>	<b>23</b>
Metod	23
Urval av flygplatser	23
Beräkning av flygbullerexponering	23
Urval av undersökningsadresser	25
Svarsfrekvenser	26
Frågeformulär	27
Resultat	28
Analysansats	28
Samband mellan exponeringsvariabler	30
Bakgrundsfaktorer	31
Användning av uteplats	33
Flygbullerstörning på uteplats	35
Allmän bullerstörning (ISO-fråga)	36
Aktivitetsstörning av flygbuller på uteplats	38
Bostadsfaktorer och bullerstörning på uteplats	39
Ljudkänslighet, attityd till flygtrafik och bullerstörning	39
Självskattade sömnproblem och stressymptom i relation till flygbuller	40
Sammanfattning av resultat frågeformulärsundersökning	42
<b>EXPERIMENTSTUDIER</b>	<b>44</b>
Metod förförsök inomhus	44

Deltagare	44
Ljudinspelningarna	44
Ljuduppspelningssystem	45
Experimentljud	45
Försöksdesign	45
Procedur	46
Frågeformulär	46
Utrustning	47
Resultat förförsök inomhus	47
Analysansats	47
Fysiologiska stressresponser	48
Sammanfattning av resultat	48
Metod huvudexperiment utomhus	49
Deltagare	49
Ljudinspelningarna	49
Experimentljud	50
Ljuduppspelningssystem	50
Försöksdesign	52
Procedur	52
Frågeformulär	53
Utrustning	53
Resultat huvudexperiment utomhus	54
Analysansats	54
Bakgrundsljud	54
Upplevda ljudkällor	54
Upplevd bullerstörning	56
Fysiologiska stressresponser	57
Metod talförståelseexperiment	59
Deltagare	59
Ljudinspelningar	59
Ljuduppspelningssystem	59
Experimentljud	60
Försöksdesign	62
Procedur	62
Ljudanalyser	62
Utrustning	62
Resultat talförståelseexperiment	63
Analysansats	63
Taluppfattbarhet och signal-brusförhållande	63
Sammanfattning resultat experimentstudier	64
<b>DISKUSSION</b>	<b>66</b>
Frågeformulärsstudien	66
Experimentstudien	70
Implikationer för riktvärdet för flygbuller på uteplats	73

<b>PROJEKTETS SLUTSATSER</b>	<b>74</b>
<b>TACK</b>	<b>76</b>
<b>REFERENSER</b>	<b>77</b>
<b>APPENDIX A</b>	<b>81</b>
<b>APPENDIX B</b>	<b>92</b>

# Sammanfattning

Flygbuller i boendemiljö kan upplevas som störande och försvåra samtal, koncentration, vila och sömn. Det finns också belägg för ett samband mellan flygbuller och försämrad inlärning hos barn, respektive ökad risk för kroniskt högt blodtryck bland vuxna boende vid flygplatser.

I Sverige tillämpas flera riktvärden för nivåer av flygbuller inomhus och utomhus i bostäder. Dessa riktvärden skall tillämpas vid nybyggnation eller väsentlig ombyggnad av bostäder så långt det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt. Riktvärden inomhus kan vanligen klaras, åtminstone med stängda fönster. Riktvärden utomhus är svårare att uppnå och detta gäller särskilt riktvärdet på uteplats, 70 dB maximalnivå ( $L_{Amax,slow}$ ). Detta riktvärde är omdiskuterat eftersom det begränsar möjligheten att bebygga områden nära flygplatser. Diskussionen har främst rört antalet tillåtna överskridanden per dag och kväll. Frågan är viktig eftersom den rör avvägningen mellan stadsutveckling i närhet av flygplatser och risken för hälsopåverkan bland boende i framtida bostadsområden. Denna studie motiveras av att det behövs ett större kunskapsunderlag för rekommendationer rörande tillämpning av riktvärdet för flygbuller på uteplats.

## Syfte

Projektets övergripande syfte var att ge ett empiriskt underlag för bedömning av flygbuller på uteplats, särskilt frågan om bullerstörning i relation till antal överskridanden av maximalnivån 70 dB  $L_{Amax,slow}$ .

Projektet bestod av två delar: en frågeformulärsstudie bland 3130 boende kring sju svenska flygplatser och en experimentstudie där 90 försöksdeltagare exponerades för flygbuller från högtalare. Projektets specifika syften listas nedan. Frågeformulärsstudien hade syfte 1-5 och 7, och experimentstudien syfte 6 och 7.

1. Kartlägga användning av uteplats bland boende kring svenska flygplatser.
2. Uppskatta bullerstörning och aktivitetsstörning på uteplats i relation till antal flyghändelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ .
3. Uppskatta bullerstörning och aktivitetsstörning på uteplats i relation till maximalnivåer (över och under 70 dB) och dygnsviktad ekvivalentnivå ( $L_{den}$ ).
4. Belysa betydelsen av attityd till flygtrafik och ljudkänslighet för rapportering av flygbullerstörning.
5. Uppskatta effekter av flygbullerexponering på självrapporterade stressymptom och sömnproblem.
6. Studera akuta negativa effekter av flygbuller vid en vistelse på en uteplats, särskilt (a) effekter på akuta fysiologiska stressreaktioner (inklusive hudkonduktans, hjärtfrekvens, salivkortisol), (b) effekter på självskattade störning och upplevd stress, samt (c) effekter på talförståelse.
7. Bedöma projektets resultat i relation till riktvärdet 70 dB  $L_{Amax,slow}$  på uteplats, främst vad gäller antalet tillåtna överskridanden per dag och kväll.

## Metod frågeformulärsstudie

Ett frågeformulär skickades till ett urval av boende kring sju svenska flygplatser, varav fem större flygplatser: Arlanda (ARN), Bromma (BMA), Landvetter (LAV),



Malmö-Sturup (MMX), Umeå (UME), och två mindre flygplatser: Ängelholm-Helsingborg (AGH) och Åre-Östersund (OSD) flygplats. För att säkerställa att såväl hög- som lågexponerade boende deltog i undersökningen, valdes deltagare i undersökning från grupper av boende med varierande flygbullerexponering, baserat på maximalnivåer och antal flyghändelser.

Swedavia beräknade flygbullerkonturer kring de sju flygplatserna, med hjälp av beräkningsmodellen INM 7.0. För varje flygplats beräknades konturer för antal händelser över maximalnivåerna 60, 65, 70, 75, respektive 80 dB  $L_{Amax,slow}$ . Antal händelser över dessa nivåer beräknades för intervallen 1-2, 3-5, 6-14, 15-29, 30-59, och  $\geq 60$  händelser. Dessutom beräknades konturer för dygnsviktad ekvivalentnivå,  $L_{den}$ , i 1-dB intervall.

Från det omfattande materialet av bullerkonturer definierades för varje boende tre exponeringsmått:

- (1) Antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ .
- (2) Maximalnivå,  $L_{Amax,slow}$ , överskriden minst 1-2 gånger.
- (3) Dygnsviktad ekvivalentnivå ( $L_{den}$ ).

Dessa mått var högt korrelerade: Pearson's  $r_{12} = 0.90$ ,  $r_{13} = 0.91$ , och  $r_{23} = 0.84$ .

Frågeformuläret bestod av totalt 39 frågor om bland annat bostaden och uteplatsen, frågor om bullerstörning vid uteplats och störning i allmänhet, frågor om allmän hälsa, ljudkänslighet och attityder till flygtrafik. Formuläret introducerades som en undersökning om trafik i allmänhet, utan att specifikt nämna flygbuller eller närmaste flygplats. Därför ställdes frågor om flygbuller alltid tillsammans med motsvarande fråga om vägtrafikbuller och tågbuller.

Bullerstörning mättes genomgående med en femgradig skala med svarsalternativen ”inte alls”, ”lite”, ”måttligt”, ”mycket” och ”väldigt mycket” störd av buller. Frågorna gällde dels specifikt bullerstörning vid uteplats under de senaste sommarmånaderna och dels i allmänhet när man vistats hemma under de senaste 12 månaderna. Den senare frågan motsvarar den internationellt rekommenderade skalan för att mäta bullerstörning i frågeformulärsstudier<sup>1</sup>. Personer som svarade att de upplever sig ”mycket” eller ”väldigt mycket” störda av buller klassificerades som bullerstörda, medan personer som svarade ”inte alls”, ”lite”, eller ”måttligt” störda av buller klassificerades som icke bullerstörda.

Frågeformulären skickades ut under hösten 2011. Totalt skickades formulär till 4786 personer, av vilka 3130 besvarade formuläret. Detta ger en svarsfrekvens på 65 %, vilket är en högre svarsfrekvens än i många andra frågeformulärsstudier som genomförts under senare år.

## Resultat frågeformulärsstudie

Något fler kvinnor (51 %) än män deltog i undersökningen och könsfördelningen var ganska lika för alla flygplatser. Medelålder i hela materialet var 51 år, lägst kring Bromma (48 år) och högst kring Ängelholm-Helsingborgs flygplats (54 år). Villaboende var den vanligaste boendeformen, med undantag för Bromma, där

---

<sup>1</sup> ISO. (2003). *Acoustics-Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*. ISO/TS 15666:2003(E). Geneva, Switzerland: ISO.

boende i lägenhet var vanligast. Vanligaste typen av uteplats var följaktligen villa- eller radhusträdgård med undantag för Bromma där balkong var vanligast.

Bostadens uteplats användes ofta under studieperioden (maj - september 2011). Nära 90 % av de tillfrågade uppgav att de använde uteplatsen någon/några gånger i veckan eller dagligen, och cirka 50 % att de dagligen använde uteplatsen under perioden. Uteplatsen användes oftare och under längre tid på helger än på vardagar, men såväl vardagar som helger använde en stor andel uteplatsen flera gånger per dag och ofta längre än en timme per gång. Mönstret var ungefär detsamma för alla flygplatser, med undantag för boende kring Bromma flygplats, som i genomsnitt vistades färre gånger och under kortare tid på uteplatsen jämfört med boende vid övriga flygplatser.

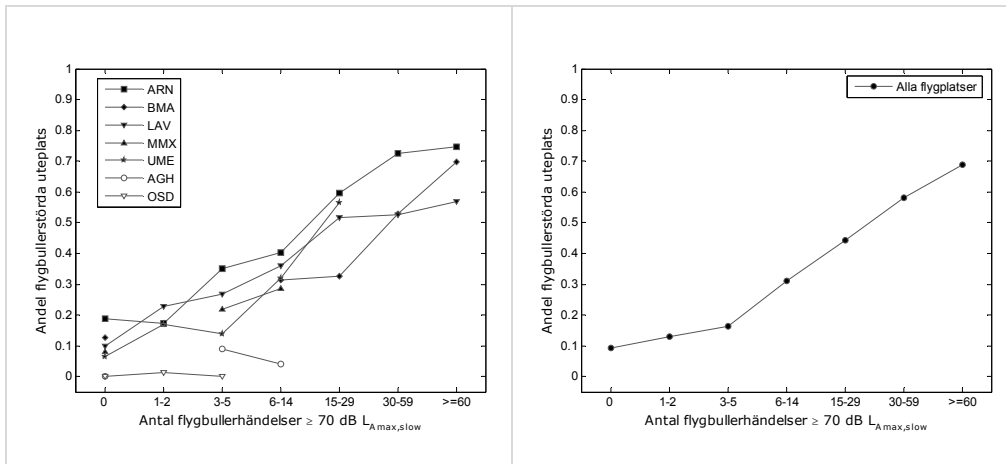
Det fanns ett tydligt samband mellan flygbullerexponering och andelen boende som uppgav att ofta undvek sin uteplats på grund av flygbuller. Det fanns dock inte några tydliga samband mellan flygbullerexponering och hur ofta eller hur länge boende använde sin uteplats. En möjlig tolkning av dessa resultat är att boende undviker att använda uteplatsen vid tider när det förekommer mycket flygbuller och istället förlägger vistelse vid andra tider på dygnet

Analyser av sambandet mellan bullerstörning på uteplats och antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  visade att andelen bullerstörda var relativt konstant bland boende exponerade från 0 till 3-5 händelser, därefter ökade andelen bullerstörda markant (se höger diagram, figur A). För frågor om aktivitetstörning på uteplats sågs en liknande trend i sambandet med antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  (data ej visat). Större andelar svarande uppgav störning av aktiviteter som involverar talkommunikation (samtal, lyssna på radion) än störning av koncentration och vila.

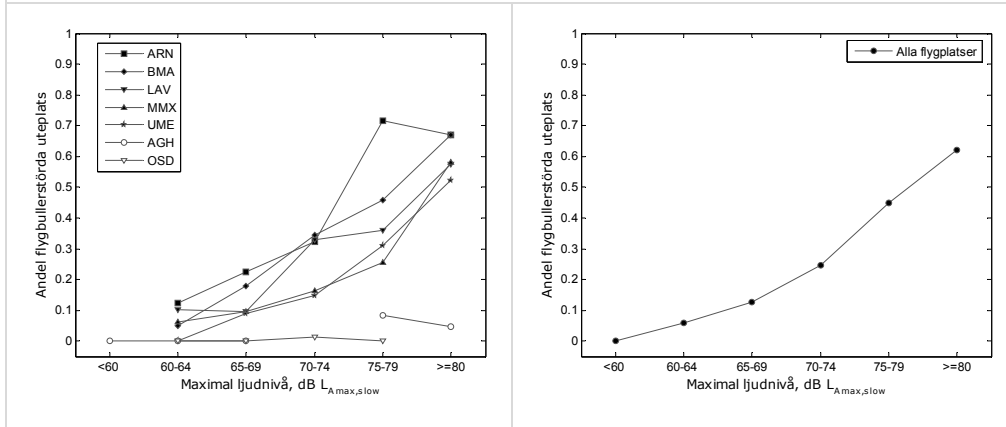
Observera att antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  säger lite om den högsta maximalnivå av flygbuller som en boende utsätts för, eftersom såväl händelser över 75 som 80 dB  $L_{Amax,slow}$  kan ingå i antalet händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . Därför är det också intressant att titta på bullerstörning i relation till den högsta maximalnivå som boende utsätts för (här definierad som högsta maximalnivå minst 1-2 gånger per dag och kväll). För bullerstörning på uteplats ses ett tydligt samband med maximalnivå (figur B), med en ökning i andel störda redan från 60-64 dB  $L_{Amax,slow}$ .

Även för ekvivalentnivå ( $L_{den}$ ) sågs ett tydligt samband med bullerstörning på uteplats (figur C). Värt att notera är att andelen bullerstörda på uteplats i intervallet 50-54 dB  $L_{den}$  var högt, cirka 40 %, trots att denna nivå underskrider det gällande riktvärde utomhus vid fasad, 55 dB  $L_{den}$ .

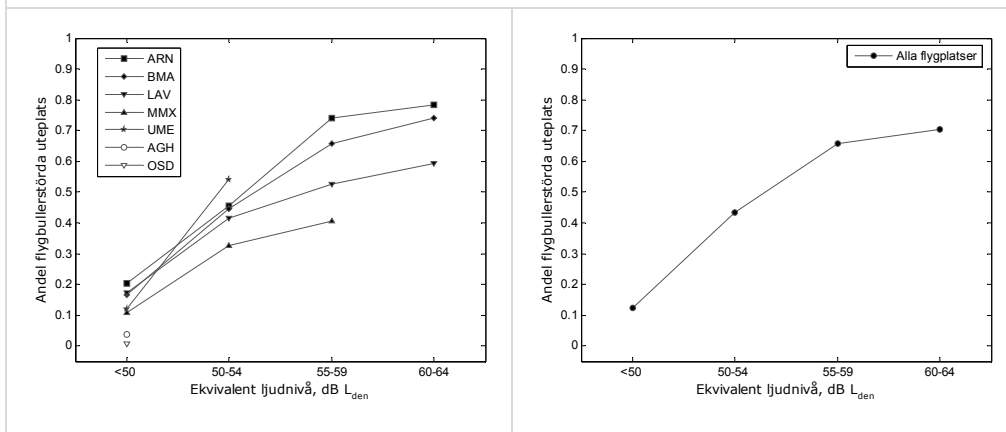
NATURVÅRDSVERKET Rapport 6570  
 Flygbuller på uteplats: Besvärsupplevelser och hälsa i relation  
 till maximalnivå och antal flygbullerhändelser



Figur A. Andel flygbullerstörda på uteplats i relation till antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ , separat för varje flygplats (vänster) och sammantaget för alla flygplatser (höger). Observera att noll händelser över 70 dB  $L_{Amax,slow}$  inte innebär frånvaro av flygbuller. Boende med noll händelser över 70 dB är vanligen också exponerade för ett antal händelser med 60-69 dB  $L_{Amax,slow}$ . Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas.



Figur B. Andel flygbullerstörda på uteplats i relation till maximal ljudnivå,  $L_{Amax,slow}$ , överskriden minst 1-2 gånger per dag och kväll, separat för varje flygplats (vänster) och sammantaget för alla flygplatser (höger). Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas.

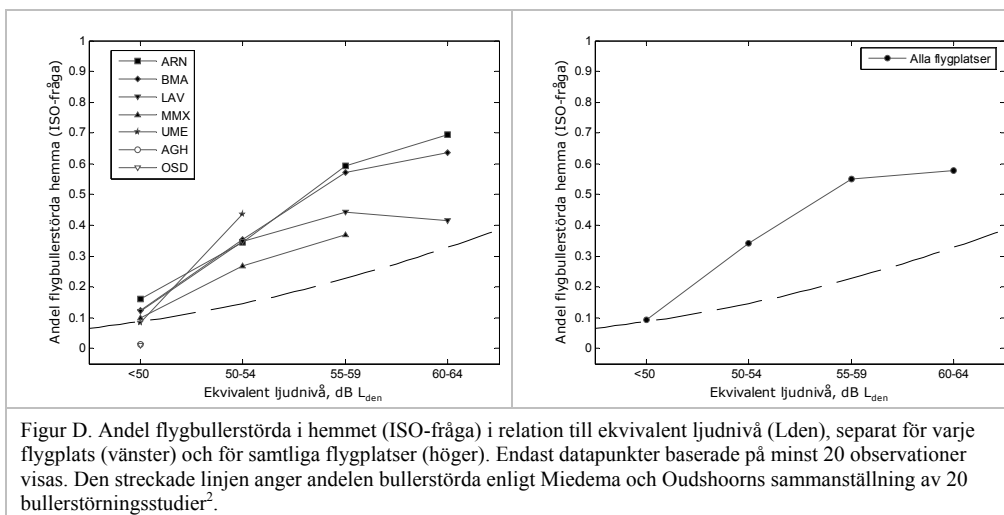


Figur C. Andel flygbullerstörda på uteplats i relation till ekvivalent ljudnivå ( $L_{den}$ ), separat för varje flygplats (vänster) och för samtliga flygplatser (höger). Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas.

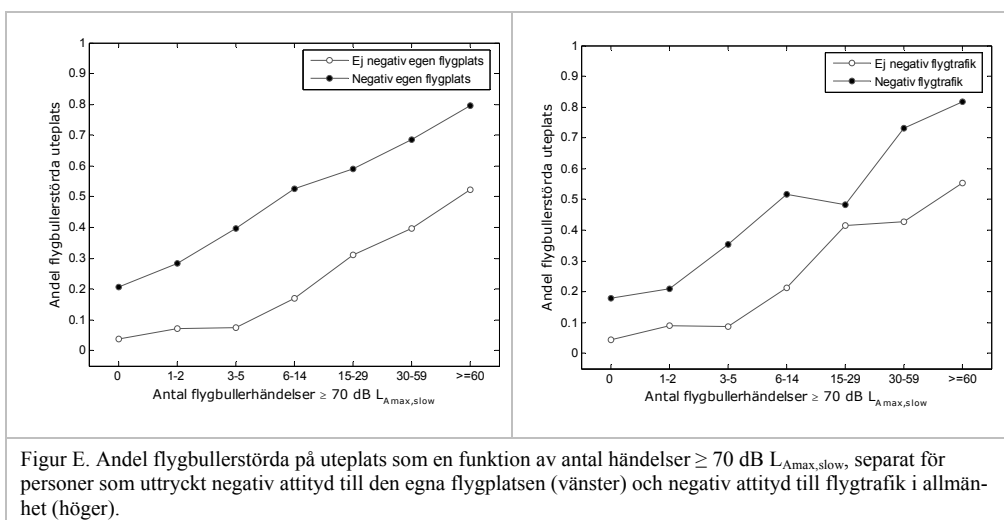
Andelen bullerstörda vid uteplats var lägre vid de två mindre flygplatserna Ängelholm-Helsingborg (AGH) och Åre-Östersund (OSD) än vid de större flygplatserna vid jämförbar exponering (se vänster diagram i figur A-C). Denna skillnad i andel bullerstörda mellan boende vid små och stora flygplatser var statistiskt signifikant även efter att hänsyn tagits till skillnader mellan flygplatser i exponering. En anledning till detta kan vara att antalet flyghändelser totalt är avsevärt lägre vid de mindre flygplatserna än de större. Även om händelser med lägre maximalnivåer inte avsevärt påverkar ekvivalentnivåer kan det färre antalet händelser var gynnsamt ur störningssynvinkel.

Andelen boende som uppgav sig vara flygbullerstörda i hemmet, mätt med den av ISO rekommenderade frågan, jämfördes med resultat från tidigare bullerstörningsstudier (jämför punkter och streckad linje i figur D). Andelen bullerstörda för de större flygplatserna låg genomgående över det samband som beräknats från tidigare studier<sup>2</sup>. Detta resultat stämmer väl överens med resultat från flera nyare flygbullerstudier, som visat att andelen bullerstörda är högre än förväntat från äldre flygbullerstudier. För de två mindre flygplatserna var andelen bullerstörda lågt, och något lägre än förväntat från tidigare studier. Det är även här värt att notera att en stor andel, cirka 34 %, av boende exponerade för 50-54 dB  $L_{den}$  var bullerstörda i hemmet, trots att denna nivå underskrider gällande riktvärde på 55 dB  $L_{den}$  för flygbuller vid bostadens fasad.

Samband mellan bullerstörning och flygbullerexponering undersöktes också i relation till olika bostadsfaktorer. Störst skillnad sågs mellan boende i villa jämfört med boende i lägenhet: Andelen bullerstörda lägenhetsboende var lägre än andelen bullerstörda villaboende vid jämförbara och höga exponeringsnivåer (vid lägre nivåer fanns ingen tydlig skillnad mellan grupperna). Följaktligen sågs också en skillnad mellan boende med balkong som huvudsaklig uteplats och boende med uteplats i markplan, men skillnaden var mindre tydlig än mellan grupperna lägenhets- och villaboende. Endast små skillnader i bullerstörning på uteplats sågs mellan boende i hyresrätt jämfört med boende i bostadsrätt eller villa.



<sup>2</sup> Baserat på metaanalys av 20 flygbullerstudier genomförda mellan år 1965 och 1992, se 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, 409-416.



Figur E. Andel flygbullerstörda på uteplats som en funktion av antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ , separat för personer som uttryckt negativ attityd till den egna flygplatsen (vänster) och negativ attityd till flygtrafik i allmänhet (höger).

Tidigare forskning har studerat individfaktorer som är korrelerad med självrapporterad bullerstörning, bland annat individuell ljudkänslighet och attityd till bullerkällan. Den senare variabeln är av särskilt intresse eftersom det ibland hävdas att självrapporterad bullerstörning snarare är ett uttryck för negativ attityd till flygtrafik än ett uttryck för genuint upplevd bullerstörning. I frågeformuläret mättes såväl attityd till den egna flygplatsen som attityd till flygtrafik i allmänhet. Båda dessa variabler var starkt korrelerade med bullerstörning och med flygbullerexponering. Vid jämförbar flygbullerexponering var andelen flygbullerstörda markant högre bland personer med en negativ attityd till flygtrafik jämfört med personer med en mer positiv attityd (figur E, som visar resultat för bullerstörning på uteplats). För båda grupperna sågs dock ett tydligt och starkt samband mellan flygbuller och störning. Det vill säga, bullerstörning ökade med flygbullerexponering bland boende som inte uttryckt en negativ attityd till den egna flygplatsen eller flygtrafik i allmänhet. Detta talar emot att självrapporterad bullerstörning endast är ett uttryck för en negativ attityd till flygtrafik.

I frågeformuläret ingick också frågor om sömnproblem och stressymptom. Statistiska analyser visade på systematiska samband mellan dessa variabler och flygbullerexponering. Sambandet var starkast för frågan om sömnproblem på grund av flygbuller. Detta var väntat eftersom frågan direkt refererar till flygbuller, och dessutom ställdes frågan precis efter frågan om allmän flygbullerstörning i hemmet.

Ett systematiskt samband sågs dock även för allmänna sömnproblem och flygbullerexponering, utan referens till flygbuller, liksom för självrapporterade stressymptom, vilka också bedömdes utan hänvisning till flygbuller. Det finns ett antal metodologiska omständigheter som försvårar tolkningen av dessa samband. För det första rör sig detta om resultat från en tvärsnittsstudie, vilket gör att riktningen på sambanden inte kan avgöras med säkerhet. Studien inkluderade inte heller mätning av en rad viktiga riskfaktorer för ohälsa, som rökning, fysisk inaktivitet, och övervikt. Dessutom baseras mätningen av ohälsa helt på självrapporter. Det kan inte uteslutas att tidigare frågor om buller medvetet eller omedvetet påverkat personer med hög flygbullerexponering att också ge högre bedömningar av allmänna sömnproblem och stressymptom. Sambanden mellan dessa variabler och flygbullerexponering måste av dessa skäl tolkas med försiktighet vad gäller orsak och verkan. Men inte desto mindre var sambanden konsistenta, med tydlig tendens till dos-

respons samband, som kvarstod också efter kontroll för att antal bakgrundsfaktorer. Detta gör resultaten intressanta som argument för nya studier specifikt utformade för att klarlägga orsakssamband mellan ohälsa och buller.

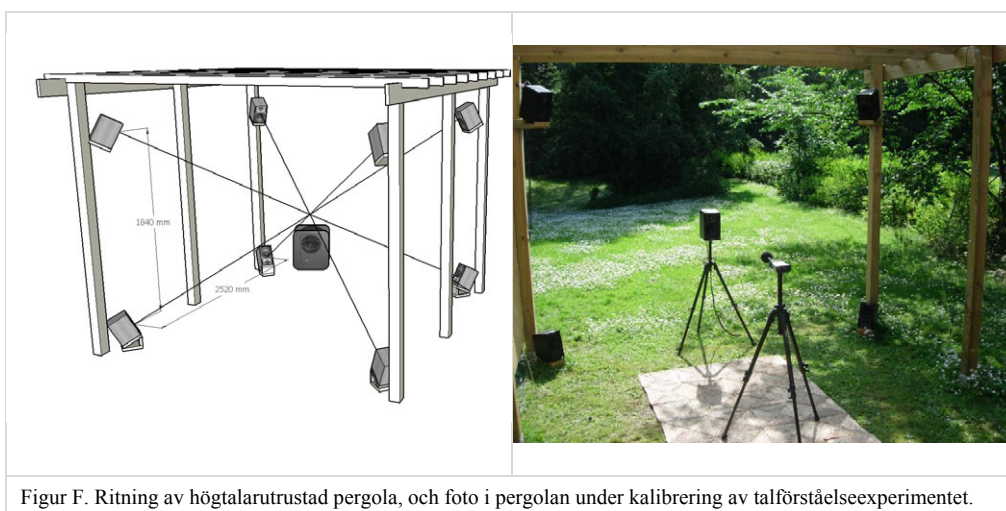
## Metod experimentstudie

I experimentstudierna reproducerades flygbuller i högtalare. Inspelningar av ljud från flyghändelser genomfördes 1500 m från en av banorna på Arlanda flygplats (startande flyg). Under fyra dagar spelades sammanlagt 53 överflygningar in. En fyrkanlig mikrofon användes för att möjliggöra realistisk flerkanalig uppspelning med så kallad ambisonics-teknik. Dessutom gjordes mätningar med mätmikrofon för att fastställa flygplansljudets ljudnivå och spektrum.

I ett förförsök som genomfördes inomhus testades 30 försökspersoner som utsattes för flygplanshändelser med olika maximalnivåer, samtidigt som fysiologiska stressresponser mättes (hudkonduktans, hjärtfrekvens och blodtryck).

I huvudexperimentet testades sammanlagt 90 personer utomhus i en pergola för ändamålet uppförd utomhus vid Psykologiska institutionen, Stockholms universitet (Figur F). Pergolan var placerad på en visuellt attraktiv plats med relativt låg bakgrundsnivå (cirka 47 dB  $L_{Aeq}$ ). Deltagarna, 51 kvinnor och 39 män (medelålder = 47 år), rekryterats i huvudsak bland boende kring Bromma och Arlanda flygplats. De delades in i fyra grupper som utsattes för antingen 0, 2, 8 eller 32 händelser á 73 dB  $L_{Amax,slow}$  under sammanlagt 58 minuter (inklusive 10 minuter baslinjemätning utan flygbuller). Hudkonduktans, hjärtfrekvens och blodtryck mättes kontinuerligt under experimenttiden. Salivkortisol inhämtades vid tre tillfällen: före, precis efter och 20 minuter efter experimenttidens slut. Efter exponeringsdelen av försöket fick deltagarna besvara ett frågeformulär med olika frågor kring ljudmiljön, bland annat upplevd flygbullerstörning och upplevd stress under experimentet.

Ett talförståelseexperiment genomfördes också i pergolan. Tjugo unga försökspersoner med bra hörsel fick lyssna på listor av ord som presenterades i en separat högtalare, samtidigt som flyghändelser med olika maximalnivå spelades upp i övriga högtalare. Deltagarnas uppgift var att skriva ned varje ord som lästes upp, och deras prestation beräknades som andel korrekta svar.



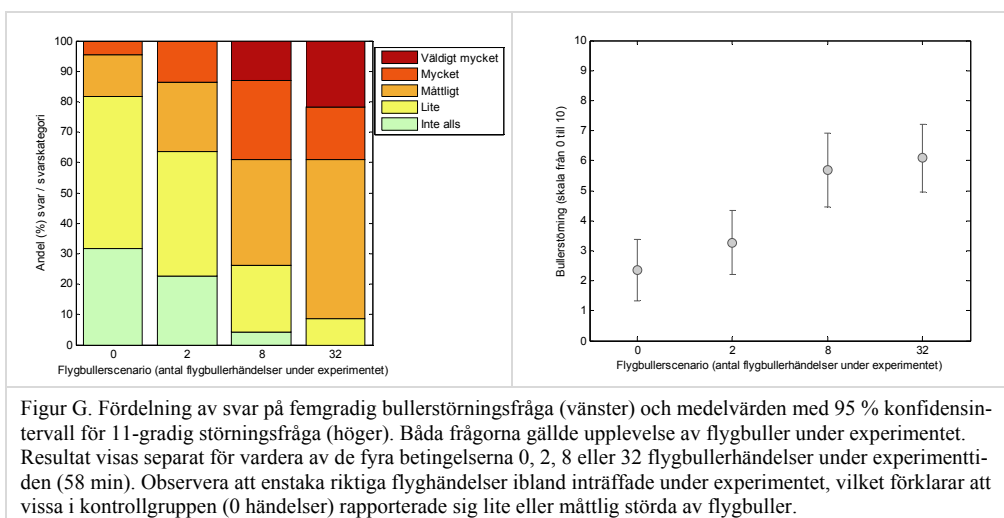
Figur F. Ritning av högtalarutrustad pergola, och foto i pergolan under kalibrering av talförståelseexperimentet.

## Resultat experimentstudie

I förförsöket, som genomfördes inomhus, sågs en tendens till samband mellan maximalnivå hos flygbuller och hudkonduktans. Men sambandet var inte entydigt och inga samband med maximalnivå sågs för övriga fysiologiska stressmått. Inte heller i huvudexperimentet, som genomfördes utomhus sågs några tydliga samband med antal flygbullerhändelser (0, 2, 8 eller 32 händelser) och fysiologiska stressmått, varken för hudkonduktans, hjärtfrekvens, och blodtryck, eller för salivkortisolnivåer.

Experimentstudien ger alltså inget stöd för att flygbuller på uteplats vid de nivåer som här testats ger upphov till tydliga akuta fysiologiska stressresponser. Resultatet kan tolkas på flera sätt, antingen ger inte flygbuller av typen som används i experimentet upphov till akuta fysiologiska responser, eller så är den fysiologiska responsen av en så låg nivå att den inte går att identifiera i den allmänna fysiologiska aktiviteten hos en stillasittande person, eller så återskapade inte experimentet en miljö i vilken fysiologiska effekter av buller kan identifieras. Till exempel kan deltagande i experimentet lett till en viss anspänning, även hos de som inte utsattes för flygbuller, vilket kan ha skymt möjliga effekter. Det negativa resultatet måste alltså tolkas med försiktighet, då det inte går att avgöra vilken kombination av ovanstående orsaker, eller andra dolda orsaker, som ligger som bakom avsaknaden av fysiologiska stressresponser.

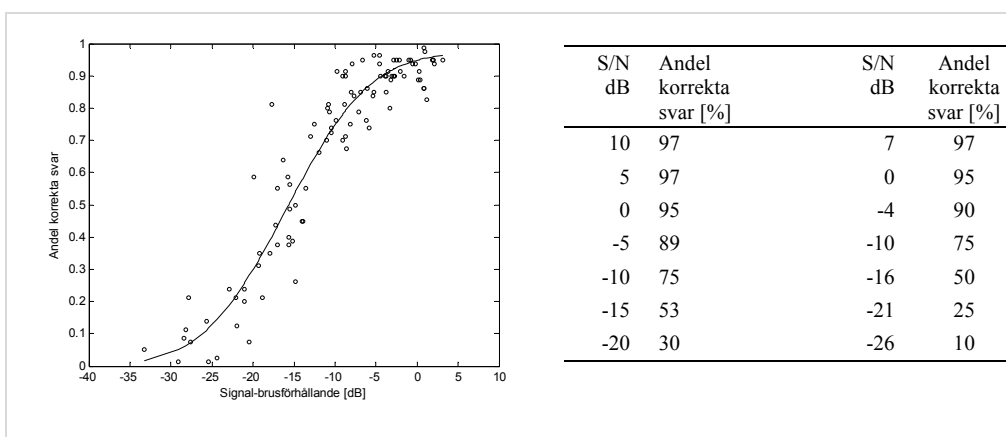
I huvudexperimentet bedömde deltagarna också ljudmiljön de upplevt under experimentet. Som väntat sågs ett tydligt samband mellan bullerstörning och antal händelser under experimentet (figur G). Bland deltagarna utsatta för 0 respektive 2 händelser angav de flesta att det var ”lite” eller ”inte alls” störda av flygbuller (vänster diagram). Medelvärden för flygbullerstörning på en 11-gradig numerisk skala var också låga för dessa deltagare, och betydligt lägre än för deltagarna utsatta för 8 och 32 händelser (höger diagram). Detta indikerar att upp till två flygbullerhändelser under en entimmes vistelse vid uteplats ger en ganska måttlig bullerstörning. Vid 8 eller 32 händelser var bullerstörningen betydligt högre, men fortfarande uppgav mindre än hälften att de upplevde bullret som ”mycket” eller ”våldigt mycket” störande. Nivån 73 dB  $L_{Amax,slow}$  upplevs alltså inte av alla som mycket störande ens vid upprepad exponering.



Figur G. Fördelning av svar på femgradig bullerstörningsfråga (vänster) och medelvärden med 95 % konfidensintervall för 11-gradig störningsfråga (höger). Båda frågorna gällde upplevelse av flygbuller under experimentet. Resultat visas separat för vardera av de fyra betingelserna 0, 2, 8 eller 32 flygbullerhändelser under experimenttiden (58 min). Observera att enstaka riktiga flyghändelser ibland inträffade under experimentet, vilket förklarar att vissa i kontrollgruppen (0 händelser) rapporterade sig lite eller måttlig störda av flygbuller.

I talförståelseexperimentet sågs ett tydligt samband mellan andel korrekt uppfattade ord och signal-brusförhållande (figur H). Andelen korrekta svar var nära 100 % vid positiva signal-brusförhållanden, det vill säga när talsignalens nivå var högre än nivån på det maskrande flygbullret. Först vid nivåer under 0 dB S/N, det vill säga när talsignal och flygbuller hade ungefär samma ljudnivå, avtog taluppfattbarheten. Talsignalen var cirka 55 dB och flygbullret översteg denna nivå under cirka 30 sekunder av flyghändelsen. Således medförde varje flyghändelse i detta experiment att taluppfattbarhet försvarades under cirka 30 sekunder per händelse.

Förutom signal-brusförhållande beräknades två andra akustiska mått, nämligen Speech Intelligibility Index (SII) och partiell hörstyrka, beräknad med Glasberg och Moores modell. Sambandet mellan andel korrekt svar och de olika måtten var ungefär lika starka, vilket tyder på att ett enkelt mått baserat på signal-brusförhållande duger bra för att förutsäga taluppfattbarhet i flygbuller utomhus.



Figur H. Andelen korrekta svar i talförståelseexperimentet som en funktion av signal-brusförhållande, S/N dB (vänster diagram). Beräknad andel korrekta svar vid olika S/N, och beräknad S/N vid olika andel korrekta svar (höger tabell). Värdet beräknade från en kumulativ normalfördelning anpassad till datapunkterna i vänster diagram (övre asymptot = 0.97, vilket motsvarar andel korrekta svar utan flygbuller).

## Projektets slutsatser

Nedan listas projektets slutsatser i relation till dess syften. Notera att slutsatserna bör tolkas med försiktighet eftersom de baseras på en enstaka studie, den första hittills av flygbuller på uteplats.

1. Såväl vardagar som helger sommartid använder en stor andel boende uteplatsen fler än en gång per dag, och en typisk vistelse varar ofta längre än en timme. Många boende är alltså exponerade för flygbuller på uteplats dagligen och ibland flera gånger per dag, åtminstone de som bor i bostäder utsatta för många flygbullerhändelser per dag. Resultaten från denna studie gav dock inget belegg för att uteplatser med mycket flygbuller används i mindre utsträckning än uteplatser utsatta för mindre flygbuller.
2. Andelen flygbullerstörda vid uteplats ökar tydligt och markant från 3-5 flyghändelser per dag  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . Vid 3-5 händelser var andelen bullerstörda cirka 16 %, medan andelen vid 6-14 händelser var närmast dubblerad (31 %). En lik-



nande trend sågs för störning i olika aktiviteter vid uteplats. Främst var aktiviteter som rör kommunikation (samtal, mobilsamtal, radiolyssnande) påverkade av flygbuller.

3. Även för exponeringsmått maximal ljudnivå (minst 1-2 gånger per dag och kväll) och dygnsekvivalent ljudnivå,  $L_{den}$ , finns ett tydligt samband med andelen flygbullerstörda vid uteplats. För maximal ljudnivå ses en ökning i andel störda redan från 60-64 dB  $L_{Amax,slow}$ . För ekvivalent ljudnivå ses en hög andel bullerstörda, 35-40 %, även bland boende utsatta för nivåer under gällande riktvärde 55 dB  $L_{den}$  utomhus vid fasad. Vid de större flygplatserna var andelen bullerstörda påtagligt högre än förväntat från sammanställning av äldre forskning, medan andelen bullerstörda vid de mindre flygplatserna var lägre än förväntat.

4. Vid jämförbar flygbullerexponering är andelen flygbullerstörda markant högre bland personer med en negativ attityd till flygtrafik jämfört med personer med en mer positiv attityd. För båda grupperna ses dock ett tydligt och starkt samband mellan flygbullerexponering och bullerstörning.

5. Statistiskt säkerställda samband observerades mellan, å ena sidan, flygbullerexponering och, å den andra, självskattade sömnproblem och stressymptom. Dessa resultat måste tolkas försiktigt vad gäller orsak och verkan, på grund av studiens upplägg som tvärsnittsstudie med ohälsoutfall endast mätt genom självrapporter. Resultaten bör ändå tas på allvar som underlag för ytterligare studier fokuserade på ohälsa och flygbuller.

6a. Den experimentella studien gav inga stöd för att flygbuller på uteplats (0, 2, 8 eller 32 händelser á 73 dB  $L_{Amax,slow}$  under 58 min) ger upphov till fysiologiska stressresponser (hudkonduktans, hjärtfrekvens, blodtryck eller kortisolnivå i saliv).

6b. Resultaten från utomhusexperimentet indikerar att upp till två flygbullerhändelser under en entimmes vistelse vid uteplats ger en ganska måttlig bullerstörning. Vid 8 eller 32 händelser var bullerstörningen betydligt högre, men fortfarande uppgav mindre än hälften att de upplevde bullret som 'mycket' eller 'väldigt mycket' störande.

6c. Taluppfattbarhet av enskilda ord på uteplats under flygbullerexponering börjar påverkas vid ett signal-brusförhållande kring 0 dB och avtar sedan snabbt med minskat signal-brusförhållande (S/N). I försöket sattes en komfortabel talsignal till cirka 55 dB, vilket innebär att taluppfattbarheten påverkades negativt under den tid denna nivå överskreds, vilket motsvarade cirka 30 sekunder per händelse.

7. Sammantaget tyder resultaten i denna studie på att andelen flygbullerstörda boende kan förväntas vara låg om 70 dB  $L_{Amax,slow}$  inte överskrids mer än 3-5 gånger per dag och kväll, och högst 2 gånger per timme.

## Abstract

The overall aim of this project was to assess chronic and acute effects of aircraft noise on outdoor living places, such as residential balconies, patios and terraces. It was of particular interest to relate noise disturbances to the Swedish guideline value of 70 dB  $L_{Amax,slow}$  at outdoor living places. The project consisted of two parts: a questionnaire survey, and an experimental study. Seven Swedish airports were selected for the survey, and questionnaires were sent out to 4786 residents, of whom 3130 answered (response rate 65 %). The questionnaire included questions on noise annoyance and activity disturbances as experienced at the resident's main outdoor living place. Aircraft noise exposure,  $L_{Amax,slow}$  and  $L_{den}$ , was calculated using the Integrated Noise Model (INM 7.0). The main result was a strong and consistent relationship between the proportion of residents annoyed by aircraft noise at their outdoor living place and the number of aircraft events  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . The proportion of annoyed residents increased rapidly from exposures greater than 3-5 events per day and evening. The same trend was found for activity disturbances at outdoor living places, in particular, disturbances related to speech communication, such as conversation or radio listening. The proportion of annoyed residents in relation to  $L_{den}$  was greater than expected from established dose-response curves, and was found to be high, > 30 %, also among residents exposed below the Swedish guideline value for aircraft noise outdoors at the facade, 55 dB  $L_{den}$ . In the experiment, 90 persons were exposed to aircraft noise for about one hour while seated at a patio. The participants were exposed through loudspeakers to either 0, 2, 8 or 32 events of aircraft noise, each event had a maximum level of 73 dB  $L_{Amax,slow}$ . Measures of acute physiological stress indicators, including electro dermal activity, blood pressure and saliva cortisol, did not show any association with aircraft exposure. Assessments of noise annoyance after the experiment suggested low annoyance for up to 2 events and considerably higher annoyance for eight or more events during the one hour stay at the patio. The result of a separate experiment suggested impaired speech intelligibility of single words at the patio at periods when the aircraft noise exceeded 55 dBA. Taken together, the results of this project suggest that aircraft noise annoyance at outdoor living spaces would be limited if 70 dB  $L_{Amax,slow}$  is not exceeded more than 3-5 times per day and evening, and not more than 2 times per hour.

# Inledning

Flygbuller i boendemiljö upplevs av många som störande och försvårar samtal, koncentration, vila och sömn. Det finns också belägg för ett samband mellan flygbuller och försämrad inlärning hos barn, respektive ökad risk för kroniskt högt blodtryck bland vuxna boende vid flygplatser.

I Sverige tillämpas flera riktvärden för nivåer av flygbuller inomhus och utomhus i bostäder. Riktvärden inomhus kan vanligen klaras, åtminstone med stängda fönster. Riktvärden utomhus är svårare att uppnå och detta gäller särskilt riktvärdet på uteplats, 70 dB maximalnivå ( $L_{Amax,slow}$ ). Detta riktvärde är omdiskuterat eftersom det begränsar möjligheten att bebygga områden nära flygplatser. Diskussionen har främst rört antalet tillåtna överskridanden per dag och kväll. Frågan är viktig eftersom den rör avvägningen mellan stadsutveckling i närhet av flygplatser och risken för hälsopåverkan bland boende i framtida bostadsområden. Denna studie motiveras av att det behövs ett större kunskapsunderlag för rekommendationer rörande tillämpning av riktvärdet för flygbuller på uteplats.

Nedan ges en bakgrund till studien, uppdelat på avsnitt om riktvärden för flygbuller, antal exponerade, kunskapsläget kring flygbuller och hälsa, samt en beskrivning av studiens övergripande och specifika syften.

## Bakgrund

I detta avsnitt presenteras riktvärden för flygbuller följt av korta sammanfattningar av kunskapsläget gällande olika effekter av flygbuller i boendemiljö. För mer detaljerade sammanställningar om trafikbuller och hälsa, se WHO:s senaste rapporter [1, 2], och den sammanställning av kunskapsläget som nyligen publicerats av Naturvårdsverket [3]. Sammanställningen i denna rapport är särskilt inriktad på de effekter som är relevanta för riktvärdet 70 dB  $L_{Amax,slow}$  på uteplats. Det skall redan här sägas att det i stort sett saknas forskning kring effekter av flygbuller på uteplats nära bostaden eller i bostadsområden. Därför kan slutsatser endast bli generaliseringar från allmän kunskap om hälsoeffekter av trafikbuller till möjliga effekter av flygbuller på uteplats.

### Riktvärden

I Sverige tillämpas fyra riktvärden för flygbuller [4]. Dessa riktvärden skall tillämpas vid nybyggnation eller väsentlig ombyggnad av bostäder så långt det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt. Två riktvärden avser ljudnivå inomhus: 30 dB  $L_{den}$  och 45 dB  $L_{Amax,fast}$  inomhus nattetid, och två riktvärden avser ljudnivå utomhus: 55 dB  $L_{den}$  utomhus vid fasad, och 70 dB  $L_{Amax,slow}$  vid uteplats<sup>1</sup>.

Riktvärden inomhus kan vanligen klaras, åtminstone med stängda fönster, genom att bostäder förses med fasader, tak och fönster med en tillräckligt hög ljudreduktion. Riktvärden utomhus är svårare att hålla. Detta gäller för samtliga trafikslag. För väg- och tågtrafik finns dock möjligheten att konstruera vägbanor och räls för minskad ljudemission, att bygga bullerskärmar som skyddar mot buller, och att

---

<sup>1</sup>  $L_{den}$ : Dygnsviktad ekvivalent ljudnivå, med viktningen + 5 dB för flygbuller kvällstid (18-22) och + 10 dB för flygbuller nattetid (22-06).  $L_{Amax}$ : A-vägd maximal ljudnivå, med integrationstiden 0.125 s (fast) eller 1 s (slow).

bygga bostäder så att dessa får tillgång till en bullerskärmad sida, där exempelvis sovrum och uteplats kan förläggas. För flygbuller saknas en motsvarande arsenal av åtgärder. Avståndet till flygtrafiken blir därför helt avgörande, vilket innebär att strikta utomhusriktvärden för flygbuller begränsar möjligheten att bygga bostäder nära flygplatser.

En viktig fråga för tillämpningen av riktvärdet på uteplats är vilket antal överskridanden per dag och kväll som kan vara acceptabelt. I sin redovisning av ett regeringsuppdrag år 2001, angav Naturvårdsverket att det vore för strikt att inte tillåta några överskridanden av 70 dB  $L_{Amax,slow}$  och föreslog därför att högst 3 händelser per dag och kväll skall tillåtas [5]. Detta har kommit att bli vägledande i tolkningen av detta riktvärde [6, 7]. Naturvårdsverket uppdaterade allmänna råd från 2008 anger dock inte något antal, utan konstaterar att flygverksamhet som regelbundet överskrider riktvärden bör anses vara skäl nog för att anta att risk för olägenheter för människor och miljön kan förekomma, med förtydligandet att begreppet regelbundet "... bör tolkas efter vad som är rimligt från störningssynpunkt". ([8], sidan 57).

### Antal exponerade

Antalet svenskar exponerade för flygbuller över riktvärdet utomhus vid fasad, 55 dB  $L_{den}$ , har beräknats till 13 000 personer [7]. Betydligt fler exponeras över riktvärdet på uteplats. Enligt en sammanställning av exponerade boende kring Swedavias flygplatser, var antalet exponerade för 3 eller fler händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  vid uteplats cirka tio gånger högre än antalet som exponerades över 55 dB  $L_{den}$  ([9], se också Tabell 1 på sidan 24).

Antalet svenskar som är exponerade för väg- och spårtrafikbuller över gällande riktvärden är betydligt fler än för flygbuller. För vägtrafik har beräknats att runt 1,5 miljoner är exponerade för nivåer över gällande riktvärde utomhus vid fasad (55 dB  $L_{Aeq,24h}$ ), för spårbuller är motsvarande siffra cirka 500 000 [7].

### Bullerstörning

I Sverige är vägtrafikbuller den ljudkälla som orsakar mest bullerstörning, följt av buller från grannar. I Socialstyrelsens miljöhälsoenkät 2009 uppgav cirka 12 % att de var störda av vägtrafikbuller minst en gång per vecka, för grannar var siffran 9 %. Andelen bullerstörda av flygtrafik var lägre, cirka 3 %, vilket var ungefär lika stor andel som för spårtrafik [10].

Miedema och Oudshoorn [11] har publicerat den hittills mest omfattande och genomarbetade sambandsanalysen av andelen bullerstörda som funktion av ekvivalent ljudnivå från trafik. Studien baserades på 54 studier av väg-, flyg- eller spårbullerstörning. Denna metaanalys visar att vid samma ekvivalenta ljudnivå ( $L_{den}$ ) är andelen bullerstörda störst för flygtrafik, därefter för vägtrafik och minst för spårtrafik. En orsak till detta kan vara att bostäder exponerade för flygbuller, till skillnad från bostäder exponerade för väg- eller spårtrafik, nästan aldrig har tillgång till en tyst sida av bostaden.

Nyligen genomförda studier visar att antalet flygbullerstörda är högre än förväntat enligt Miedema och Oudshoorns metaanalys [12, 13]. Detta rör sig inte om en allmän trend i bullerstörningsstudier, eftersom motsvarande ökning inte har setts

för andra trafikslag. Vad som orsakat ökningen av andelen flygbullerstörda under senare år är dock fortfarande oklart.

Vissa studier har skiljt på bullerstörning upplevd inomhus respektive utomhus. Nilsson och Berglund [14] visade i en fältstudie av vägtrafikbuller att de boende var betydligt mer störda av buller utomhus än inomhus. Endast i ett fåtal studier har man frågat direkt om bullerstörning på uteplats. Öhrström och medarbetare [15] fann en kraftig minskning av störning vid balkong eller uteplats efter en minskning av vägtrafikbuller med upp till 17 dB, från som mest 71 dB  $L_{Aeq,24h}$ . I en vägtrafikstudie utförd inom forskningsprogrammet "Ljudlandskap för bättre hälsa" uppgav cirka 20 % av de tillfrågade att buller störde vila och återhämtning på uteplats/balkong i bostäder med 55 dB  $L_{Aeq,24h}$  vid fasad. I ett kontrollområde med < 45 dB  $L_{Aeq,24h}$  trafikbuller vid fasad uppgav endast 3 % bullerstörning vid uteplats/balkong ([16, 17]). Vi har inte funnit några motsvarande studier av flygbullerstörning på uteplats.

Maximalnivåer och ekvivalentnivåer är ofta högt korrelerade, vilket gör det svårt att statistiskt avgöra hur mycket bättre det ena eller andra måttet är som indikator på bullerstörning eller annan ohälsoeffekt [18]. I tidiga studier, främst den Skandinaviska flygbullerundersökningen, påvisade Rylander och Björkman med medarbetare en ökning av antalet störda upp till cirka 50 överflygningar per dag och kväll, varefter andelen störda var relativt konstant [19] och de har argumenterat för att antalet händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax}$  är en bättre indikator på flygbullerstörning än  $L_{den}$  [20]. Flera andra studier visar dock att ekvivalentnivåns implicita sammanvägning av antal överflygningar och deras ljudenergi är väl lämpad som indikator på flygbullerstörning [21, 22]. Forskning som stödjer detta saknas dock helt vad gäller effekter på uteplats.

### Taluppfattbarhet

Buller förhindrar språkförståelse genom att maskera talsignalen. Hur stor den maskerande effekten är beror främst på mängden ljudenergi i bullret i frekvensområdet för tal. Ett antal studier har genomförts av talmaskering inomhus, till exempel i klassrum (t.ex. [23-25]). Men det saknas systematiska studier av hur flygbuller påverkar talkommunikation utomhus. Hygge [18] har dock beräknat utifrån typiska spektra att en A-vägd ljudnivå på cirka 55 dB utgör gränsen för acceptabel talstörning för såväl spår-, väg- som flygbuller. Acceptabel talstörning definieras då som 95 % taluppfattbarhet för normalt tal på 1 m avstånd. Under den tid 55 dBA överskrids är alltså taluppfattbarheten lägre än 95 %, och närmar sig 0 % vid 70-75 dBA.

Vid uteplats kommer 55 dBA att överskridas under relativt lång del av en normal överflygning, även om maximalnivån ligger under 70 dBA. Hur lång tid en överflygning pågår och hur hög dess ljudnivå är på en given uteplats beror på en rad faktorer, främst uteplatsens läge i förhållande till flygplatsen, på flygplanstyp och väderförhållanden. Exempel från mätningar i bostäder belägna rakt under inflygning till en flygplats, med maximalnivåer från 68 till 75 dB  $L_{Amax}$ , visade att 55 dB överskreds under cirka 20 till 40 sekunder per flyghändelse [26].

## Sömnstörning

En av de allvarligaste effekterna av samhällsbuller är sömnstörning. Ostörd sömn är en förutsättning för fysiolgisk och mental hälsa. Buller försvårar insomning, påverkar sömndjup, leder till väckningar under sömn och till för tidigt uppvaknande. En bullerstörd nattsömn kan dagen efter leda till upplevd minskad sömnkvalitet, trötthet, nedstämdhet eller olustkänslor och minskad prestationsförmåga [1].

Sömnstörning är främst ett problem inomhus nattetid. De mest känsliga perioderna för sömnstörning är vid insomnandet och före normalt uppvaknande. Riktvärdet 70 dB  $L_{Amax}$  på uteplats är avsett att skydda möjligheter till avkoppling, återhämtning och vila utomhus eller på balkong under dag- och kvällstid. Därför är sömnstörning inte avgörande för bedömning av riktvärdet vid uteplats. Riktvärdet kan dock också ha en skyddande effekt för personer som sover dagtid, till exempel skift- och nattarbetare och små barn eftersom det säkerställer maximalnivåer inomhus dagtid på högst 45 dB  $L_{Amax}$  (givet en fasaddämpning på minst 25 dB).

## Hjärt-kärleffekter

Allt fler studier pekar mot ett samband mellan långvarig flygbullerexponering och förhöjd risk för hjärt-kärlrelaterade besvär, främst högt blodtryck [27-31]. Den gängse teorin är att buller ger upphov till akuta fysiologiska stressreaktioner som efter långvarig exponering kan leda till kroniska besvär [32]. Höga kvarstående stresshormonnivåer ökar också risken för hjärt-kärlpåverkan genom bland annat utveckling av högt blodtryck som i sin tur kan öka risken för bland annat hjärtinfarkt och stroke. Det finns vissa belägg för att störning under sömn kan vara särskilt allvarligt i detta sammanhang [30]. Vilken roll störning på uteplats har för dessa risker är omöjligt att säga. Det kan inte uteslutas att det finns ett samband, genom att buller på uteplats försvårar psykologisk och fysiologisk återhämtning efter en stressfylld arbetsdag. En indikation på detta kan vara fysiologiska stressreaktioner vid flygbullerexponering på uteplats, men här saknas tidigare studier.

## Syfte

Projektets övergripande syfte var att ge ett empiriskt underlag för bedömning av flygbuller på uteplats, särskilt frågan om bullerstörning i relation till antal överskridanden av maximalnivån 70 dB  $L_{Amax,slow}$ .

Projektet bestod av två delar: en frågeformulärsstudie bland boende kring sju svenska flygplatser och en experimentstudie där försöksdeltagare exponerades för flygbuller från högtalare. Projektets specifika syften listas nedan. Frågeformulärsstudien hade syfte 1-5 och 7, och experimentstudien syfte 6 och 7.

1. Kartlägga användning av uteplats bland boende kring svenska flygplatser.
2. Uppskatta bullerstörning och aktivitetstörning på uteplats i relation till antal flyghändelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ .
3. Uppskatta bullerstörning och aktivitetstörning på uteplats i relation till maximalnivåer (över och under 70 dB) och dygnsviktad ekvivalentnivå ( $L_{den}$ ).
4. Belysa betydelsen av attityd till flygtrafik och ljudkänslighet för rapportering av flygbullerstörning.

5. Uppskatta effekter av flygbullerexponering på självrapporterade stressymptom och sömnproblem.
6. Studera akuta negativa effekter av flygbuller vid en vistelse på en uteplats, särskilt (a) effekter på akuta fysiologiska stressreaktioner (inklusive hudkonduktans, hjärtfrekvens, salivkortisol), (b) effekter på självskattade störning och upplevd stress, samt (c) effekter på talförståelse.
7. Bedöma projektets resultat i relation till riktvärdet 70 dB  $L_{Amax,slow}$  på uteplats, främst vad gäller antalet tillåtna överskridanden per dag och kväll.

# Frågeformulärsundersökning

Frågeformulärsundersökningen genomfördes under hösten 2011. Statistiska Centralbyrån (SCB) genomförde utskick av frågeformulär till ett urval av boende kring sju svenska flygplatser, och Swedavia beräknade flygbullerkonturer kring de sju flygplatserna.

Frågeformulärsstudiens specifika syften var att:

1. Kartlägga användning av uteplats bland boende kring svenska flygplatser.
2. Uppskatta bullerstörning och aktivitetsstörning på uteplats i relation till antal flyghändelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ .
3. Uppskatta bullerstörning och aktivitetsstörning på uteplats i relation till maximalnivåer (över och under 70 dB) och dygnsviktad ekvivalentnivå ( $L_{den}$ ).
4. Belysa betydelsen av attityd till flygtrafik och ljudkänslighet för rapportering av flygbullerstörning.
5. Uppskatta effekter av flygbullerexponering på självrapporterade stressymptom och sömnproblem.

Nedan beskrivs metodik för urval av deltagare och insamling av frågeformulärdata, följt av en detaljerad resultatredovisning och en sammanfattning av de viktigaste resultaten.

## Metod

### Urval av flygplatser

Syftet med urvalet av flygplatser var (1) att finna boende som utsätts för olika kombinationer av antal händelser och maximalnivåer, (2) att inkludera boende från flygplatser i olika delar av landet, samt (3) att möjliggöra jämförelser mellan stora och små flygplatser. Eftersom Swedavia stod för alla bullerberäkningar, skedde urvalet bland deras flygplatser. Efter diskussioner i projektgruppen och referensgruppen valdes slutligen fem större och två mindre flygplatser, se tabell 1.

### Beräkning av flygbullerexponering

Swedavia beräknade flygbullerkonturer kring de sju flygplatserna, med hjälp av den datoriserade beräkningsmodellen INM 7.0 [33]. INM 7.0 med dess underliggande teori överensstämmer med den metodbeskrivning som European Civil Aviation Conference redovisat i ECAC dokument 29, version 3 [34] och ICAO Circular 205 [35]. Transportstyrelsen, Försvarsmakten och Naturvårdsverket har tagit fram en gemensam promemoria som redovisar de principer som ska gälla för kvalitets-säkring av flygbullerberäkningar [36]. I promemorian skrivs att det är gällande version av ECAC dokument 29 (version 3) som ska vara den metodmässiga utgångspunkten för flygbullerberäkningar.

INM 7.0 tillämpar en internationell prestanda- och flygbullerdatas databas kallad ANP som godkänts av ECAC. ANP-databasen innehåller för närvarande detaljerad information för omkring 150 olika flygplanstyper vilket teoretiskt ger möjlighet till ett mycket precist beräkningsförfarande.



Tabell 1. Swedavias flygplatser: Antal landningar per år och beräknat antal boende exponerade över svenska utomhusriktvärden för flygbuller (gråmarkerade fält anger de flygplatser som ingick i studien).

Flygplats	IATA-kod	Antal landningar <sup>a</sup>	Antal personer exponerade för $L_{den} \geq 55$ dB <sup>b</sup>	Antal personer exponerade för $\geq 3$ händelser 70 dB $L_{Amax,slow}$ <sup>b</sup>
Göteborg-Landvetter	LAV	34751	505	2092
Jönköping	JKG	8619	45	142
Karlstad	KSD	3118	0	62
Kiruna	KRN	2960	0	0
Malmö-Sturup	MMX	19813	57	2715
Skellefteå	SFT	3368	1	22
Stockholm-Arlanda	ARN	106445	1903	4427
Stockholm-Bromma	BMA	33511	7983	80298
Sundsvall-Härnösand	SDL	5025	0	82
Umeå	UME	11537	95	13740
Visby	VBY	9983	39	431
Ängelholm-Helsingborg <sup>c</sup>	AGH	5376	0	1676
Örnsköldsvik	OER	2180	0	0
Åre-Östersund	OSD	3965	0	1041
			10628	106728

<sup>a</sup> Uppgift från transportstyrelsen för år 2011 [37].

<sup>b</sup> Uppgift från Swedavia, baserad på data från olika år mellan 2003 och 2009 [9].

<sup>c</sup> Ängelholm-Helsingborg flygplats drivs inte av Swedavia från och med 2011.

Bullerberäkningarna är utförda med antagande om platt mark med utgångspunkt från rullbanans höjd över havet. I beräkningarna används främst standardprofiler för start och landningsprocedurer. Hänsyn har tagits till vilken destination som har trafikerats. Startvikten på respektive flygplan är beroende av avstånd till destinationen och påverkar därmed bland annat startproceduren och stigprestanda.

Bullerkonturer för dygnsvägd ekvivalentnivå,  $L_{den}$ , är beräknade med rekursivt rutnät med förfining och toleranser anpassade till storleken på rutnätet och beräknade ljudnivåer för respektive flygplats.

Detaljerade beräkningsraster har beräknats för maximal ljudnivå vilka analyserats med hjälp av verktyget Transparent Noise Information Package (TNIP). Endast buller från operationer i luften och på start och landningsbanan ingår i beräkningarna. Internationell standardatmosfär inklusive en standardtemperatur på 15°C samt 8 knops motvind har använts på alla flygplatser.

Swedavias flygvägsuppföljningssystem, ANOMS med tillhörande exporteringsprogram har använts för att ta fram indata för bullerberäkningarna. Flygvägsuppföljningssystemet får indata i form av radardata och så kallade färdplaner vilka länkas samman med hänsyn till transponderkod och givna tidskriterier. Dessa data kan i systemet användas för att bestämma enskilda flygningars geografiska position. Uppgifterna, avseende flygplanstyp, operationstyp (landning/start), bana, flyg-

väg, destination och antal rörelser har använts som underlag för bullerberäkning. Antalet rörelser har jämförts med och justerats med hänsyn till Swedavias officiella faktureringsstatistik.

Beräkningarna avser flygbullerexponering under år 2010 eller 2011. Det senare för Arlanda, Landvetter och Umeå flygplats där antalet flygrörelser eller flygmönster ändrats så att tillgängliga data för år 2010 riskerade att bli missvisande. För övriga flygplatser visade en preliminär analys av Swedavia att skillnaden mellan 2010 och 2011 var mindre än en 1 dB och därför användes befintliga beräkningar för 2010 för dessa flygplatser.

För varje flygplats beräknades konturer för fem intervall av maximalnivåer ( $L_{Amax,slow}$ ) och sex intervall av händelser, sammanlagt 30 konturer per flygplats. Dessa kombinationer är numrerade 1 till 30 i tabell 2.

Dessutom beräknades för varje flygplats konturer för dygnsviktad ekvivalentnivå,  $L_{den}$ . För alla flygplatser beräknades konturer 1-dB intervall, från 45 eller 50 dB  $L_{den}$ . I de analyser som redovisas nedan användes följande intervall: < 50, 50-54, 55-59, och 60-64  $L_{den}$ .

### Urval av undersökningsadresser

Urvalet av undersökningsdeltagare genomfördes av Statistiska centralbyrån (SCB). Utifrån Swedavias bullerkartor identifierades samtliga adresser vid varje flygplats inom vardera av de 30 kombinationer av antal händelser och maximalnivå (se tabell 2), vilket ger totalt  $7 \times 30 = 210$  kombinationer, eller 'strata', av flygplats, antal händelser och maximalnivå och en population om totalt 560,460 individer (30/6 2011). Ur denna population drog SCB slumpmässigt deltagare i varje stratum för att tillfrågas om medverkan i frågeformulärsstudien. Efter diskussioner med SCB beslöt man att urvalsstorleken skulle vara cirka 5200 individer. Stickprovets storlek bestämdes utifrån uppsatta precisions- och kostnadskrav.

För att säkerställa att tillräckligt många boende med hög flygbullerexponering deltog, valde vi att dra fler personer i de exponeringskombinationer som hade hög exponering (35 personer från strata 15-30) än i kombinationer med lägre exponering (26 personer från 1-14). Observera att en och samma adress vanligen tillhörde flera strata (dock högst en exponeringskombination per rad i tabell 2). Om exempelvis en adress enligt beräkningarna hade 4 händelser med 70-74 dB, 8 händelser med 65-69 dB och 20 händelser med 60-64 dB  $L_{Amax,slow}$  så hamnade denna adress i tre strata (motsvarande nummer 14, 9 och 4 i tabell 2). Av det skälet bestämdes en adress stratumtillhörighet till det av dess strata som hade det högsta maximalnivåvärdet (och därmed högsta numret i tabell 2).

Tabell 2. Kombinationer av antal händelser och maximalnivå som utgjorde bas för urval till frågeformulärsundersökningen. För varje flygplats definierades 30 sådana kombinationer (i tabellen numrerade 1-30), vilket ger totalt  $7 \times 30 = 210$  'strata' ur vilka deltagare slumpmässigt valdes för att tillfrågas om medverkan i frågeformulärsstudien.

dB	$N = 1-2$	$N = 3-5$	$N = 6-14$	$N = 15-29$	$N = 30-59$	$N \geq 60$
$L_{Amax,slow}$						
60-64	1	2	3	4	5	6
65-69	7	8	9	10	11	12
70-74	13	14	15	16	17	18
75-79	19	20	21	22	23	24
$\geq 80$	25	26	27	28	29	30

I de fall då populationen inte hade tillräckligt med individer i ett stratum, drogs resterande antal jämt från övriga flygplatser inom samma kombination, och då antalet blev ojämnt prioriterades de mindre flygplatserna, se exemplet nedan.

Exempel:

Ur stratum ”MMX: 30-59 händelser, 75-79 dB  $L_{Amax,slow}$ ”, skulle enligt planen 35 individer väljas. Dock fanns i populationen endast 26 personer i detta stratum. Samtliga dessa valdes och dessutom tillfrågades 9 personer från resterande flygplatser med samma kombination av händelser och maximalnivå (”30-59 händelser, 75-79 dB  $L_{Amax,slow}$ ”). Först plockades en person från vardera av de resterande 6 flygplatserna. Sedan drogs resterande tre individer från Östersund, Ängelholm och Umeå.

På detta sätt nådde vi önskat antal individer i varje kombination av maximalnivå och antal händelser. Undantaget var samtliga strata med  $\geq 60$  händelser. För ” $\geq 60$  händelser,  $\geq 80$  dB  $L_{Amax,slow}$ ” fanns endast åtta personer tillgängliga i populationen, samtliga från Bromma eller Arlanda flygplats. För övriga strata med  $\geq 60$  hade samtliga personer också någon händelse med högre maximalnivå. Exempelvis var samtliga boende med ” $> 60$  händelser,  $\geq 75$  dB  $L_{Amax,slow}$ ”, kombination 24 i Tabell 2, också utsatta för händelser  $\geq 80$  dB  $L_{Amax,slow}$  och kom därför att tillhöra någon av kombinationerna 25 - 30 i Tabell 2.

### Svarsfrekvenser

Urvalsmetoden som redovisas ovan gav ett bruttourval på 5189 personer. Innan frågeformuläret skickades ut genomfördes en identifikationskontroll av personerna i bruttourvalet för att få fram aktuella adressuppgifter. Det visade sig att 403 personer inte längre tillhörde populationen. Majoriteten av dessa hade flyttat, och några hade avlidit i perioden mellan att bruttourvalet gjordes (30/6, 2011) och slutligt urval fastställdes (18/8, 2011). Det första utskicket av frågeformulär gjordes den 5/9, 2011.

Nettourvalet kom därför att bestå av 4786 personer, till vilka frågeformulär skickades ut. Totalt besvarades 3130 formulär, vilket ger en svarsfrekvens på 65 %. Av de 3130 formulären hade 48 besvarats av fel person i hushållet (med dessa borträknade blir svarsfrekvensen 64 %). Vi har valt att behålla dessa i undersökningen, eftersom analyser inte indikerade att dessa var avvikande med avseende på bullerstörning. Tabell 3 visar svarsfrekvens för varje kombination av antal händelser och maximalnivå, sammantaget för samtliga flygplatser.

Notera att den urvalsmetod som beskrevs ovan baserades på en första preliminär uppsättning bullerkartor. På grund av att enkätundersökningen genomfördes under sensommaren 2011 och beräkningsdata för hela året 2011 därför inte kunde användas, utfördes urvalet via kartor med 2010 års siffror som bas. Swedavia levererade i början på 2012 kartor för år 2011, i de fall då 2011 skiljde sig mer än 1 dB jämfört mot 2010 års bullerutbredningskarta. De uppdaterade och mer noggranna kartor som Swedavia senare producerade skilde sig i vissa fall från de som hade använts vid urvalet. Därför kom en del svarande att i efterhand byta stratum. De analyser som presenteras i resultatdelen baseras på de uppdaterade flygbullerkartorna.

Tabell 3. Antal deltagare och svarsfrekvens för varje kombination av antal händelser och maximalnivå.

dB $L_{Amax,slow}$	Antal besvarade enkäter (svarsfrekvens i %)					
	$N = 1-2$	$N = 3-5$	$N = 6-14$	$N = 15-29$	$N = 30-59$	$N \geq 60$
60-64	112 (63)	101 (58)	107 (62)	110 (65)	101 (58)	0 (-)
65-69	115 (65)	110 (65)	109 (65)	99 (58)	98 (56)	0 (-)
70-74	113 (65)	111 (66)	121 (70)	113 (67)	115 (66)	0 (-)
75-79	159 (68)	157 (70)	149 (65)	149 (63)	131 (60)	0 (-)
$\geq 80$	159 (68)	140 (60)	148 (65)	146 (65)	151 (66)	5 (63)

## Frågeformulär

Frågeformuläret introducerades som en undersökning om trafik i allmänhet, utan att specifikt nämna flygbuller eller närmaste flygplats. Därför ställdes frågor om flygbuller alltid tillsammans med motsvarande fråga om vägtrafikbuller och spårbuller. Endast de tre sista frågorna i formuläret handlade specifikt om den närmaste flygplatsen.

Frågeformuläret bestod av fem delar och innehöll totalt 39 frågor (bilaga A). Den första delen innehöll bakgrundsfrågor om ålder, kön, civilstånd och liknande. Den andra delen innehöll frågor om typ av bostad, byggnadsår, och bulleråtgärder. Den tredje delen innehöll frågor om uteplatsen, dess utformning och läge, hur och när den använts, samt frågor om upplevd bullerstörning vid vistelse på uteplatsen. Den fjärde delen innehöll allmänna frågor om bullerstörning och sömnstörning, utan referens till uteplatsen. Den femte delen innehöll frågor om hälsostatus, ljudkänslighet, och attityder till väg-, spår- och flygtrafik.

Bullerstörning mättes genomgående med en femgradig skala med svarsalternativen ”inte alls”, ”lite”, ”måttligt”, ”mycket” och ”väldigt mycket” störd av buller. Frågorna gällde dels specifikt bullerstörning vid uteplats och dels i allmänhet när man vistats hemma under de senaste 12 månaderna. Den senare frågan motsvarar den internationellt rekommenderade skalan för att mäta bullerstörning i frågeformulärsstudier [38]. Personer som svarade att de upplever sig ”mycket” eller ”väldigt mycket” störda av buller klassificerades som bullerstörda, medan personer som svarade ”inte alls”, ”lite”, eller ”måttligt” störda av buller klassificerades som icke bullerstörda.

Ljudkänslighet (eng. *noise sensitivity*) är en personlighetsegenskap som tidigare forskning visat är korrelerad med självrapporterad bullerstörning [39]. I denna studie mättes ljudkänslighet med tre frågor ur Weinstein's noise sensitivity scale [40]. Frågorna bestod av påståenden av typen ”Jag är känslig för ljud”, vilka bedömdes på en sexgradig skala från ”Tar helt avstånd” till ”Instämmer helt”. Svaren kodades från 1 (låg ljudkänslighet) till 6 (hög ljudkänslighet) och medelvärdespoäng på de tre frågorna beräknades. Personer med medelpoäng  $\geq 5$  klassificerades som ljudkänsliga och övriga som ej ljudkänsliga personer.

Attityder till ljudkällan är en annan personfaktor som kopplats till självrapporterad bullerstörning [41]. Tre frågor relaterade till sådana attityder ingick i frågeformuläret:

(1) I tidigare studier av flygbuller har man framför allt sett ett samband mellan bullerstörning och rädsla för flygolyckor [41]. En sådan fråga ingick därför i enkäten: ”Händer det att du oroar dig för att ett flygplan skall störta i ditt bostadsom-

råde?”, personer som svarat ”Ja, ofta” eller ”Ja, alltid” klassificerades som personer med rädsla för flygolyckor i hemmet.

(2) En fråga gällde attityd till den egna flygplatsen. Denna fråga har tidigare använts i en större undersökning av flera europeiska storflygplatser [12]. Den egna flygplatsen bedömdes på en 11-gradig skala från 0 (”Mycket negativt inställd”) till 10 (”Mycket positivt inställd”). Personer som angav ett värde  $< 3$  klassificerades som personer med en negativ attityd till den egna flygplatsen.

(3) Dessutom ingick tre frågor om hur samhället i framtiden bör satsa på väg-, spår- respektive flygtrafik. Dessa frågor utvecklades specifikt för denna studie i syfte att mäta allmän inställning till de olika trafikslagen. Personer som uppgav att samhället borde vidta åtgärder för att minska användningen av flygtrafik klassificerades som personer med en negativ attityd till flygtrafik i allmänhet.

Två frågor gällde sömnstörning. Den första av dessa frågade specifikt om sömnstörningar orsakade av flygbuller, och personer som svarade att de under de senaste 12 månaderna varit ”Mycket” eller ”Väldigt mycket” sömnstörda på grund av flygbuller klassificerades som personer med flygbullerstörd sömn. Den andra frågan gällde allmänna sömnproblem under de senaste 12 månaderna. Frågan gällde hur ofta man upplevt vardera av fyra symptom: ”svårigheter att somna”, ”upprepade uppvaknanden”, ”för tidigt uppvaknande” och ”störd/orolig sömn”. Personer som svarade ”någon/några gånger i veckan” eller ”varje dygn” på minst tre av dessa symptom klassificerades som personer med allmänna sömnproblem.

En fråga gällde hur ofta personen upplevt vardera av sex stressymptom: ”mycket trött”, ”allmänna obehagskänslor i magen”, ”ledsen och nedstämd”, ”osällskaplig och föredra att vara ifred”, ”irriterad och vresig”, och ”känna sig stressad”. Denna fråga har utvecklats och använts av Öhrström i tidigare svenska bullerstudier [42, 43]. Personer som svarade ”någon/några gånger i veckan” eller ”varje dag” på minst fyra av de sex symptom klassificerades som personer med stressymptom.

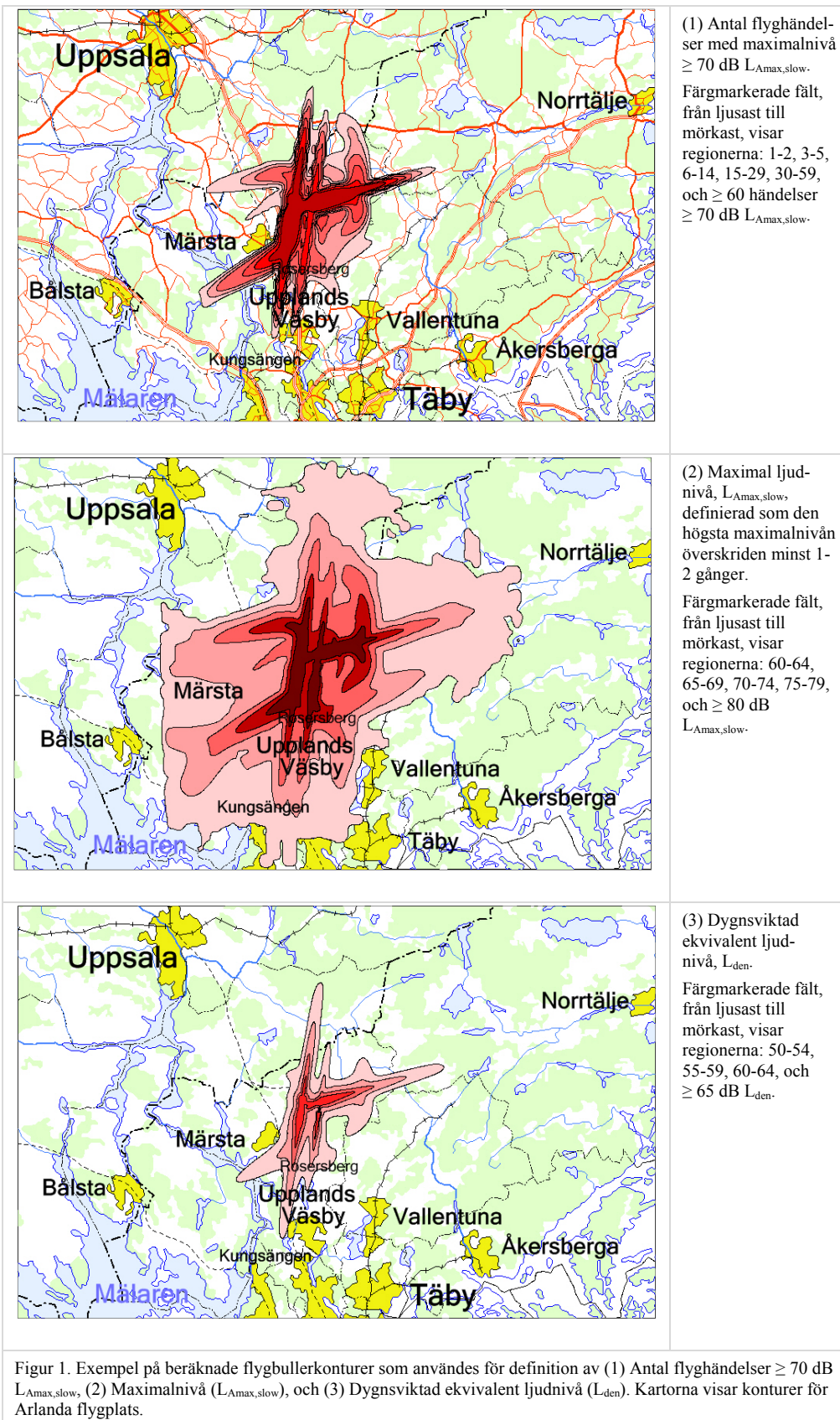
## Resultat

### Analysansats

Huvudresultaten redovisas som samband mellan flygbullerexponering och andel flygbullerstörda personer. Sambanden visas separat för varje flygplats och sammantaget för samtliga sju flygplatser. Dessutom redovisas hur dessa samband påverkas av typ av bostad och uteplats, samt individuell ljudkänslighet och attityd till flygtrafik. Slutligen redovisas samband mellan flygbullerexponering och självskattade sömnproblem och stressymptom.

Frågeformuläret innehöll flera frågor relaterade till störning av trafikbuller. Resultatpresentationen koncentreras till de frågor som är mest relevanta för studiens syfte, nämligen:

- (1) Upplevd störning av flygbuller på uteplats,
- (2) allmän störning av flygbuller, och
- (3) aktivitetstörning av flygbuller på uteplats.



Figur 1. Exempel på beräknade flygbullerkonturer som användes för definition av (1) Antal flyghändelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ , (2) Maximalnivå ( $L_{Amax,slow}$ ), och (3) Dygnsviktad ekvivalent ljudnivå ( $L_{den}$ ). Kartorna visar konturer för Arlanda flygplats.

Den första och tredje av dessa frågor rör upplevelser av flygbuller på uteplats, medan den andra frågan rör upplevelse av flygbuller i hemmet i allmänhet. Den andra frågan är standardiserad och har använts i en rad tidigare studier, vilket möjliggör en jämförelse mellan denna studies resultat och sammanställningar av tidigare flygbullerstudier. Störningsfrågorna redovisas som andelar av svarande som klassificerats som bullerstörda (det vill säga de som angett något av alternativen ”mycket” eller ”väldigt mycket” störda av buller).

För varje deltagare definierades tre olika mått på exponering utifrån beräknade bullerkonturer (se Figur 1):

- (1) *Antal flyghändelser* med maximalnivå  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . Denna variabel hade följande kategorier: 0, 1-2, 3-5, 6-14, 15-29, 30-59, och  $\geq 60$  händelser. Notera att 0 händelser avser deltagare bosatta utanför den yttersta bullerkonturen (se Figur 1, diagram 1).
- (2) *Maximalnivå* ( $L_{Amax,slow}$ ), definierad som den högsta maximalnivån överskriden 1-2 gånger eller fler. Denna variabel hade följande kategorier:  $< 60$ , 60-64, 65-69, 70-74, 75-79, och  $\geq 80$  dB  $L_{Amax,slow}$ . Notera att  $< 60$  dB  $L_{Amax,slow}$  avser deltagare bosatta utanför den yttersta bullerkonturen (se Figur 1, diagram 2).
- (3) *Dygnsviktad ekvivalent ljudnivå* ( $L_{den}$ ). Denna variabel hade följande kategorier:  $< 50$ , 50-54, 55-59, 60-64, och  $\geq 65$  dB  $L_{den}$ . Notera att  $< 50$  dB  $L_{den}$  avser deltagare bosatta utanför den yttersta bullerkonturen (se Figur 1, diagram 3).

Antalet händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  är av störst intresse för tillämpningen av nuvarande riktvärde för flygbuller på uteplats. Observera dock att antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  säger lite om den högsta maximalnivå av flygbuller som en boende utsätts för, eftersom händelser över såväl 75 som 80 dB  $L_{Amax,slow}$  kan ingå i antalet händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . Därför är det också intressant att titta på bullerstörning i relation till den högsta maximalnivå som boende utsätts för, här definierad som högsta maximalnivå minst 1-2 gånger per dag och kväll. Resultat i relation till  $L_{den}$  möjliggör jämförelser med sammanställningar av tidigare flygbullerstudier.  $L_{den}$  är naturligtvis också relevant för bedömning av flygbuller eftersom ett av de svenska riktvärdena är formulerat i denna enhet (55 dB  $L_{den}$  utomhus vid fasad).

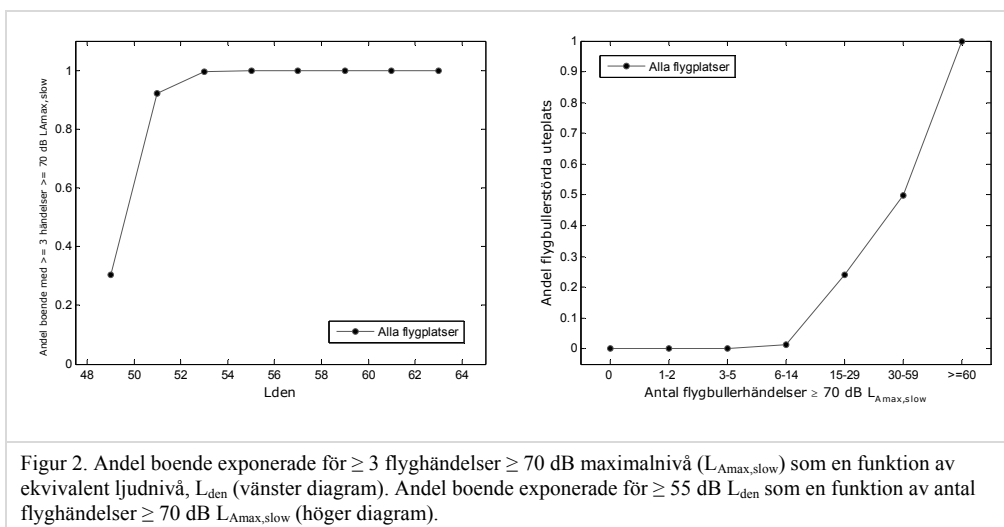
### Samband mellan exponeringsvariabler

De tre exponeringsmått (1) antal händelser  $\geq 70$  dB maximalnivå ( $L_{Amax,slow}$ ), (2) maximalnivå ( $L_{Amax,slow}$ ) och (3) ekvivalentnivå ( $L_{den}$ ) var högt korrelerade: Pearson's  $r_{12} = 0.90$ ,  $r_{13} = 0.91$ , och  $r_{23} = 0.84^2$ .

Det vänstra diagrammet i Figur 2 visar andel boende exponerade för  $\geq 3$  flygbullerhändelser,  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  som en funktion av dygnsviktad ekvivalentnivå (som här visas i 2-dB intervall, i övriga figurer används 5-dB intervall). Det högra diagrammet visar andel boende exponerade för  $\geq 55$  dB  $L_{den}$  flygbuller vid fasad som en funktion av antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . I stort sett samtliga boende med exponering  $> 50$  dB  $L_{den}$  var exponerade för minst 3 händelser över  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . Inga boende exponerade för upp till 3-5 händelser, och ytterst få exponerade för 6-15 händelser var exponerade över 55 dB  $L_{den}$  flygbuller vid fasad.

---

<sup>2</sup> I dessa analyser användes kategorins klassmitt som värde, till exempel 52,5 för kategorin 50-54 dB. För antal händelser användes en logaritmisk skala där 0 händelser sattes till 0,5 händelser. Kategorin  $\geq 60$  händelser gavs värdet 89,5, vilket motsvarar klassmitt för kategorin 60-119 händelser. Kategorierna  $< 60$  och  $\geq 80$  dB  $L_{Amax,slow}$  gavs värdena 57,5 respektive 82,5 dB. Kategorierna  $< 50$  och  $\geq 65$  dB  $L_{den}$  gavs värdena 47,5 respektive 67,5 dB.



Figur 2 illustrerar att värdet 70 dB  $L_{Amax,slow}$  på uteplats skyddar betydligt fler boende vid flygplatser än gällande riktvärdet utomhus vid fasad, 55 dB  $L_{den}$ . Detta stämmer väl med Swedavias beräkningar, som visar att cirka 10 gånger fler boende är exponerade över 3 händelser, 70 dB  $L_{Amax,slow}$  än över 55 dB  $L_{den}$  (Tabell 1).

### Bakgrundsfaktorer

Tabell 4 redovisar demografiska och andra variabler, separat för varje flygplats och sammantaget för samtliga flygplatser.

Svarsfrekvensen var totalt 65 %, något lägre bland boende kring Bromma och Landvetter (62-63 %) jämfört med övriga flygplatser (68-70 %). Något fler kvinnor än män deltog i undersökningen och könsfördelningen var ganska lika för alla flygplatser. Medianålder i hela materialet var 51 år, lägst bland boende kring Bromma (48 år) och högst bland boende kring Ängelholm-Helsingborg flygplats (54 år).

Andelen ensamstående var högst vid Bromma flygplats, 31 %, liksom andel med eftergymnasial utbildning, 72 %. Vid övriga flygplatser låg andelen ensamstående mellan 15 och 25 % och andelen med eftergymnasial utbildning mellan 43 och 62 %.

Villaboende var den vanligaste boendeformen, med undantag för deltagare boende kring Bromma flygplats, där boende i lägenhet var vanligast. Vanligaste typen av uteplats var följaktligen villa/radhusträdgård med undantag för Bromma där balkong var den vanligaste typen av uteplats.

Andelen med självrapporterad hörselnedsättning var ganska lika mellan flygplatserna och varierade från 16 % (Bromma) till 23 % (Landvetter). Självrapporterad ohälsa, stresssymptom och sömnproblem var mindre förekommande vid de två mindre flygplatserna jämfört med övriga flygplatser. Exempelvis uppgav cirka 11 % av deltagarna vid Ängelholm-Helsingborg och Äre-Östersund flygplats att de ofta hade sömnproblem, jämfört med 20 % bland boende vid Bromma flygplats och 23 % bland boende vid Arlanda flygplats.



NATURVÅRDSVERKET Rapport 6570  
Flygbuller på uteplats: Besvärssupplevelser och hälsa i relation  
till maximalnivå och antal flygbullerhändelser

Tabell 4. Frågeformulärsundersökning kring sju svenska flygplatser, sommaren 2011: Urval, svarsfrekvens och stickprovets fördelning på demografiska och andra variabler.

Variabel (enhet)	Flygplats <sup>a</sup>							Alla
	ARN	BMA	LAV	MMX	UME	AGH	OSD	
Tillfrågade (antal)	912	1762	768	345	448	269	282	4786
Medverkande (antal)	621	1096	484	239	309	187	194	3130
Svarsfrekvens (%)	68	62	63	69	69	70	69	65
Kvinnor / Män (%)	52/48	53/47	51/49	51/49	52/48	54/46	54/46	52/48
Medianålder (år)	53	48	49	49	54	54	53	51
Ensamstående (%) <sup>b</sup>	18	31	16	20	15	15	25	22
Eftergymnasial utbildning (%)	45	72	43	56	53	57	62	57
Arbetar/studerar (%) <sup>c</sup>	72	78	72	77	69	70	67	74
Hemmaboende barn (%)	36	40	46	44	37	39	39	40
Bostadstyp								
Lägenhet, hyresrätt (%)	7	28	5	6	13	5	17	15
Lägenhet, bostadsrätt (%)	13	33	1	3	9	1	10	16
Villa/radhus (%)	77	38	90	70	78	75	69	64
Annat (%)	3	1	4	21	0	19	4	5
Uteplats								
Balkong/altan till lägenhet (%)	17	37	5	3	17	5	16	20
Villa/radhus trädgård (%)	80	39	92	92	80	92	78	69
Annat (%)	3	24	3	5	3	3	7	11
Hörselnedsättning (%) <sup>d</sup>	17	16	23	22	19	16	20	18
Ohälsa (%) <sup>e</sup>	5	6	5	3	4	2	3	5
Stresssymptom (%) <sup>f</sup>	16	14	10	10	9	8	7	12
Sömnproblem (%) <sup>g</sup>	23	20	17	16	21	11	11	19
Bullerstörda av vägtrafik (%) <sup>h</sup>	10	11	5	5	8	8	5	8
Bullerstörda av spårtrafik (%) <sup>h</sup>	2	3	1	0	1	1	1	2
Ljudkänslighet (%) <sup>i</sup>	16	23	16	18	18	17	22	19
Oro flygolyckor (%) <sup>j</sup>	13	21	13	13	12	8	3	15
Negativ attityd till egen flygplats (%) <sup>k</sup>	7	29	8	7	7	3	3	14
Negativ attityd till flygtrafik i allmänhet (%) <sup>l</sup>	39	50	43	39	26	29	32	41
Negativ attityd till vägtrafik i allmänhet (%) <sup>l</sup>	44	48	36	42	40	56	40	44
≥ 70 dB L <sub>Amax,slow</sub> ≥ 3-5 ggr/dygn (%) <sup>m</sup>	69	74	54	43	50	32	18	59
≥ 55 dB L <sub>den</sub> (%) <sup>n</sup>	49	33	25	14	8	1	0	27

<sup>a</sup> ARN = Arlanda, BMA = Bromma, LAV = Landvetter, MMX = Malmö-Sturup, UME = Umeå, AGH = Ängelholm-Helsingborg, OSD = Östersund.

<sup>b</sup> Andel som svarat 'Ensamstående/särbo' på frågan 'Är du ensamstående/särbo eller 'gift/sambo?'.

<sup>c</sup> Andel som svarat 'Arbetar som anställd', 'Egen företagare' eller 'Studerande' på fråga om huvudsaklig sysselsättning just nu. Övriga svarsalternativ var 'Pensionär (ålders-, sjuk- och förtidspensionär)', 'Långtidsjukskriven (men än 3 månader)', 'Tjänstledig eller föräldraledig', 'Arbetsökande eller i arbetsmarknadspolitisk åtgärd', 'Hemmarbetande, sköter hushåll', och 'Annat'.

<sup>d</sup> Andel som svarat 'Ja' på frågan 'Har du nedsatt hörsel?'.

<sup>e</sup> Andel som svarat 'Mycket dåligt' eller 'Dåligt' på frågan 'Hur bedömer du ditt allmänna hälsotillstånd, jämfört med andra i din ålder?'.

<sup>f</sup> Andel som uppgivit att de upplevt minst fyra av sex stresssymptom jämfört med personer som upplevt högst tre stressproblem 'nägon/några gånger i veckan' eller 'varje dag'.

<sup>g</sup> Andel som uppgivit att de upplevt minst tre av fyra sömnproblem jämfört med personer som upplevt högst två symptom 'nägon/några gånger i veckan' eller 'varje dygn'.

<sup>h</sup> Andel som svarat 'Mycket' eller 'Väldigt mycket' på fråga om hur bullerstörd man upplevt sig i hemmet de senaste 12 månaderna (ISO-fråga).

<sup>i</sup> Andel med medelpoäng ≥ 5 på ljudkänslighetsskala från 1 (inte alls ljudkänslig) till 6 (mycket ljudkänslig).

<sup>j</sup> Andel som svarat 'Ja, ofta' eller 'Ja, alltid' på frågan 'Händer det att du oroar dig för att ett flygplan skall störta i ditt bostadsområde?'.

<sup>k</sup> Andel som angivit värde < 3 skala från 0 till 10 om attityd till egen flygplats (0 = Mycket negativt inställd; 10 = Mycket positivt inställd).

<sup>l</sup> Andel som angivit 'Vidta åtgärder för att minska användningen' på fråga om hur samhället bör satsa på flygtrafik (eller vägtrafik).

<sup>m</sup> Andel exponerade för 3-5 eller fler flygbullerhändelser ≥ 70 dB L<sub>Amax,slow</sub>.

<sup>n</sup> Andel exponerade för dygnsiktad ekvivalentnivå, L<sub>den</sub> ≥ 55 dB.

De svarande boende kring Bromma flygplats utmärkte sig vad gäller attityder till flygtrafik. En relativt stor andel (29 %) angav att de hade en negativ attityd till sin egen närliggande flygplats, definierat som ett svar mindre än 3 på den 11-gradiga skalan från (0 = negativ till 10 = positiv). För övriga större flygplatser låg motsvarande andelar kring 7 %, och för de två mindre flygplatserna kring 3 %. I formuläret ingick också en allmän fråga om synen på flygtrafik. Cirka hälften av de boende kring Bromma flygplats angav att samhället bör verka för minskad flygtrafik. Vid övriga flygplatser låg motsvarande andelar mellan 29 och 43 %. Generellt var an-

delen med en negativ attityd till *vägtrafik* något högre än motsvarande andel för flygtrafik.

Bullerstörning av vägtrafik uppgavs av 10 - 11 % av boende i Stockholmsområdet (Bromma, Arlanda), och av 5 - 8 % av plats kring övriga flygplatser. Bullerstörning av spårtrafik var mindre vanligt, från 0 % bland boende kring Malmö-Sturup flygplats till 3 % bland boende kring Bromma flygplats.

Andelen exponerade för minst 3 - 5 flyghändelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  var störst vid Bromma flygplats (74 %) och minst vid Östersunds flygplats (18 %). Andelen exponerade kring eller över gällande riktvärde för ekvivalent ljudnivå vid fasad, 55 dB  $L_{den}$ , var högst vid Arlanda flygplats (49 %) och lägst vid Östersunds flygplats (0 %).

### Användning av uteplats

Tabell 5 redovisar svar på frågor om användning av uteplats. Frågorna gällde användning av uteplatsen under perioden maj till september. Nära 90 % uppgav att de använde uteplatsen någon/några gånger i veckan eller dagligen, och cirka 50 % att de dagligen använde uteplatsen under perioden. Andelen var något lägre bland boende kring Bromma flygplats. Detta kan bero på den större andel lägenhetsboende kring Bromma (se Tabell 4), eftersom det är troligt att boende i lägenhet spenderar mindre tid i hemmet under sommartid än boende i villa.

Som väntat användes uteplatsen oftare på helger än på vardagar. Men såväl vardagar som helger använder en stor andel uteplatsen fler än en gång per dag. På helger varade också en typisk vistelse längre än på vardagar. På helger varade en typisk vistelse ofta längre än en timme (54 % uppger detta, beräknat över samtliga flygplatser). Också på vardagar vistades många längre än en timme på uteplatsen (31 %), men ungefär lika vanligt var en vistelsetid på 31-60 minuter (28 %) eller 10-30 minuter (32 %). Även på dessa frågor avviker boende kring Bromma flygplats, som i genomsnitt vistades vid uteplatsen färre gånger per dag och under kortare tid än vid övriga flygplatser.

Det fanns ett samband mellan antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  och andel svarande som uppgav att de ”ofta” eller ”alltid” undviker att använda uteplatsen på grund av flygbuller (Figur 3). Bland boende utsatta för 3-5 händelser var till exempel andelen 6 % vilket kan jämföras med 12 % bland boende utsatta för 15-29 händelser och 23 % bland boende utsatta för  $\geq 60$  händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . En logistisk regressionsanalys visade att sambandet kvarstod även efter kontroll för flygplats, typ av bostad (villa, lägenhet, annat), typ av uteplats (balkong, trädgård, annan), och sysselsättningsstatus (arbetar/studerar, annan sysselsättning).

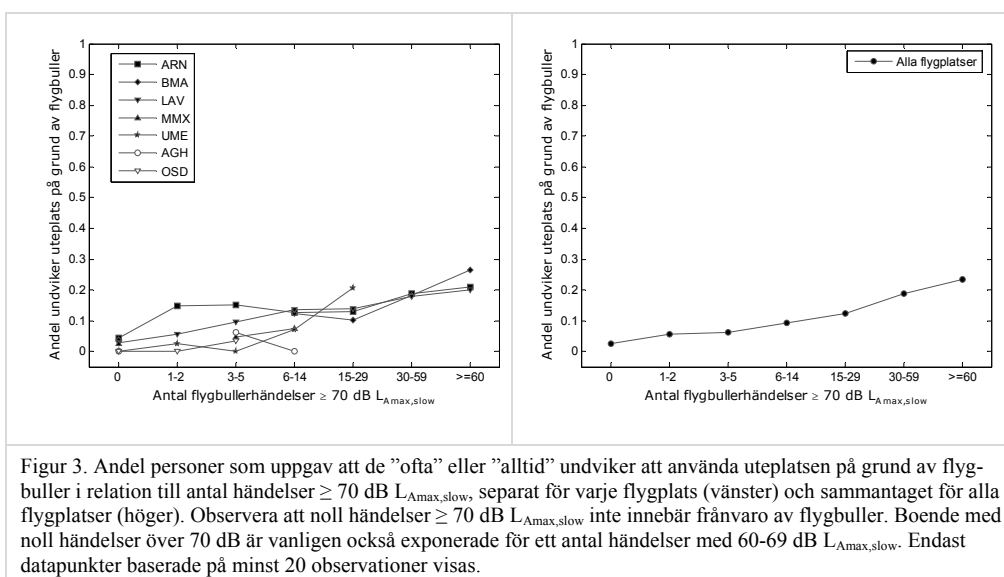
Även sambanden mellan flygbullerexponering och svar på frågor om hur ofta eller hur länge man vistades på uteplatsen analyserades med hjälp av logistiska regressionsanalyser. Svaren på de olika frågorna redovisades i Tabell 5 dikotomiserades (hög användning definierad som något av de två övre svarsalternativen i tabellen) och relaterades till antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ , med kontroll för flygplats, typ av bostad (villa, lägenhet, annat), typ av uteplats (balkong, trädgård, annan), och sysselsättningsstatus (arbetar/studerar, annan sysselsättning). Inga av dessa analyser gav stöd för att flygbullerexponering var kopplat till att personer använder sin uteplats under en kortare tid. En tolkning av dessa resultat är att boende undviker

att använda uteplatsen vid tidpunkter när flygtrafik pågår och istället förlägger vistelsen vid andra tidpunkter. Detta skulle kunna förklara att användning av uteplats inte är lägre i högexponerade områden, samtidigt som boende i högexponerade områden i större utsträckning säger att de ofta undviker uteplatsen på grund av flygbuller.

Tabell 5. Frågeformulärsundersökning kring sju svenska flygplatser, sommaren 2011: Användning av uteplats

Variabel (enhet)	Flygplats <sup>a</sup>							Alla
	ARN	BMA	LAV	MMX	UME	AGH	OSD	
Använder uteplats hur ofta?								
Varje dag (%)	59	37	57	50	54	53	47	49
Någon/några gånger i veckan (%)	34	41	39	40	38	42	41	39
Någon/några ggr i månaden eller mer sällan (%)	6	22	4	10	9	6	11	12
När uteplatsen används på vardagar, hur många gånger per dag i genomsnitt?								
4 ggr eller mer vardagar (%)	23	10	16	18	19	20	11	16
2-3 ggr vardagar (%)	33	27	40	30	35	28	38	32
1 ggr vardagar (%)	39	52	41	47	43	45	48	46
Använde inte uteplats vardagar (%)	5	12	3	5	3	7	3	7
När uteplatsen används på helger, hur många gånger per dag i genomsnitt?								
4 ggr eller mer helgdagar (%)	38	20	33	25	33	29	21	28
2-3 ggr helgdagar (%)	43	41	49	50	43	49	21	28
1 ggr helgdagar (%)	15	33	17	23	21	21	22	24
Använde inte uteplats helger (%)	3	6	1	1	4	1	2	4
När uteplatsen används på vardagar, hur länge brukar en typisk vistelse vara?								
> 1 timme vardagar (%)	36	22	39	36	32	31	31	31
31-60 minuter vardagar (%)	28	25	30	30	29	31	35	28
10-30 minuter vardagar (%)	30	38	27	28	34	33	25	32
< 10 minuter vardagar (%)	6	15	4	7	6	5	9	9
När uteplatsen används på helger, hur länge brukar en typisk vistelse vara?								
> 1 timme helgdagar (%)	58	42	65	61	54	54	57	54
31-60 minuter helgdagar (%)	24	28	24	23	27	35	22	26
10-30 minuter helgdagar (%)	13	20	10	13	13	10	16	15
< 10 minuter helgdagar (%)	5	10	1	2	6	1	6	6

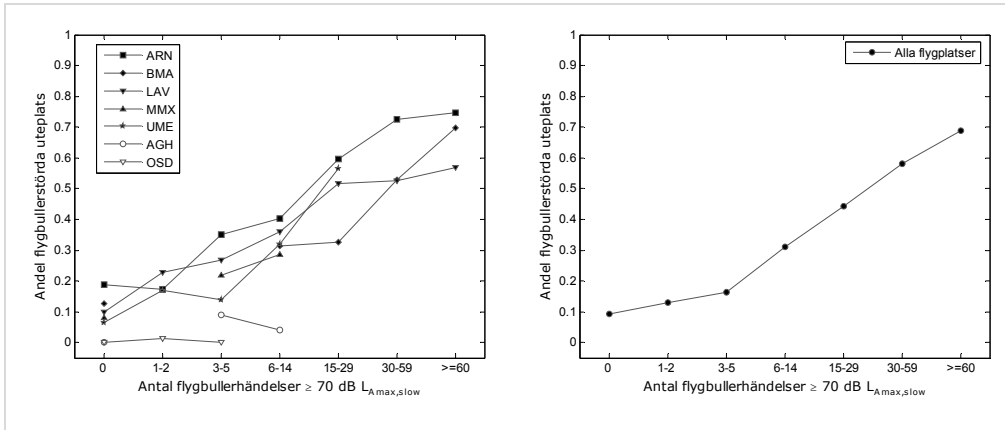
<sup>a</sup>ARN = Arlanda, BMA = Bromma, LAV = Landvetter, MMX = Malmö-Sturup, UME = Umeå, AGH = Ängelholm-Helsingborg, OSD = Östersund.



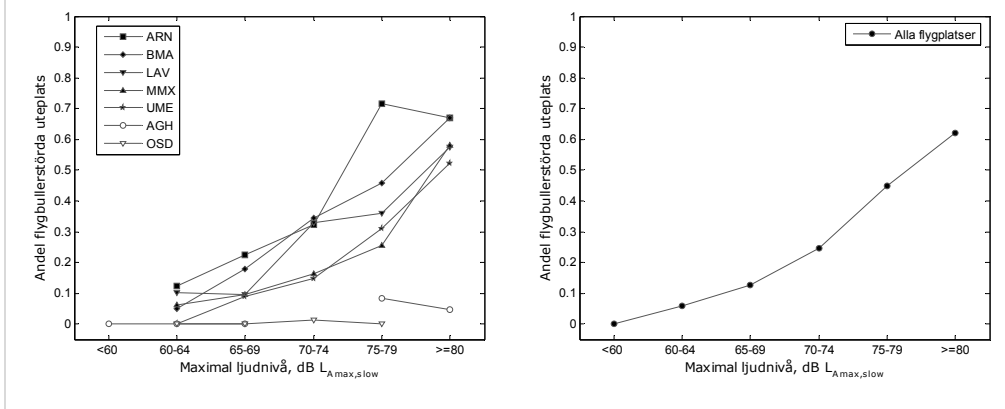
Figur 3. Andel personer som uppgav att de "ofta" eller "alltid" undviker att använda uteplatsen på grund av flygbuller i relation till antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{A,max,slow}$ , separat för varje flygplats (vänster) och sammantaget för alla flygplatser (höger). Observera att noll händelser  $\geq 70$  dB  $L_{A,max,slow}$  inte innebär frånvaro av flygbuller. Boende med noll händelser över 70 dB är vanligen också exponerade för ett antal händelser med 60-69 dB  $L_{A,max,slow}$ . Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas.

### Flygbullerstörning på uteplats

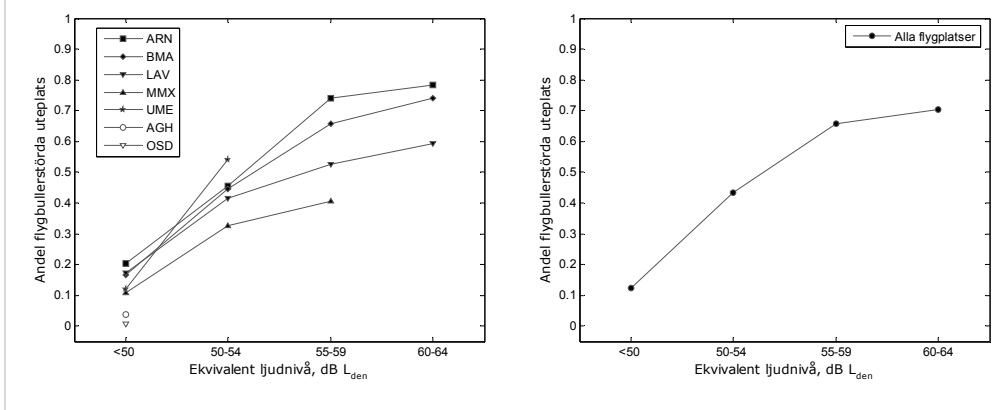
Figur 4 visar andelen flygbullerstörda på uteplats i relation till antal händelser över 70 dB  $L_{Amax,slow}$ . Det vänstra diagrammet visar resultat separat för varje flygplats och det högra diagrammet visar resultat för samtliga flygplatser sammanslaget.



Figur 4. Andel flygbullerstörda på uteplats i relation till antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ , separat för varje flygplats (vänster) och sammantaget för alla flygplatser (höger). Observera att noll händelser över 70 dB  $L_{Amax,slow}$  inte innebär frånvaro av flygbuller. Boende med noll händelser över 70 dB är vanligen också exponerade för ett antal händelser med 60-69 dB  $L_{Amax,slow}$ . Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas.



Figur 5. Andel flygbullerstörda på uteplats i relation till maximal ljudnivå,  $L_{Amax,slow}$ , överskriden minst 1-2 gånger per dag och kväll, separat för varje flygplats (vänster) och sammantaget för alla flygplatser (höger). Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas.



Figur 6. Andel flygbullerstörda på uteplats i relation till ekvivalent ljudnivå ( $L_{den}$ ), separat för varje flygplats (vänster) och för samtliga flygplatser (höger). Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas.

Andelen bullerstörda är låg och relativt konstant upp till 3-5 händelser, därefter ses en tydlig ökning i antalet bullerstörda. Exempelvis ses närmast en fördubbling i andelen bullerstörda från 3-5 händelser (16 %) till 6-14 händelser (31 %).

Observera att antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  säger lite om den högsta maximalnivå av flygbuller som en boende utsätts för, eftersom händelser med 75 eller 80 dB  $L_{Amax,slow}$  kan ingå i antalet händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . Därför är det också intressant att titta på bullerstörning i relation till den högsta maximalnivå som boende utsätts för (här definierad som högsta maximalnivå minst 1-2 gånger per dag och kväll). För bullerstörning på uteplats ses ett tydligt samband med maximalnivå (Figur 5), med en ökning i andel störda redan från 60-64 dB  $L_{Amax,slow}$ .

Även för ekvivalentnivå ( $L_{den}$ ) sågs ett tydligt samband med bullerstörning på uteplats (Figur 6). Värt att notera är att andelen bullerstörda i intervallet 50-54 dB  $L_{den}$  var högt, 43 %, trots att denna nivå underskrider gällande riktvärde utomhus vid fasad, 55 dB  $L_{den}$ .

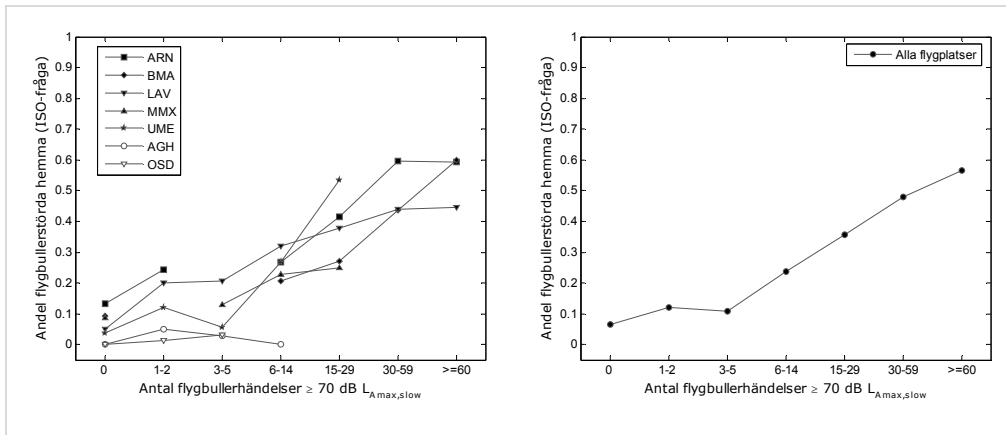
Av de vänstra diagrammen i figur 4 - Figur 6 ses att andelen bullerstörda vid de två mindre flygplatserna Ängelholm-Heslingborg (AGH) och Åre-Östersund (OSD) var lägre än vid de större flygplatserna vid likartad exponering. Denna skillnad i andel bullerstörda mellan boende vid små flygplatser (öppna symboler) och stora flygplatser (fyllda symboler) var statistiskt signifikant även efter att hänsyn tagits till skillnader mellan flygplatser i exponering (antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  och  $L_{den}$ ).

### Allmän bullerstörning (ISO-fråga)

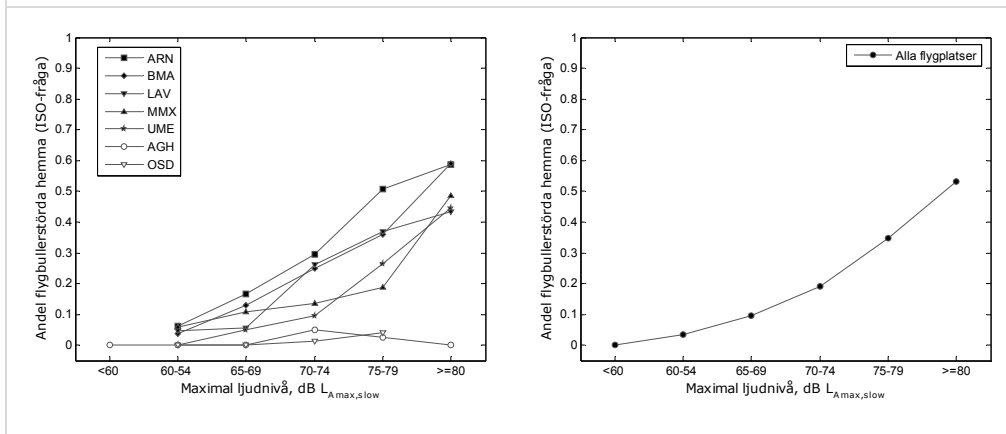
Flygbullerstörning i hemmet, mätt med den av ISO rekommenderade frågan, var högt korrelerad med flygbullerstörning på uteplatsen (Spearman's rho = 0.89). Resultaten för flygbullerstörning i hemmet, se nedan Figur 7 till Figur 9, visade också på samma tendenser som redovisats för störning på uteplats, se ovan Figur 4 till Figur 6.

En skillnad mellan de två frågorna var dock att andelen som uppgav sig flygbullerstörda i hemmet i allmänhet (ISO-frågan) var lägre än de som uppgav sig störda på uteplatsen. Detta stämmer väl med tidigare störningsstudier som visat på högre andel störningsskattningar på frågor som rör utomhusmiljön jämfört med frågor som också inkluderar inomhusmiljön (t.ex. [14, 44]). I denna studie låg andelen flygbullerstörda på uteplats i genomsnitt 7 procentenheter över andelen bullerstörda i hemmet.

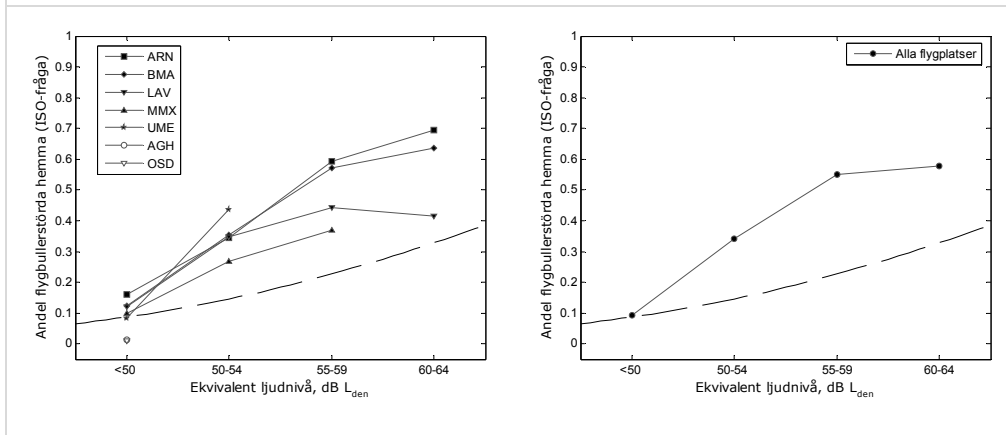
NATURVÅRDSVERKET Rapport 6570  
 Flygbuller på uteplats: Besvärsupplevelser och hälsa i relation  
 till maximalnivå och antal flygbullerhändelser



Figur 7. Andel flygbullerstörda i hemmet (ISO-fråga) i relation till antal händelser över 70 dB  $L_{Amax,slow}$ , separat för varje flygplats (vänster) och sammantaget för alla flygplatser (höger). Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas.



Figur 8. Andelen flygbullerstörda i hemmet (ISO-fråga) i relation till maximal ljudnivå,  $L_{Amax,slow}$ , överskriden minst 1-2 gånger per dag och kväll, separat för varje flygplats (vänster) och sammantaget för alla flygplatser (höger). Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas.



Figur 9. Andel flygbullerstörda i hemmet (ISO-fråga) i relation till ekvivalent ljudnivå ( $L_{den}$ ), separat för varje flygplats (vänster) och för samtliga flygplatser (höger). Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas. Den streckade linjen anger andelen bullerstörda enligt Miedema och Oudshoorns sammanställning av 20 bullerstörningsstudier [11]. Prediktionen vid datapunkterna gäller, från vänster till höger, andel bullerstörda vid 47.5, 52.5, 57.5 och 62.5 dB  $L_{den}$ .

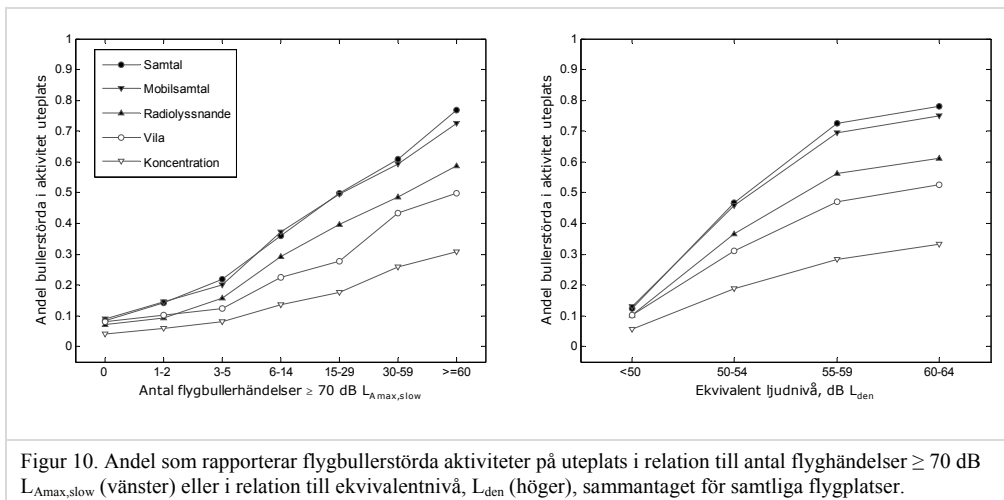
I Figur 9 visas andelen bullerstörda hemma (ISO-fråga) i relation till  $L_{den}$ . Andelen bullerstörda för de större flygplatserna ligger genomgående över det samband som Miedema och Oudshoorn [11] beräknade utifrån 20 tidigare bullerstörningsstudier, publicerade mellan 1965 och 1992 (streckad linje)<sup>3</sup>. Detta stämmer väl överens med resultat från flera nyare flygbullerstudier, som visat att andelen bullerstörda är högre än förväntat från Miedema och Oudshoorns sammanställning [12, 13]. För de två mindre flygplatserna var andelen bullerstörda lågt, och något lägre än förväntat från Miedema och Oudshoorns sammanställning. Det är även här värt att notera att andelen flygbullerstörda i hemmet var hög, cirka 34 % bland boende exponerade för 50-54 dB  $L_{den}$  (samtliga från någon av de större flygplatserna), trots att denna nivå underskrider gällande riktvärde för flygbuller vid bostadens fasad, 55 dB  $L_{den}$ .

### Aktivitetsstörning av flygbuller på uteplats

Aktivitetsstörning av flygbuller på uteplats mättes med fem frågor om försvårande av samtal, telefonsamtal, radiolyssnande, koncentration och vila. Svaren på dessa frågor var högt korrelerade med svaren på frågor om bullerstörning och visade därmed en liknande trend som de som ses i figur 4 - Figur 9. Därför redovisas resultat för aktivitetstörning endast sammantaget för samtliga flygplatser och endast för antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  och för ekvivalentnivå,  $L_{den}$ .

Figur 10 visar andelen som uppgivit sig ”mycket” eller ”väldigt mycket” störda i aktiviteter av flygbuller i relation till antal flyghändelser över 70 dB  $L_{Amax,slow}$  (vänster) respektive ekvivalent ljudnivå,  $L_{den}$  (höger).

För samtliga aktiviteter sågs ett tydligt samband med såväl antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  som ekvivalent ljudnivå,  $L_{den}$ . Större andelar svarande uppgav störning av aktiviteter som involverar talkommunikation än störning av koncentration och vila.

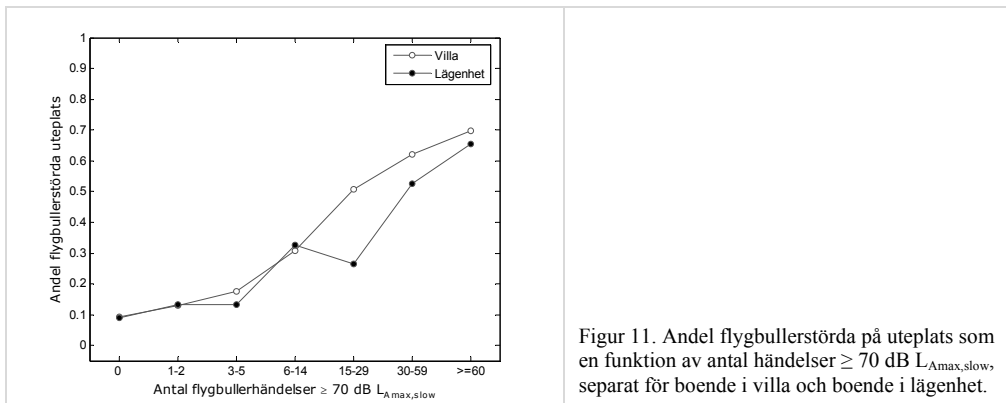


<sup>3</sup> Sambandet beräknades från de ekvationer som ges av Miedema och Oudshoorn [11], med konstanten  $C = 60$ , vilket motsvarar den brytpunkt som i denna studie användes för definition av bullerstörning (andel ”mycket” eller ”väldigt mycket” bullerstörda, d.v.s. de två övre kategorierna på den femgradiga störningsskalan).

## Bostadsfaktorer och bullerstörning på uteplats

Effekten av olika bostadsfaktorer på andel bullerstörda på uteplats analyserades med hjälp av ett antal logistiska regressionsanalyser, som också kontrollerade för flygbullerexponering och flygplats. Följande variabler analyserades: bostadstyp (lägenhet/villa), ägandeform (hyresrätt/bostadsrätt/villa), typ av uteplats (balkong/trädgård/annan), och bostadens byggnadsår.

Störst skillnad sågs mellan boende i villa jämfört med boende i lägenhet: Andelen bullerstörda lägenhetsboende var lägre än andelen bullerstörda villaboende vid jämförbara och höga exponeringsnivåer (vid lägre nivåer fanns ingen tydlig skillnad mellan grupperna, se Figur 11). Följaktligen sågs också en skillnad mellan boende med balkong som huvudsaklig uteplats och boende med uteplats i markplan, men skillnaden var mindre tydlig än mellan grupperna lägenhets- och villaboende. Det fanns också en tendens till att boende i bostadsrätter i genomsnitt var något mindre bullerstörda än boende i hyresrätter vid motsvarande exponering, men denna skillnad var inte statistiskt signifikant.



Figur 11. Andel flygbullerstörda på uteplats som en funktion av antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ , separat för boende i villa och boende i lägenhet.

## Ljudkänslighet, attityd till flygtrafik och bullerstörning

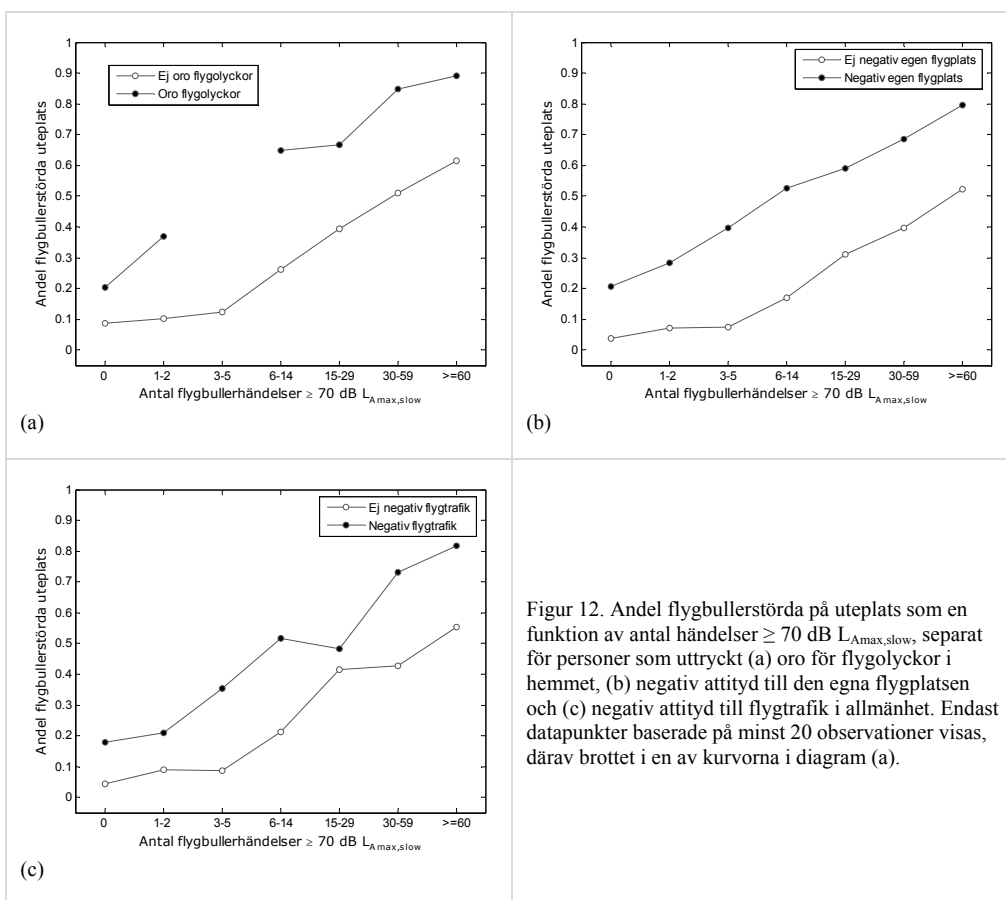
Tidigare forskning har visat att olika icke-akustiska faktorer påverkar självrapporterad bullerstörning. De två faktorer som diskuterats mest är individens ljudkänslighet och attityd till flygtrafik [41, 45, 46]. I frågeformuläret fanns frågor som mätte ljudkänslighet och frågor som mätte attityd till den egna flygplatsen och attityd till flygtrafik i allmänhet. Även rädsla för flygolyckor mättes med en fråga i formuläret (tidigare forskning har behandlat denna variabel som en attitydvariabel [41]). Effekten av dessa faktorer på andel bullerstörda analyserades med hjälp av logistiska regressionsanalyser, som också kontrollerade för flygbullerexponering och flygplats.

Individuell ljudkänslighet var svagt korrelerad med självrapporterad flygbullerstörning (Spearman's rho = 0.06,  $p > 0.05$ ), men inte med flygbullerexponering (antal händelser  $\geq 70$  dB,  $L_{Amax,slow}$ , Spearman's rho = 0.004,  $p > 0.8$ )<sup>4</sup>. Vid likartad exponering var skillnaden mellan ljudkänslig och mindre ljudkänsliga liten och inte statistiskt signifikant. Individuell ljudkänslighet förklarade alltså inte någon större del av variationen i bullerstörning i denna studie.

<sup>4</sup> Spearman's rho använder endast rangordningsinformation. Kategorierna för antal händelser  $\geq 70$  dB,  $L_{Amax,slow}$  kodades i dessa analyser från 0 till 89,5 (se vidare fotnot 2, sidan 30).



För attityder till flygtrafik sågs starkare samband med bullerstörning än för ljudkänslighet. Såväl rädsla för olyckor, attityd till den egna flygplatsen, som attityd till flygtrafik i allmänhet var korrelerade med såväl självrapporterad bullerstörning (Spearman's rho > 0.28, p < 0.001) som med flygbullerexponering (antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ , Spearman's rho > 0.13, p < 0.001)<sup>4</sup>. Vid jämförbar flygbullerexponering var andelen flygbullerstörda markant högre bland personer med en negativ attityd till flygtrafik jämfört med personer med en mer positiv attityd, se Figur 12. För båda grupperna sågs dock ett tydligt och starkt samband mellan flygbuller och störning. Det vill säga, bullerstörning ökade tydligt med flygbullerexponering bland boende som inte uttryckt rädsla för olyckor, en negativ attityd till den egna flygplatsen eller flygtrafik i allmänhet. Detta talar emot att självrapporterad bullerstörning endast är ett uttryck för en negativ attityd till flygtrafik.



Figur 12. Andel flygbullerstörda på uteplats som en funktion av antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ , separat för personer som uttryckt (a) oro för flygolyckor i hemmet, (b) negativ attityd till den egna flygplatsen och (c) negativ attityd till flygtrafik i allmänhet. Endast datapunkter baserade på minst 20 observationer visas, därav brottet i en av kurvorna i diagram (a).

### Självskattade sömnproblem och stressymptom i relation till flygbuller

I frågeformuläret ingick ett antal frågor relaterade till sömnproblem och upplevda stressymptom. Från dessa skapades tre dikotoma variabler: (1) Sömnstörning av flygbuller, (2) allmänna sömnproblem, och (3) stressymptom (för definitioner, se sidan 27).

Tabell 6 ger antal personer som klassificerats som fall med (1) sömnstörning av flygbuller, (2) allmänna sömnproblem, och (3) stressymptom, uppdelat på antal

flygbullerhändelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  och uppdelat på ekvivalentnivåer,  $L_{den}$ , av flygbuller.

Tabell 6. Antal personer som från svar på enkätfrågor klassificerats som sömnstörda av flygbuller, fall med allmänna sömnproblem och fall med stressymptom, uppdelat på antal flygbullerhändelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  och uppdelat på nivåer av dygnsviktad ekvivalentnivå,  $L_{den}$ , av flygbuller.

Flygbullerexponering	Antal totalt	Hälsovariabel, antal (%)		
		Sömnstörning av flygbuller <sup>a</sup>	Allmänna sömnproblem <sup>b</sup>	Stressymptom <sup>c</sup>
<i>Antal händelser <math>\geq 70</math> dB (<math>L_{Amax,slow}</math>)</i>				
< 3	1254	47 (4)	443 (37)	116 (10)
$\geq 3$	1843	373 (21)	866 (48)	244 (14)
0	1009	35 (4)	362 (37)	98 (10)
1-2	245	12 (5)	81 (35)	18 (8)
3-5	182	9 (5)	65 (37)	13 (8)
6-14	283	33 (12)	126 (47)	23 (9)
15-29	234	43 (19)	107 (47)	36 (17)
30-59	702	170 (25)	352 (51)	94 (14)
$\geq 60$	442	118 (27)	216 (50)	78 (18)
<i>Dygnsviktad ekvivalentnivå, dB (<math>L_{den}</math>)</i>				
< 55 dB	2256	185 (8)	886 (41)	220 (10)
$\geq 55$ dB	841	235 (28)	423 (52)	140 (18)
< 50 dB	1559	72 (5)	572 (38)	145 (10)
50-54 dB	697	113 (17)	314 (47)	75 (11)
55-59 dB	702	192 (28)	355 (52)	116 (17)
$\geq 60$ dB <sup>d</sup>	139	43 (32)	68 (51)	24 (18)

<sup>a</sup> Självrapporterad sömnstörning orsakad av flygbuller. Personer som angivit att de under de senaste 12 månaderna haft "mycket" eller "väldigt mycket" sömnproblem på grund av flygbuller.

<sup>b</sup> Självrapporterad allmän sömnstörning: Personer som angivit att de upplevt minst tre av fyra sömnproblem 'någon/några gånger i veckan' eller 'varje dygn'.

<sup>c</sup> Självrapporterad stress: Personer som angivit att de upplevt minst fyra av sex stressymptom 'någon/några gånger i veckan' eller 'varje dag'.

<sup>d</sup> Denna kategori inkluderar 137 personer exponerade för 60-64 dB och 2 personer exponerade för  $\geq 65$  dB  $L_{den}$ .

I Tabell 6 ses ett klart samband mellan flygbullerexponering och självrapporterade sömnproblem orsakade av flygbuller. För övriga två variabler, uppmätta utan hänvisning i frågan till flygbuller, sågs en tendens till ökad förekomst av självrapporterade symptom bland boende med hög flygbullerexponering. För att testa om dessa samband var statistiskt signifikant efter kontroll för olika bakgrundsvariabler, genomfördes logistiska regressionsanalyser separat för varje utfall. Resultaten redovisas i Tabell 7.

För båda sömnstörningsvariablerna ses en systematisk ökning i oddskvoter från 6-14 händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  respektive 50-54 dB  $L_{den}$ , och för dessa nivåer är samtliga oddskvoter statistiskt säkerställda (konfidensintervallen inkluderar inte värdet 1.0). För kategorierna 1-2 respektive 3-5 händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  sågs inga statistiskt säkerställda skillnader i sömnstörning jämfört med referenskategorierna boende med 0 händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  (oddskvoter nära 1.0, med konfidensintervall som inkluderar värdet 1.0).

Även för självrapporterade stressymptom sågs ett statistiskt säkerställt samband med flygbullerexponering, främst för de högexponerade grupper av boende,  $\geq 60$  händelser i jämförelse med 0 händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ , respektive boende med  $\geq 60$  dB  $L_{den}$  i jämförelse med boende med < 50 dB  $L_{den}$ .

Det finns ett antal metodologiska omständigheter som försvårar tolkningen av dessa samband, främst studiens upplägg som en tvärsnittsstudie med ohälsoutfall endast mätt genom självrapporter, se vidare diskussion om detta på sidan 69.

Tabell 7. Samband (oddskvot) mellan flygbullerexponering (antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  respektive ekvivalent ljudnivå,  $L_{den}$ ) och självskattade sömnproblem och stressymptom.

Flygbullerexpo- nering	Sömnproblem orsa- kade av flygbuller <sup>a</sup>		Allmänna sömnproblem <sup>b</sup>		Stressymptom <sup>c</sup>	
	Odds- kvot <sup>d</sup>	95 % KI	Odds- kvot <sup>d</sup>	95 % KI	Odds- kvot <sup>d</sup>	95 % KI
<i>Antal händelser <math>\geq 70</math> dB (<math>L_{Amax,slow}</math>)</i>						
< 3	1.0		1.0		1.0	
$\geq 3$	5.28	(3.56-7.84)	1.47	(1.22-1.77)	1.49	(1.17-1.90)
0	1.0		1.0		1.0	
1-2	1.00	(0.40-2.54)	0.95	(0.66-1.38)	0.71	(0.37-1.36)
3-5	1.23	(0.45-3.35)	0.94	(0.63-1.41)	0.95	(0.48-1.90)
6-14	2.46	(1.33-4.54)	1.46	(1.05-2.02)	1.05	(0.61-1.81)
15-29	5.06	(2.84-9.02)	1.49	(1.05-2.11)	1.51	(0.89- 2.57)
30-59	8.48	(5.21-13.80)	1.68	(1.31-2.17)	1.19	(0.80-1.77)
$\geq 60$	9.25	(5.52-15.49)	1.60	(1.19-2.16)	1.76	(1.14-2.72)
<i>Ekvivalent ljudnivå, dB (<math>L_{den}</math>)</i>						
< 55 dB	1.0		1.0		1.0	
$\geq 55$ dB	3.21	(2.44-4.23)	1.39	(1.13-1.70)	1.64	(1.21-2.22)
< 50 dB	1.0		1.0		1.0	
50-54 dB	3.62	(2.42-5.40)	1.27	(1.01-1.59)	0.83	(0.56-1.23)
55-59 dB	6.44	(4.36-9.52)	1.56	(1.23-1.99)	1.41	(0.98-2.03)
$\geq 60$ dB <sup>e</sup>	8.05	(4.61-14.06)	1.48	(0.96-2.27)	1.93	(1.06-3.51)

<sup>a</sup> Självrapporterad sömnstörning orsakad av flygbuller. Personer som angivit att de under de senaste 12 månaderna haft "mycket" eller "väldigt mycket" sömnproblem på grund av flygbuller.

<sup>b</sup> Självrapporterad allmän sömnstörning: Personer som angivit att de upplevt minst tre av fyra sömnproblem jämfört med personer som endast upplevt upp till två symptom 'någon/några gånger i veckan' eller 'varje dygn'.

<sup>c</sup> Självrapporterad stress: Personer som angivit att de upplevt minst fyra av sex stressymptom jämfört med personer som upplevt högst tre stressymptom 'någon/några gånger i veckan' eller 'varje dag'.

<sup>d</sup> Prevalensoddskvot justerad för kön, ålder, utbildningsnivå, sysselsättningsstatus, bostadsform (hydr/åger), hemmavarande småbarn, civilstatus och flygplats. Personer som rapporterat hörselskada exkluderades ur analysen.

<sup>e</sup> Denna kategori inkluderar 137 personer exponerade för 60-64 dB och 2 personer exponerade för  $\geq 65$  dB  $L_{den}$ .

## Sammanfattning av resultat frågeformulärsundersökning

Nedan listas i punktform de viktigaste resultaten från frågeformulärsstudien.

- Andelen flygbullerstörda vid uteplats ökade tydligt och markant från 3-5 flyghändelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  per dag och kväll.
- Andelen flygbullerstörda vid uteplats ökade systematiskt med den maximala ljudnivå (minst 1-2 gånger per dag och kväll), och en ökning i andel störda sågs redan från 60-64 dB  $L_{Amax,slow}$ .
- Andelen flygbullerstörda vid uteplats ökade systematiskt med dygnsekvivalent ljudnivå,  $L_{den}$ , och andelen bullerstörda var hög, 35-40 %, även bland boende utsatta för nivåer under gällande riktvärde utomhus vid fasad, 55 dB  $L_{den}$ .
- Andelen flygbullerstörda i hemmet de senaste 12 månaderna (internationellt standardiserad bullerstörningsfråga) var högre än förväntat från publicerade sammanställningar av störningsstudier. Detta resultat stämmer med andra stu-

dier publicerad de senaste åren, vilka sammantaget ger bilden av att rapporterad flygbullerstörning vid en given beräknad ekvivalentnivå har ökat, en trend som inte ses för andra trafikslag.

- e) Andelen flygbullerstörda var lägre vid de små (AGH, OSD) jämfört med de större flygplatserna (ARN, BMA, LAV, MMX, UME), vid motsvarande (låga) exponering.
- f) Andelen som uppgav att de stördes i olika aktiviteter vid uteplats visade samma trend som andelen som uppgav sig vara flygbullerstörda. Främst var aktiviteter som rör talkommunikation (samtal, mobilsamtal, radiolyssnande) påverkade av flygbuller.
- g) Attityd till flygtrafik, mätt med olika frågor i frågeformuläret, hade ett starkt samband med såväl flygbullerexponering som självrapporterad bullerstörning. Vid jämförbar flygbullerexponering var andelen flygbullerstörda markant högre bland personer med en negativ attityd till flygtrafik jämfört med personer med en mer positiv attityd. För båda grupperna sågs dock ett tydligt och starkt samband mellan flygbuller och störning.
- h) Statistiskt säkerställda samband observerades mellan självskattad ohälsa (i form av sömnstörning och stressrelaterade symptom) och flygbullerexponering. Dessa resultat bör dock tolkas med försiktighet på grund av studiens upplägg som en tvärsnittsstudie med ohälsoutfall endast mätt genom självrapporter.

## Experimentstudier

Nedan redovisas de tre experimentstudier som genomfördes i projektet. Experimenten syftade till att: Studera akuta negativa effekter av flygbuller vid en vistelse på en uteplats, särskilt (a) effekter på akuta fysiologiska stressreaktioner (inklusive hudkonduktans, hjärtfrekvens, salivkortisol), (b) effekter på självskattade störning och upplevd stress, samt (c) effekter på talförståelse.

Samtliga experiment genomfördes under år 2011 vid Gösta Ekmans Laboratorium, Stockholms universitet. I experimenten presenterades flygbuller i högtalare med hjälp av ett flerkanaligt ljuduppspelningssystem. Det första experimentet var ett förförsök som genomfördes inomhus, med syfte att utprova systemet för ljuduppspelning och synkronisera detta med systemet för insamling av fysiologiska stressresponser hos försöksdeltagare. Det andra experimentet var studiens huvudexperiment, där försöksdeltagare exponerades för flygbuller utomhus vid en uteplats uppförd särskilt för detta ändamål. Samtidigt med exponering för mellan 0 och 32 flygbullerhändelser mättes olika fysiologiska stressindikatorer hos deltagarna, och efter exponering besvarade deltagarna ett frågeformulär om upplevelser av ljudmiljö och annat under vistelsen på uteplatsen. Det tredje experimentet genomfördes vid samma uteplats, och testade talförståelse av ord uppspelade samtidigt med flygbuller. Nedan beskrivs metodik och resultat i tur och ordning för det tre experimenten.

## Metod förförsök inomhus

### Deltagare

Totalt deltog 30 personer: 23 kvinnor och 7 män. Medelåldern var 26 år (standardavvikelse = 6,6 år; fyra av deltagare uppgav inte sin ålder). Deltagarna rekryterades genom annonsering på en hemsida för studiedeltagande i Stockholmsområdet samt via ett utskick specifikt till studenter vid Psykologiska institutionen, Stockholms universitet (SU). Alla deltagare hade ett hörseltröskelvärde lika med eller lägre än 25 dB i deras bästa öra (på grund av tekniska problem genomfördes dock inte hörseltest på fyra av deltagarna). Som ersättning fick deltagarna antingen ett presentkort värt 200 kronor eller så kallade försökstimmar (sådana timmar är ett kurskrav för psykologistudenter vid SU). När deltagarna kontaktades för tidsbokning blev de instruerade att inte äta, använda tobak eller dricka kaffe minst två timmar innan de medverkade i experimentet eftersom detta kan påverka de fysiologiska mätningarna.

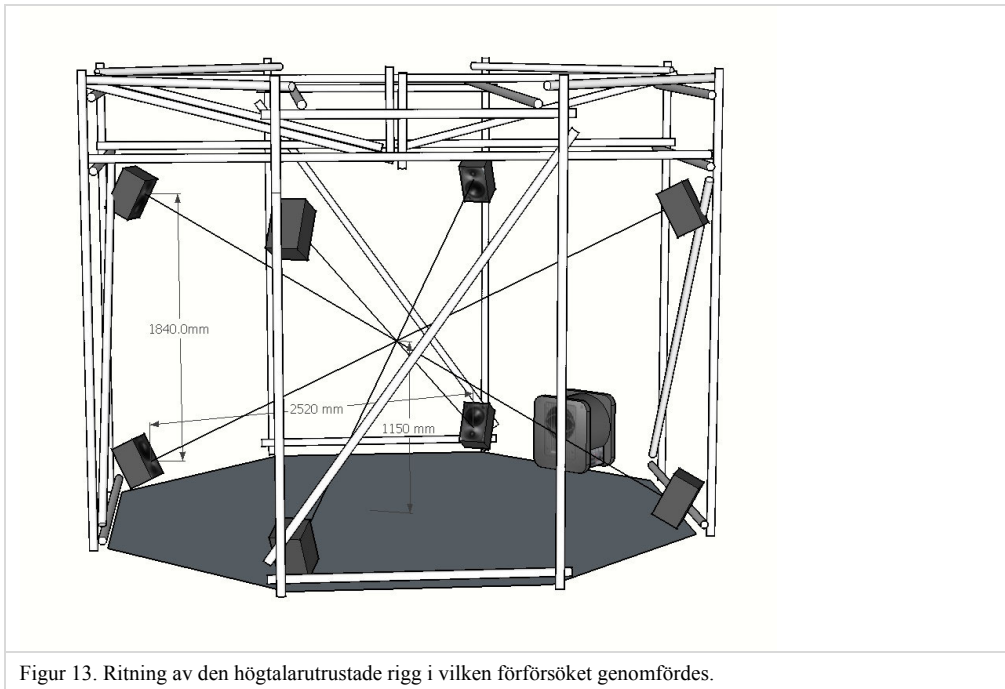
### Ljudinspelningarna

Inspelningar av ljud från flyghändelser genomfördes 1500 m från bana 2 på Arlanda flygplats (startande flyg). Inspelningar genomfördes under två dagar i september 2010, då ett stort antal överflygningar spelades in. Dessa inspelningar utgjorde ett test av den inspelningsmetodik som kom att användas i huvudförsöket. Avgångstid beräknades och jämfördes med Swedavias system WebTrack (<http://webtrak.bksv.com/arn>) för att fastställa varje flygplanstyp.

Ljuden spelades in med en fyrkanalig mikrofon för att möjliggöra flerkanalig uppspelning med så kallad ambisonicsteknik (se vidare sidan 49). En samtidig mätning gjordes också med en mätmikrofon för att fastställa flygplansljudets ljudnivå och spektrum.

### Ljuduppspelningssystem

Experimentet genomfördes i Gösta Ekmans Laboratorium, Psykologiska institutionen, SU. Flygplansljud presenterades i en ljudrigg med samma avstånd mellan högtalare och lyssnare som skulle användas i huvudförsöket (se Figur 13). Riggen byggdes upp inomhus i en stor hall (cirka 10 m takhöjd), och den täcktes med två lager av ljudabsorberande tyg.



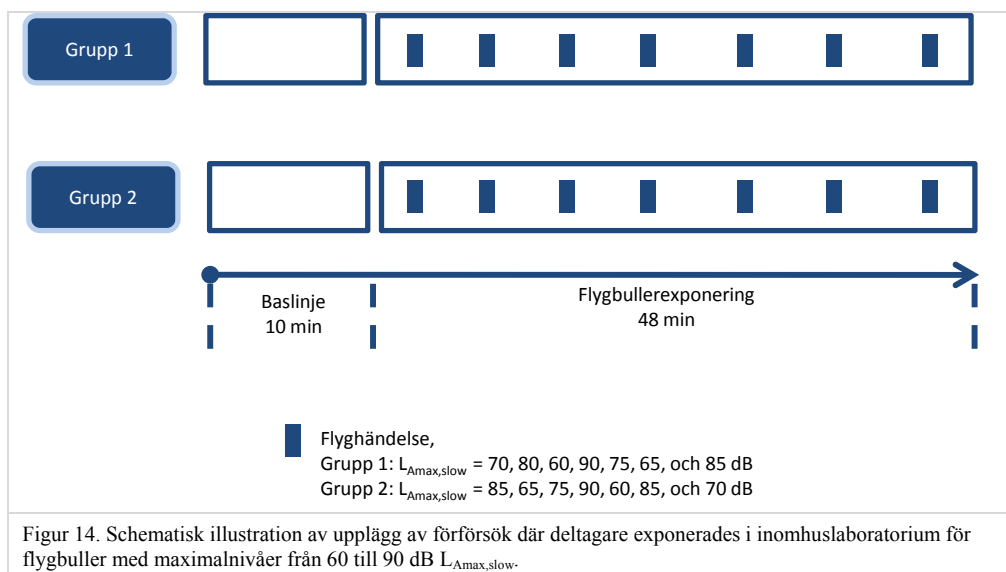
Figur 13. Ritning av den högtalarutrustade rigg i vilken förförsöket genomfördes.

### Experimentljud

Experimentljuden bestod av inspelningar av flygplanshändelser genomförda vid Arlanda flygplats. Experimentet innehöll sju flygplanshändelser där experimentnivåerna ställdes till 60, 65, 70, 75, 80, 85, och 90 dB  $L_{Amax,slow}$ . För att inte öka brusnivån i experimentet sänktes flyghändelsernas inspelade maximalnivå till målnivån i experimentet, som mest 7 dB, vilket gällde de två lägsta nivåerna. Varje flygplanshändelse varade i ungefär 60 sekunder och det var sex minuter mellan händelserna. Experimentljuden kom från flygplansmodellerna: Bombardier CRJ200, McDonnell Douglas 82, Airbus 320, Airbus 321, Boeing 737 samt två Boeing 736.

### Försöksdesign

Deltagarna exponerades för samma sju flygplanshändelser. Deltagarna randomiserades till en av två ordningar av dessa händelser. Figur 14 illustrerar schematiskt upplägget av förförsöket.



## Procedur

Deltagarna testades individuellt och hela experimentet varade i cirka 1,5 timme, inklusive tid för instruktioner, ifyllande av enkät och hörseltest. Deltagarens uppgift var att läsa en bok i egen takt under 50 minuter, samtidigt som de utsattes för flygbuller och deras fysiologiska responser mättes. Experimentet startade med en kort innehållsbeskrivning efter vilken deltagaren fick välja en av följande tre böcker: Shakespeare & Company, Kingbird Highway, eller Pirater: sjöröveriets guldålder i Atlanten och Karibiska havet, samtliga i svensk översättning. Deltagaren blev informerad om att ljud kunde komma att spelas upp i högtalarna, och att ljuden kan upplevas som störande men att de var ofarliga. En webkamera övervakade deltagaren och avvikande händelser noterades av experimentledaren.

Fyra fysiologiska responser mättes under experimentet: hjärtfrekvens, blodtryck, andning och hudkonduktans. Hjärtfrekvens (EKG) mättes genom att tre elektroder placerades på deltagarens hud i en triangel runt hjärtat; en på nyckelbenet, en på vänstra sidan av de nedre revbenen och en på högra sidan av de nedre revbenen. En blodtrycksmätare sattes runt deltagarens handled på den icke-dominanta handen, där den tillhörande sensorn placerades över strålbensartären. För att mäta hudkonduktans (SCL) placerades på samma hand två elektroder på handflatan rakt nedanför lillfingret (hypothenar eminence). För att mäta andning användes ett andningsband som sattes runt deltagarens bröstorgän över undertröjan.

## Frågeformulär

Formuläret som deltagarna fyllde i mätte upplevd ljudmiljön under experimentet, deltagarnas ljudkänslighet samt upplevelser och erfarenheter av ljudmiljön i deras vardag. Den första delen av formuläret innehöll frågor om experimentets ljudmiljö. Deltagaren blev ombedd att föreställa sig att ha suttit utomhus och skatta hur störande, stressande, ljudstark, irriterande, påträngande och obehaglig ljuden var (0 = inte alls; 11 = väldigt). Deltagaren fick sedan utvärdera boken och skatta hur intressant, svårläst, tråkig, rolig, lärorik och enformig den var (0 = 'inte alls'; 11 = 'väldigt'). Sedan mättes deltagarens ljudkänslighet med Weinsteins ljudkänslighets-skala som består av 21 påståenden vilka bedöms på en 6-gradig skala från 'instämmer starkt' till 'instämmer inte alls' [40]. I den sista delen skattade deltagaren

hur störande denne har upplevt buller från olika ljudkällor i hemmet de senaste 12 månaderna (från 0 = 'inte alls bullerstörd' till 5 = 'väldigt mycket bullerstörd').

### Utrustning

*Ljudinspelning.* Inspelningsutrustning bestod av en 8-kanalig digitalbandspelare (Sound Devices 788T recorder), en fyrkanalig mikrofon för så kallad ambisonicinspelning (SoundField SPS200, A-format) och en mätmikrofon (Bruel & Kjaer 4190, med förstärkare NEXUS Brüel & Kjaer type 2690 A 0S4, och kalibrator Brüel & Kjaer type 4231). Inspelningar i ambisonics A-format omvandlades till B-format i programmet Steinberg Cubase 5 med en beta-version av insticksmodulen Soundfield SPS200 Surround Zone som kunde hantera B-format.

*Ljudreproduktion.* Åtta högtalare (Genelec 1029A) och en bashögtalare (Genelec 7060B) användes för att reproducera ambisonic-inspelningarna. Ljudsignalerna spelades upp via en dator (ASUS V6-P5G41E, cpu: INTEL CORE 2 DUO E7500, minne: 2 GByte, operativsystem Ubuntu 10.04) utrustad med ett mångkanaligt ljudkort (RME HDSP 9652, 2 st RME ADI-8 A/D-omvandlare). De inspelade flyghändelserna spelades upp vid givna tillfällen med hjälp av ett program skrivet i Pd-Extended 0.42.5 [47], avkodning av ambisonics-signalen för det aktuella högtalarsystemet skedde också i detta program.

*Hörselektrometri.* Hörtrösklar mättes med Hughson-Westlakes metod med hjälp av en audiometer (Interacoustics Diagnostic Audiometer AD226).

*Fysiologiska responser.* Hjärtfrekvens, andning och hudkonduktans mättes med elektroder och andningsband kopplade till en basenhet (MP150, Biopac) med förstärkare för hjärtfrekvens (ECG100, Biopac), andning (RSP100, Biopac) och hudkonduktans (SCL100, Biopac). Diastoliskt och systoliskt blodtryck mättes med en sensor (T-Line Radial Artery Sensor, Tensys medical) på handleden kopplad till en mottagare (T-line Blood Pressure Monitoring System, Tensys medical).

## Resultat förförsök inomhus

### Analysansats

Analyser visade på en trend över tid oberoende av stimulusordning, särskilt för hudkonduktans (vilken ökade över tid). För att ta hänsyn till detta korrigerades uppmätta värden under varje flyghändelse med nivån uppmätt under en tyst period precis innan flyghändelsen. För varje person beräknades således medelvärden för de olika fysiologiska måtten under 60 s kring den maximala ljudnivån, och dessa värden korrigerades genom att dra ifrån medelvärdet uppmätt under en 10 s lång tyst period precis innan händelsen<sup>5</sup>.

Data bearbetades statistiskt med hjälp av variansanalys (ANOVA) i programmet IBM SPSS statistics 20. För varje mått genomfördes en 7 x 2 ANOVA, med ljudnivå som inomindividvariabel och stimulusordning som mellanindividvariabel.

---

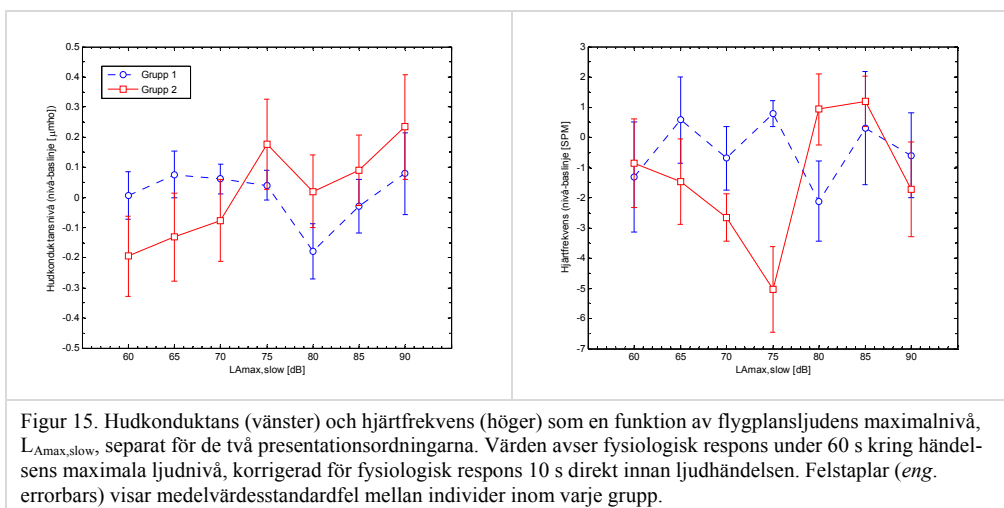
<sup>5</sup> Analyser genomfördes också med kortare integrationstider än 60 s under händelsen, men dessa analyser gav resultat i samma riktning som de redovisade.



Dessa analyser fokuserade på en trendanalys, det vill säga på frågan om uppmätta värden systematiskt ökade eller minskade med maximalnivå<sup>6</sup>.

### Fysiologiska stressresponser

Figur 15 visar medelvärden för de två grupperna av deltagare som en funktion av maximal ljudnivå.



För hudkonduktans (vänster diagram) ses en tendens till ökning med ljudnivå. Denna var dock endast på gränsen till statistiskt signifikant beräknad för hela gruppen (linjär trend:  $F_{1,28} = 4.1$ ,  $p = 0.053$ ,  $\text{partial } \eta^2 = 0.13$ ). Trenden syns tydligt i den ena gruppen (Grupp 1), där en systematisk ökning i hudkonduktans ses för samtliga nivåer, med undantag för nivån 75 dB  $L_{Amax,slow}$  (separat trendanalys för denna grupp,  $p = 0.016$ ;  $\text{partial } \eta^2 = 0.33$ ). För den andra gruppen av deltagare (Grupp 2) är trenden betydligt svagare och ej signifikant ( $p = 0.49$ ;  $\text{partial } \eta^2 = 0.04$ ). Visserligen ses det högsta värdet för 90  $L_{Amax,slow}$  dB, men nästan lika höga värden ses för flera lägre nivåer. Det är oklart vad som orsakat denna skillnad mellan grupperna. För hjärtfrekvens (höger diagram) sågs ingen statistiskt signifikant trend i sambandet med maximalnivå.

Problem med blodtrycksmätaren gjorde att data för 11 personer inte kunde användas. Kvarstående data analyserades men inga samband med maximalnivåer hittades.

### Sammanfattning av resultat

Förförsökets syfte var att testa den metodik som skulle användas i huvudförsöket. Detta inkluderade metodik för inspelning, kalibrering och uppspelning av ljud, samt metodik för insamlande av fysiologiska stressresponser. Förförsöket visade att metodiken fungerade, men visade också på detaljer som behövde finjusteras inför huvudexperimentet, framför allt vad avsåg mätning av blodtryck.

I resultatet sågs en tendens till samband mellan hudkonduktans och flyghändelsernas maximalnivå. Sambandet var dock endast tydligt för en av de två grupperna.

<sup>6</sup> Trend analyserades genom att utvärdera den linjära kontrasten bland polynomkontrasterna för huvudeffekt av maximalnivå (se t.ex. [48]).

För övriga fysiologiska stressresponser sågs inga tydliga samband med flyghändelsernas maximalnivå.

## Metod huvudexperiment utomhus

### Deltagare

Totalt deltog 90 personer: 51 kvinnor och 39 män. Medelåldern var 47 år (standardavvikelse 16 år). Deltagarna bodde i närheten av Bromma flygplats eller Arlanda flygplats. De rekryterades, dels genom anslag på torg, i affärer och i portuppgångar runt Bromma flygplats, dels bland deltagare i en tidigare frågeformulärsundersökning kring Arlanda, där vissa medverkande hade uttryckt intresse för att delta i framtida studier. Deltagarnas hörsel testades med hjälp av en tonaudiometer. Absoluta hörtrösklar mättes för frekvenserna 125, 500, 1000, 2000, 3000, 4000 och 6000 Hz (på grund av tekniska problem kunde inte hörseltest genomföras på fyra av deltagarna). Deltagarna fick 300 kronor i ersättning för sitt deltagande.

Tabell 8 visar demografiska och andra variabler för deltagarna i experimentet. Deltagarna var slumpmässigt fördelade på fyra experimentella betingelser ("scenarier"). Trots detta skilde sig grupperna åt i vissa avseende. Till exempel var medelålder och antalet deltagare med nedsatt hörsel högre i kontrollbetingelsen utan händelser (scenario 0) högre än i övriga betingelser.

Tabell 8. Demografiska och andra variabler för deltagarna i experimentet, uppdelat på de fyra experimentella betingelserna 0, 2, 8 eller 32 flyghändelser under vistelsen på uteplatsen.

	Scenario				Alla
	0	2	8	32	
Antal	22	22	23	23	90
Medelålder (standardavvikelse) [år]	53 (15)	45 (17)	46 (16)	46 (17)	47 (16)
Antal kvinnor / män	13/9	10/12	15/8	13/10	51/39
Antal ljudkänsliga <sup>a</sup>	2	3	4	2	11
Antal med hörselnedsättning <sup>b</sup>	9	5	2	3	19
Antal med nedsatt hälsa <sup>c</sup>	0	1	0	1	2

<sup>a</sup>Ljudkänslighet definierad som medelvärde  $\geq 5$  på en skala från 1 (inte alls) till 6 (mycket) ljudkänslig, baserad på medelsvar på 10 frågor.

<sup>b</sup>Hörselnedsättning definierad som hörströskel  $\geq 25$  dB i någon av de testade frekvenserna

<sup>c</sup>Nedsatt hälsa definierad som svar "dåligt" eller "mycket dåligt" på frågan "Hur bedömer du ditt allmänna hälsotillstånd, jämfört med andra i din ålder?"

### Ljudinspelningarna

Inspelningar av ljud från flyghändelser genomfördes 1500 m från bana 2 på Arlanda flygplats (startande flyg). Inspelningar genomfördes under fyra dagar och sammanlagt 53 användbara överflygningar spelades in. Avgångstid beräknades och jämfördes med Swedavias system WebTrack (<http://webtrak.bksv.com/arn>) för att fastställa varje flygplanstyp.

Ljuden spelades in med en fyrkanlig mikrofon för att möjliggöra flerkanalig uppspelning med så kallad ambisonicsteknik. En samtidig mätning gjordes också med en mätmikrofon för att fastställa flygplansljudets ljudnivå och frekvensspektrum.

Ambisonics är en teknik för att spela in och återskapa ett 3-dimensionellt ljudfält [49-51]. Ljudfältet delas upp i ett antal riktningsskomponenter (sväriska harmoniska funktioner). Teoretisk blir riktningssverkan bättre ju fler komponenter som används. I den här studien används upp till första ordningens funktioner, vilket ger fyra kanaler. Ambisonicstekniken gör det möjligt att återskapa höjdinformationen från

inspelningen, vilket är en viktig egenskap för att skapa en realistisk upplevelse av överflygningar.

### Experimentljud

Åtta flygplansinspelningar användes som experimentljud. I experimentet sattes maximalnivå på samtliga flygplansljud till 73 dB  $L_{Amax,slow}$ . Under experimentet reproducerades 0, 2, 8 eller 32 sådana händelser, och varje deltagare exponerades för ett av dessa scenarier (se figur 18). Experimentljuden kom från flygplansmodellerna Boeing 735, Boeing 736, Boeing 737, Boeing 738, Boeing 752, Airbus 321 samt 2 stycken Airbus 320.

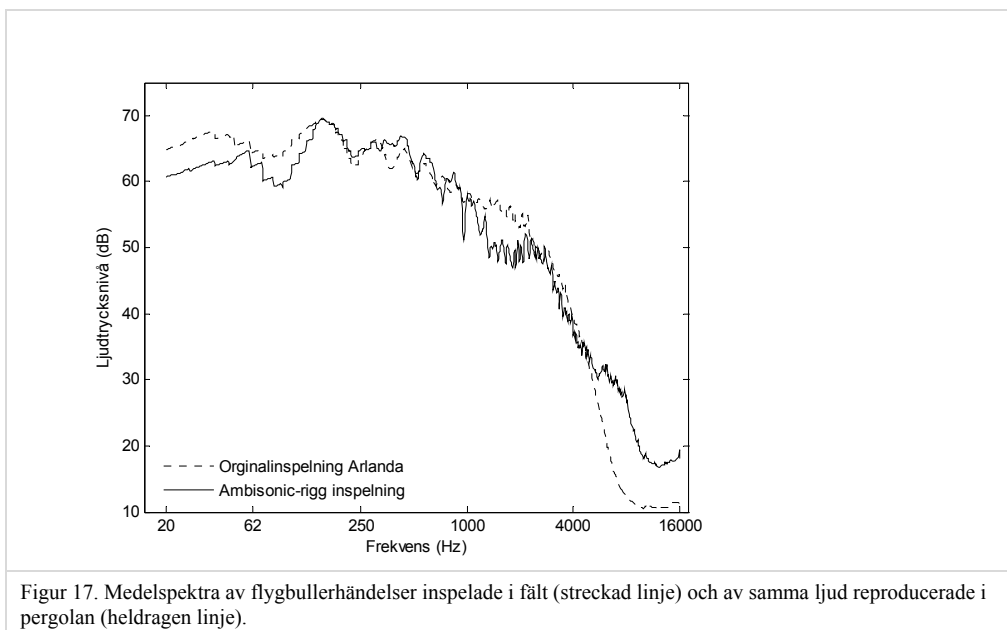
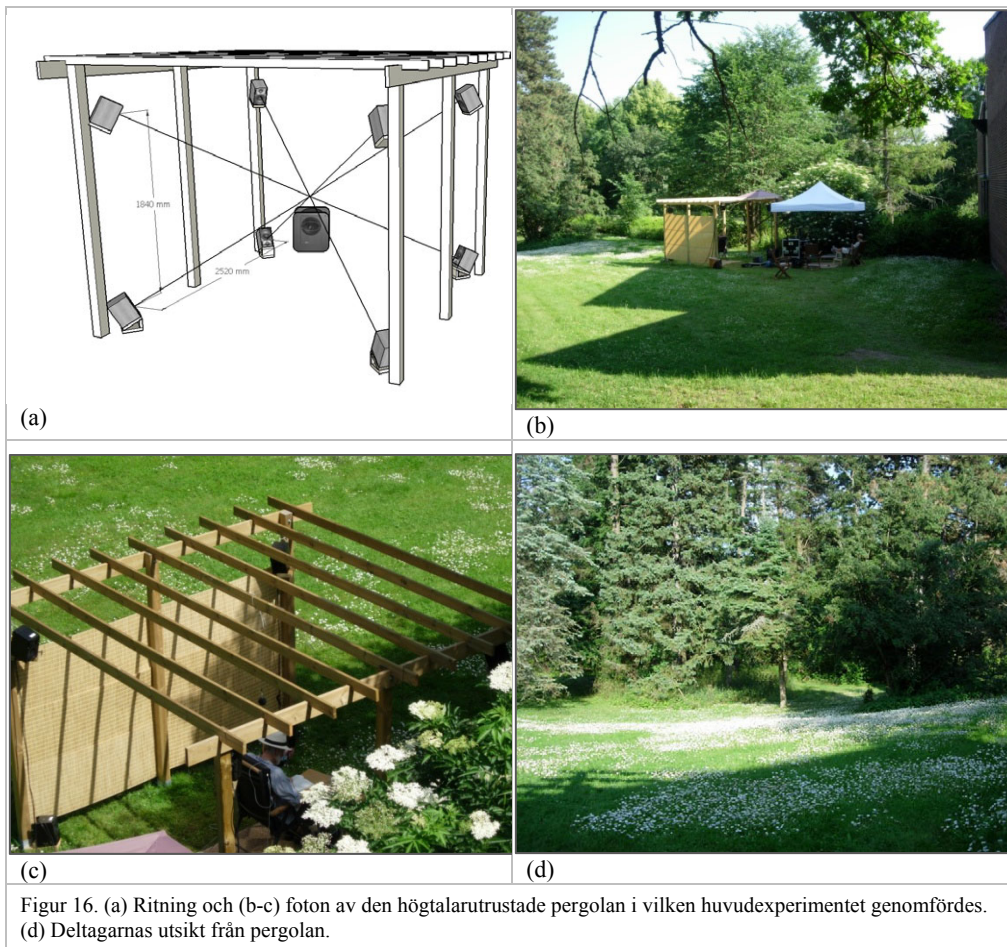
### Ljuduppspelningssystem

Experimentet genomfördes utomhus vid Gösta Ekmans Laboratorium, Psykologiska institutionen, Stockholms universitet. En pergola uppförd för ändamålet utrustades med åtta högtalare plus en bashögtalare för flerkanalig reproduktion av flygljud inspelade med ambisonicsteknik. Bakgrundsnivån i pergolan låg vanligen mellan 45 och 50 dB  $L_{Aeq}$ . Ljudmiljön dominerades av fågelkvitter och avlägset buller från två större vägar (Roslagsvägen och E4). Med jämna intervall kunde ljudet från förbipasserande pendeltåg på Roslagsbanan urskiljas, men deras maximalnivå överskred inte 50 dB  $L_{Amax,fast}$ .

Figur 16 visar en ritning och foton av pergolan. I ritningen visas avstånd från högtalare till lyssnarens huvud (punkten där linjerna sammanstrålar). Deltagarna testades individuellt sittande på en vilstol i pergolans mitt, så att deras öronhöjd var cirka 1,15 m ovanför marken. Deltagarnas utsikt från pergolan visas i Figur 16, diagram (d).

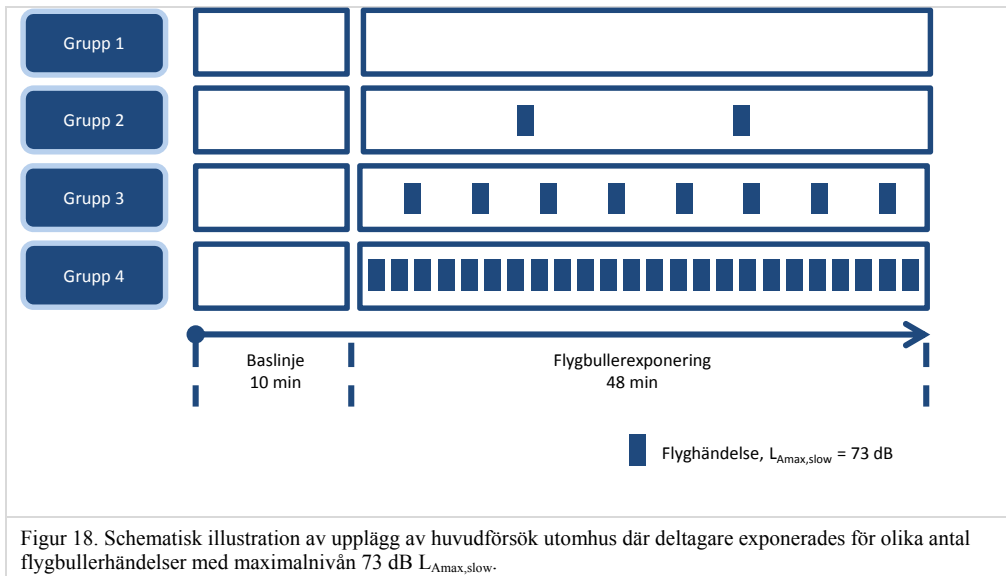
Mätningar av det reproducerade ljudet i pergolan jämfördes med inspelningarna med mätmikrofon i fält. Figur 17 visar genomsnittliga spektra från sex inspelningar av flygljud, genomförd vid Arlanda (streckad linje) och spektrum för samma ljud reproducerade i pergolan (heldragen linje).

Överensstämmelse mellan de två inspelningarna var god i frekvensområdet 100 - 5000 Hz, med undantag för en region kring 2000 Hz, där skillnad uppstod på grund av markreflektioner i pergolan. Inspe­lingar i pergolan innehåll avsevärt mycket mer fågelkvitter än vid inspelningarna vid Arlanda, vilket förklarar skillnaderna i frekvenser över 5000 Hz. Ljudmiljön kring Arlanda innehöll mer lågfrekvent bakgrundsljud än bakgrundsljudet vid pergolan. Detta kompenseras inte fullt ut av bashögtalaren, vilket förklarar skillnaderna i frekvenser lägre än 100 Hz. Ljud vid dessa frekvenser kommer dock inte främst från flygbuller utan från andra ljudkällor i omgivningen, i huvudsak avlägset vägtrafikbuller.



## Försöksdesign

Figur 18 illustrerar schematiskt huvudförsökets upplägg.



## Procedur

När deltagarna kontaktades för tidsbokning blev de instruerade att inte äta, använda tobak eller dricka kaffe under två timmar före experimentets start, eftersom detta kan påverka de fysiologiska responser under experimentet.

Experimentet varade i cirka 2 timmar, inklusive instruktioner, frågeformulär och hörseltest. Deltagarens uppgift var att läsa en bok i egen takt under 58 minuter, under hela tiden mättes deltagarens fysiologiska reaktioner. Efter en kort innehållsbeskrivning fick deltagaren välja en av följande tre böcker: Shakespeare & Company, Kingbird Highway, eller Pirater: sjööveriets guldålder i Atlanten och Karibiska havet, samtliga i svensk översättning. Deltagaren blev informerad om att ljud kunde komma att spelas upp i högtalarna under experimentet, att ljuden kunde vara av både kontinuerlig och plötslig karaktär, samt att ljuden kunde upplevas som störande, men att de var ofarliga.

Fem fysiologiska responser mättes under experimentet: salivkortisol, hjärtfrekvens, blodtryck, andning och hudkonduktans.

För att mäta salivkortisolnivå fick deltagaren tugga på en steril salivette under en minut. Salivproverna togs vid tre olika tillfällen: första gången precis innan experimentet började, andra gången precis efter experimentet avslutades och den tredje gången 20 minuter efter experimentets slut. Salivproverna förvarades sedan i förslutna platspåsar i  $-20$  °C tills de analyserades.

För att mäta hudkonduktans (SCL) placerades på samma hand två elektroder på handflata rakt nedanför lillfingret (hypothenar eminence). För att mäta andning användes ett andningsband som sattes runt deltagarens bröstorg över undertröjan. Blodtryck mättes med en blodtrycksmätare placerad runt deltagarens handled på den ickedominanta handen, där den tillhörande sensorn placerades över strålbensartären.

Hjärtfrekvens (EKG) mättes genom att tre elektroder placerades på deltagarens hud i en triangel runt hjärtat; en på nyckelbenet, en på vänstra sidan av nedre revbenen och en på högra sidan av nedre revbenen. Hjärtfrekvensvariabilitet analyserades genom att mäta avstånden mellan samtliga hjärtslag, under försökstiden, för varje deltagare och dessa importerades i programmet Kubios HRV 2.1 (The Biomedical Signal and Medical Imaging Analysis Group, Department of Applied Physics, University of Kuopio, Finland).

Under experimentet satt experimentledaren några meter bakom deltagaren för att bevaka experimentet och den fysiologiska datainsamlingen. Ljudkällor som inte ingick i experimentet noterades (till exempel ljud från bilar, flygplan eller helikoptrar). När experimentet avslutades plockades elektroder och mätare av och deltagaren besvarade ett frågeformulär. Avslutningsvis genomfördes ett hörseltest inomhus.

### Frågeformulär

Efter vistelsen på uteplatsen fyllde deltagarna i ett frågeformulär. Det bestod av fyra delar och innehöll totalt 31 frågor (bilaga B). Den första del gällde hur deltagarna upplevde ljudmiljön under experimentet. De fick skatta om de hade hört vägtrafik, tågtrafik, flygplan, ventilationssystem, naturljud och ljud från människor (1 = inte alls; 5 = väldigt mycket). Deltagarna fick även skatta hur störande och stressande de upplevde flygbullret i experimentet, detta gjordes både på en 5-gradig skala och på en 11-gradig skala. De skattade även hur behaglig och händelserik ljudmiljön upplevdes.

I den andra delen utvärderade deltagarna sina egna uteplatser hemma de senaste tre månaderna. De fick besvara vilken typ av uteplats de primärt vistades på, var den låg och skatta hur störda de har varit av olika bullerkällor på nämnda uteplats (1 = inte alls; 5 = väldigt mycket).

Den tredje delen innehöll frågor om deltagarnas ljudmiljö både inomhus och utomhus de senaste 12 månaderna och de fick skatta hur störda de varit av olika bullerkällor (1 = inte alls; 5 = väldigt mycket). Den sista enkät delen innehöll demografiska frågor, och deltagarna skattade även påståenden om deras ljudkänslighet [40], hälsostatus, attityder till väg-, spår- och flygtrafik, samt avståndet mellan eget boende och närmsta flygplats.

### Utrustning

*Ljudinspelningar.* Samma utrustning som vid inspelningar inför förförsöket, se ovan sidan 47.

*Ljudreproduktion.* Samma utrustning som i förförsöket, se ovan sidan 47.

*Hörselmätning.* Samma utrustning som i förförsöket, se ovan sidan 47.

*Fysiologiska responser.* För hjärtfrekvens, andning, hudkonduktans och blodtryck användes samma utrustning som i förförsöket, se ovan sidan 47. För inhämtning av salivprov användes salivetter (Sarstedt 51.1534 - Salivette). Salivprov analyserades vid Studiecenter för Laboratoriemedicin vid Karolinska Universitetslaboratoriet,

genom en kompetitivt RIA-typ analys, med Spectria Cortisol RIA från Orion Diagnostica, Espoo, Finland.

## Resultat huvudexperiment utomhus

### Analysansats

För varje person beräknades medelvärden vid fem tidpunkter under exponeringstiden, för samtliga fysiologiska mått. Dessa värden korrigerades genom att dra ifrån individens medelvärde från de fem sista minuterna av baslinjemätningen. Alternativa analyser genomfördes också, där det uppmätta värdet under en händelse korrigerades med nivån direkt innan händelsen, men dessa analyser gav inga andra slutsatser än de som redovisas nedan.

Data bearbetades statistiskt med hjälp av variansanalys (ANOVA) i programmet IBM SPSS statistics 20. För varje mått genomfördes en 5 x 4 ANOVA, med tidpunkt som inomindividvariabel och antal händelser (0, 2, 8 eller 32) som mellanindividvariabel. Dessa analyser fokuserade på effekten av antal händelser och på interaktionen mellan antal händelser och tid. Analyser korrigerade för deltagarnas ålder, kön och hörselstatus, gav inga andra resultat än de okorrigerade analyser som redovisas nedan.

### Bakgrunds ljud

Experimentet genomfördes utomhus i Frescati hage vid Stockholms universitet. Typiska bakgrunds nivåer låg mellan 45 till 50 dB  $L_{Aeq}$ , och var främst genererade av trafikbuller från Roslagsvägen cirka 200 m bort och E4:an vid Solna cirka 2 km bort.

Även pendeltågstrafik kunde höras från Roslagsbanan, med cirka en händelse var femte minut. Ljudnivån på dessa händelser var dock låga, med maximalnivåer kring cirka 50 dB  $L_{Amax,fast}$ .

Det förekom också passager av flygplan och helikoptrar, de senare i många fall sjuktransporter på väg till Karolinska sjukhuset. Experimentledarna noterade samtliga externa flyghändelser som de la märke till under experimentet. I genomsnitt noterades 5 händelser under kontrollbetingelsen utan händelser (scenario 0), 3 händelser under scenario 2 och 8, och 2 händelser under scenario 32. Endast mellan scenario 0 och 32 var skillnaden statistiskt signifikant, vilket förmodligen berodde på att flygbullret från högtalarna maskerade ljudet från externa flyghändelser. De externa flyghändelserna var nästan alltid avsevärt svagare än ljuden från högtalarna. Vid jämförelser mellan gruppen utan flygbuller händelser och gruppen med två flygbullerhändelser (scenario 0 och 2), fann vi inga statistiskt säkerställda samband mellan antalet externa flygbullerhändelser och rapporterad flygbullerstörning. En analys med hela gruppen efter kontroll för experimentell betingelse, fann inte heller något samband mellan externa flygbullerhändelser och rapporterad flygbullerstörning.

### Upplevda ljudkällor

Deltagarnas upplevelser av ljudmiljön mättes med ett antal frågor i det frågeformulär som fylldes i direkt efter experimentet. Tabell 9 ger svarsfördelning på frågor om i vilken utsträckning olika ljudkällor kunde höras under experimentet.

Som väntat fanns ett starkt positivt samband mellan experimentell betingelse (scenario) och andelen deltagare som hörde flygbuller (Spearman's rho = 0.74, p <0.001). Men även deltagare i kontrollbetingelsen (scenario 0), som inte var utsatt för flygbuller i högtalarna, rapporterade att de hörde flygbuller, vilket stämmer med försöksledarnas observationer av externa flygbullerhändelser.

Vägtrafikbuller hördes av de flesta men det fanns inget tydligt samband mellan scenario och fördelningen av svar på frågan om hur ofta man hörde vägtrafikbuller (Spearman's rho = -0.14, p >0.2). Dock fanns en tendens till att färre personer i scenario 32 rapporterade att de hörde vägtrafik en del eller mycket, förmodligen på grund av att flygbullret maskerade bakgrundsljud under en stor del av experimenttiden.

För tågbuller sågs en liknande trend som för vägtrafikbuller, det vill säga, det fanns inget starkt samband mellan scenario och fördelningen av svar på frågan om hur ofta man hörde tågbuller (Spearman's rho = -0.12, p >0.2), men en tendens att färre deltagare i scenario 32 rapporterade att de hörde tågbuller en del eller mycket.

Ljud från fåglar, vindsus i löv och andra naturljud upplevs vanligen som positiva inslag i ljudmiljön. Sådana ljud var vanliga på uteplatsen och majoriteten av deltagarna i samtliga scenario rapporterade att de hörde sådana ljud en del eller mycket. Det fanns inget tydligt samband mellan scenario och hur ofta naturljud hördes (Spearman's rho = -0.11, p >0.2).

Tabell 9. Fördelning av svar på frågor om vilka ljudkällor deltagarna hörde under experimentet, sammantaget och separat för de fyra scenarierna med 0, 2, 8 eller 32 flygbullerhändelser.

Vilka ljud la du märke till under experimentet?	Scenario				
	0 (n = 22)	2 (n = 22)	8 (n = 23)	32 (n = 23)	Alla (n = 90)
<b>Flygbuller</b>					
Hörde inte alls [%]	9	5	0	0	3
Hörde lite [%]	41	18	0	0	14
Hörde en del [%]	41	64	17	4	31
Hörde mycket [%]	9	14	65	74	41
Dominerade helt [%]	0	0	17	22	10
<i>kolumntotal [%]:</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<b>Vägtrafik</b>					
Hörde inte alls [%]	9	0	0	4	3
Hörde lite [%]	27	32	18	48	32
Hörde en del [%]	36	36	73	35	45
Hörde mycket [%]	27	32	9	13	20
Dominerade helt [%]	0	0	0	0	0
<i>kolumntotal [%]:</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<b>Tågtrafik</b>					
Hörde inte alls [%]	18	23	5	35	20
Hörde lite [%]	14	9	18	17	25
Hörde en del [%]	50	50	59	35	48
Hörde mycket [%]	18	14	18	13	16
Dominerade helt [%]	0	5	0	0	1
<i>kolumntotal [%]:</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<b>Naturljud</b>					
Hörde inte alls [%]	0	0	0	4	1
Hörde lite [%]	9	9	14	13	11
Hörde en del [%]	36	23	18	30	27
Hörde mycket [%]	41	55	68	52	54
Dominerade helt [%]	14	14	0	0	7
<i>kolumntotal [%]:</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

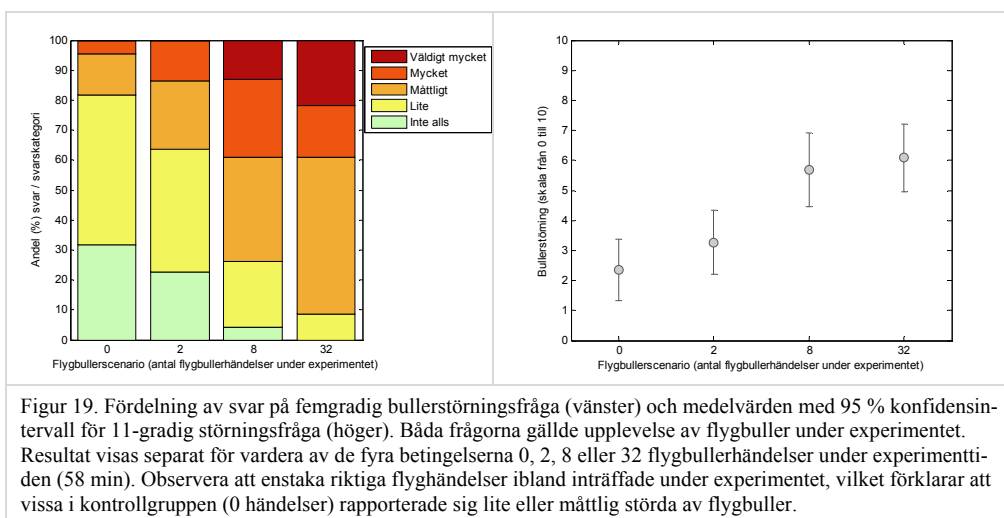


## Upplevd bullerstörning

Som väntat ökade rapporterad flygbullerstörning med antalet flyghändelser. Detta ses i Figur 19 som visar resultat för respektive scenario. Det vänstra diagrammet visar fördelningen av svar per svarskategori på den femgradiga bullerstörningsskalan. För scenarierna med 0 respektive 2 händelser uppgav de flesta att det var lite eller inte alls störda av flygbuller, för scenarierna med 8 eller 32 händelser uppgav de flesta att de åtminstone var måttligt störda av flygbuller.

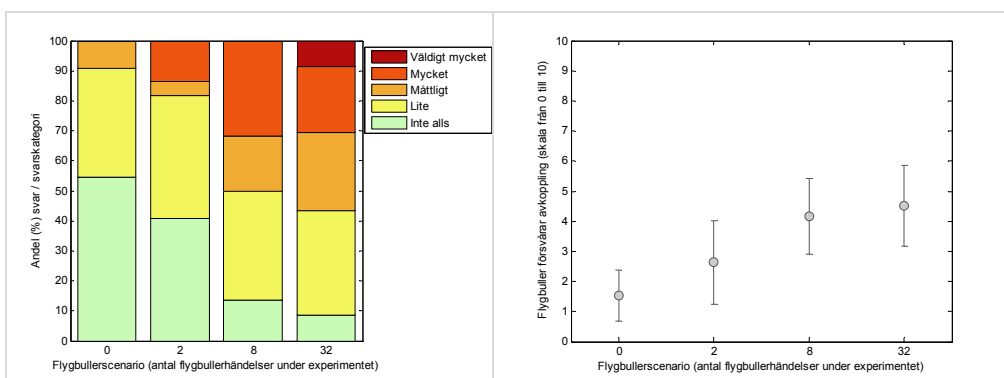
Det högra diagrammet i Figur 19 visar medelvärden med 95 % konfidensintervall för den 11-gradiga numeriska skalan (0 = inte alls störds, 10 = mycket störds av flygbuller). Genomsnittlig störning var låg för scenario 0 och 2, och betydligt högre för scenario 8 och 32. En tydlig skillnad i genomsnittlig bullerstörning ses mellan scenario 2 och 8, däremot var skillnaden i bullerstörning mellan scenario 0 och 2 respektive mellan scenario 8 och 32 liten och inte statistiskt signifikant.

Dessa resultat indikerar att upp till två flygbullerhändelser under en entimmes vistelse vid uteplats ger en ganska måttlig bullerstörning. Vid 8 eller 32 händelser var bullerstörningen betydligt högre, men fortfarande uppgav mindre än hälften att de upplevde bullret som ”mycket” eller ”väldigt mycket” störande. Samtliga flyghändelser i experimentet hade nivån 73 dB  $L_{Amax,slow}$ , och denna nivå upplevdes alltså inte av alla som mycket störande ens vid upprepad exponering.

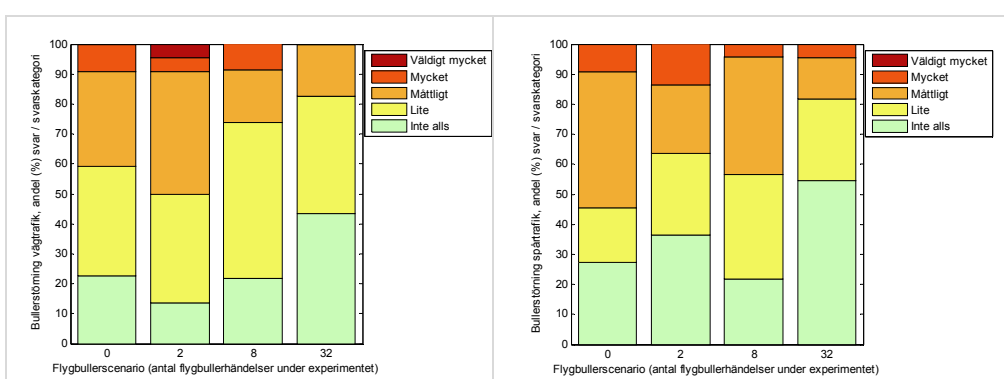


Figur 19. Fördelning av svar på femgradig bullerstörningsfråga (vänster) och medelvärden med 95 % konfidensintervall för 11-gradig störningsfråga (höger). Båda frågorna gällde upplevelse av flygbuller under experimentet. Resultat visas separat för vardera av de fyra betingelserna 0, 2, 8 eller 32 flygbullerhändelser under experimenttiden (58 min). Observera att enstaka riktiga flyghändelser ibland inträffade under experimentet, vilket förklarar att vissa i kontrollgruppen (0 händelser) rapporterade sig lite eller måttligt störda av flygbuller.

Frågeformuläret innehöll också frågor om hur stressande flygbullret upplevdes, i vilken utsträckning det påverkade förmåga att koppla av under experimentet och i vilken utsträckning det störde eller försvårade läsandet av boken under experimentet. Svaren på dessa frågor visade på samma trend som för den allmänna bullerstörningsfrågan, det vill säga låg störning bland de som var utsatt för 0 eller 2 händelser och högre andel bland de som var utsatta för 8 eller 32 händelser (som exempel visas resultat för förmåga att koppla av under experimentet, se Figur 20)



Figur 20. Som Figur 19, men för fråga om flygbuller försvårade förmågan att koppla av under experimentet.

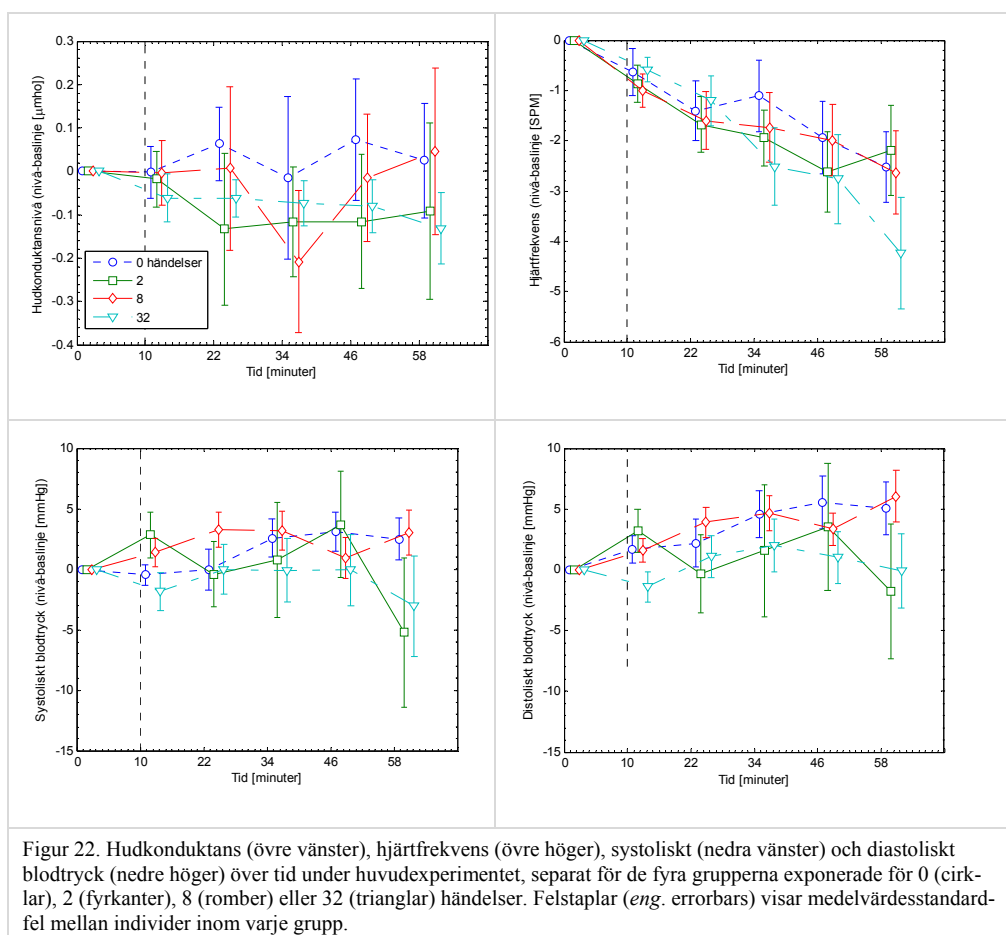


Figur 21. Bullerstörning vägtrafik (vänster) och spårtrafik (höger), separat för vardera av de fyra betingelserna 0, 2, 8 eller 32 flygbullerhändelser under experimenttiden (58 min).

Formuläret innehöll också frågor om bullerstörning av vägtrafik och tågtrafik under experimentet. Endast den femgradiga störningsskalan användes för bedömning av dessa ljudkällor. Figur 21 visar fördelningen av svar per svarskategori för vägtrafik (vänster) och spårtrafik (höger). Få personer uppgav att de var mycket eller väldigt mycket störda av väg- eller spårtrafik, men några uppgav att de var måttligt bullerstörda. Det fanns ett negativt samband mellan antal flyghändelser och bullerstörning från vägtrafik (Spearman's rho = -0.25,  $p < 0.02$ ) och spårtrafik (Spearman's rho = -0.22,  $p < 0.04$ ). Exempelvis var andelen som uppgav sig vara lite eller inte alls bullerstörda högre i scenario 32 och 8 än i scenario 2 och 0. Flygbullret, som pågick under längre perioder i scenario 8 och 32 jämfört med scenario 0 och 2, kan ha maskerat andra ljud, och gjort dem ohörbara eller upplevelsemässigt ljudsvagare under perioder när flygbullret spelades upp. Flygbullret kan också ha riktat uppmärksamheten bort från andra ljudkällor och därmed minskat hur bullerstörande dessa kom att bedömas.

### Fysiologiska stressresponser

Mätningar av fysiologiska responser genomfördes under hela experimenttiden, inklusive 10 minuter baslinjemätning och 48 minuter exponering. Figur 22 visar resultat för hudkonduktans, hjärtfrekvens, och blodtryck separat för de fyra grupperna och separat för 5 tidpunkter efter baslinjemätningen (0, 12, 24, 36, 48 minuter efter baslinjemätningen). Datapunkterna visar medelvärden för baslinjejusterade

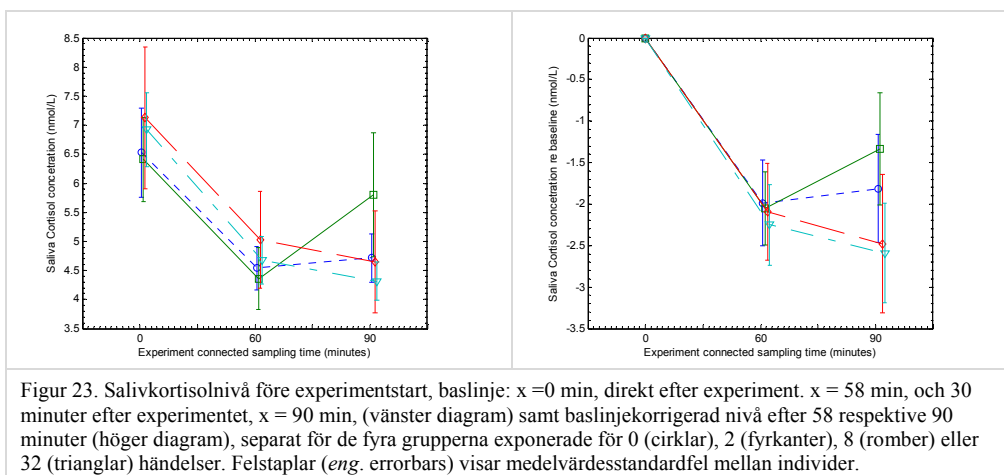


Figur 22. Hudkonduktans (övre vänster), hjärtfrekvens (övre höger), systoliskt (nedra vänster) och diastoliskt blodtryck (nedra höger) över tid under huvudexperimentet, separat för de fyra grupperna exponerade för 0 (cirkular), 2 (fyrkanter), 8 (romber) eller 32 (trianglar) händelser. Felstaplar (*eng.* errorbars) visar medelvärdesstandardfel mellan individer inom varje grupp.

värden (i figurerna är datapunkterna något justerade i sidled för att öka läsbarheten). Felstaplar visar medelvärdesstandardfel, mellan individer, inom varje grupp.

Inga tydliga skillnader mellan grupperna kunde ses för någon av de fysiologiska stressresponserna i Figur 22 och inte heller för hjärtfrekvensvariabilitet (data ej visat). Statistiska analyser visade inte heller några signifikanta skillnader mellan grupper över tid. För hjärtfrekvens ses dock en tydligt avtagande trend för samtliga grupper, förmodligen till följd av att man slappnade av allt eftersom experimentet pågick, men trenden var lika tydlig i de högexponerade grupperna (8 och 32 händelser) som i de lågexponerade grupperna (0 eller 2 händelser). Dessa resultat ger alltså inget stöd för att flygbullerhändelser på uteplats kring 70 dB  $L_{Amax,slow}$  orsakar påtagliga fysiologiska stressresponser.

Inte heller mätningar av salivkortisol visade på några tydliga skillnader mellan de fyra grupperna. Vänster diagram i Figur 23 visar salivkortisolvärden separat för varje grupp vid de tre mättillfällena (vid experimentstart, direkt efter experimentet, och en 20 minuter efter experimentet). Det tar cirka 30 minuter efter ökad kortisolinsöndring i blodet innan denna är detekterbar i saliv. För samtliga grupper ses en nedåtgående trend mellan första och andra mättillfället. Denna trend är förenlig med en naturlig sänkning av salivkortisol under dagen, men kan också delvis bero på minskad stress. Minskningen var ungefär lika stor för samtliga grupper och det ses alltså ingen effekt av flygbuller på salivkortisol mellan första och andra mättillfället. För tre av grupperna ses en tendens till fortsatt minskning i salivkortisol från



andra till tredje mättillfället. Medelvärdet för gruppen exponerade för 2 flyghändelser (scenario 2) ökade dock mellan mättillfälle 2 och 3, orsakerna till denna ökning är oklar. Sammanfattningsvis ger inte heller kortisolanalyserna något stöd för att flygbuller orsakade fysiologisk stressresponser under experimentet.

## Metod talförståelseexperiment

### Deltagare

Sammanlagt deltog 20 personer i experimentet, fem män och 15 kvinnor (medelålder 29 år, standardavvikelse 7,4 år). Deltagarnas hörselstatus testades med en tonaudiometer i frekvenserna 0,5, 1, 2, 3, 4, och 6 kHz. Samtliga deltagare hade hörrösklar lägre än 25 dB (re [52]) i sitt bästa öra. Samtliga talade flytande svenska och 16 av 20 deltagare hade svenska som modersmål.

### Ljudinspelningar

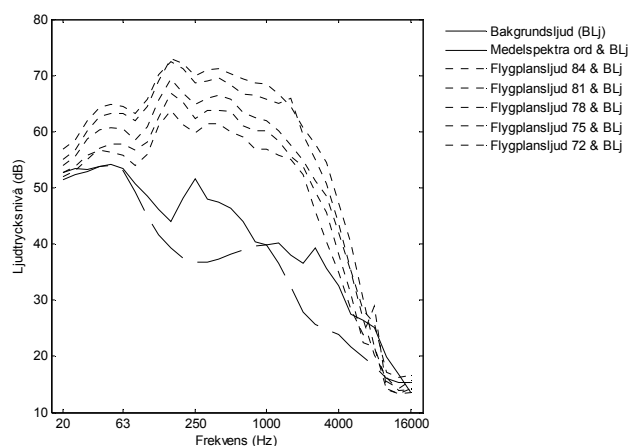
Inspelningar av flygbuller valdes från den uppsättning inspelningar som gjordes inför huvudförsöket, se ovan sidan 49.

### Ljuduppspelningssystem

Experimentet genomfördes i samma pergola som användes i huvudförsöket, se sidan 50. Förutom åtta högtalare och en bashögtalare för reproduktion av flygbuller, användes en högtalare för reproduktion av talsignaler. Denna högtalare var placerade 1,15 m ovan mark, 1,5 m rakt framför deltagaren, se figur 24.



Figur 24. Foto av pergola med åtta högtalare för reproduktion av flygbuller och en högtalare för reproduktion av talsignaler.



Figur 25. Spektra uppmätta i pergolan för bakgrunds ljud, talsignal och flygbullerhändelser.

Bakgrundens ekvivalenta ljudnivå under experimentet uppskattades genom att mäta ljudnivån efter det första blockets sista talsignal, sammanlagd mättid drygt 7 minuter, ekvivalent ljudnivå 47,5 dB  $L_{Aeq}$ . Figur 25 visar genomsnittliga spektra för bakgrunds ljud, talsignaler och flygbuller.

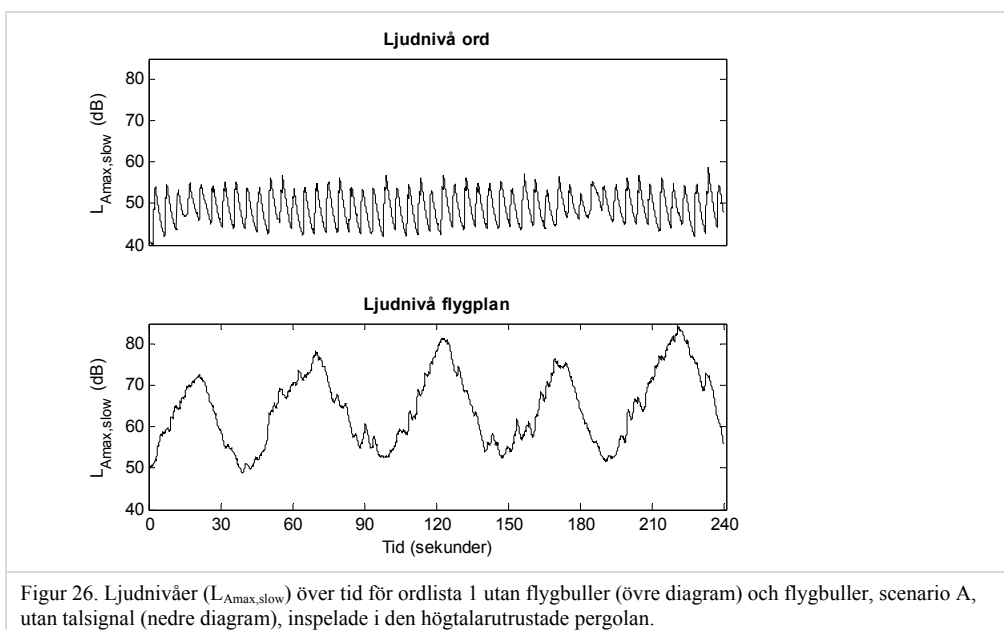
### Experimentljud

Fem flygplansljud valdes bland de som spelats in vid Arlanda flygplats (se ovan, sidan 49). De valdes bland inspelningar med frånvaro av påtagliga bakgrunds ljud och med syfte att få olika flygplanstyper. Två ordningar (scenarier) av dessa fem flygplansljud skapades: Scenario A (81, 84, 75, 72, 78 dB  $L_{Amax,slow}$ ) och scenario B (72, 78, 81, 75, 84 dB  $L_{Amax,slow}$ ). Experimentljuden kom från flygplansmodellerna Airbus 320, Boeing 735, Boeing 736, Boeing 737, Boeing 738

Taluppfattbarhet mättes med hjälp av 10 fonetiskt balanserade ordlistor, vardera med 50 ord [53]. För att förvarna lyssnaren, föregicks varje ord med uttrycket "Nu hör du [ord]". Ordlistorna redigerades så att brus mellan ord eliminerades, och tidsavstånd mellan orden blev detsamma. Efter denna redigering tog det exakt 4 minuter att spela varje lista.

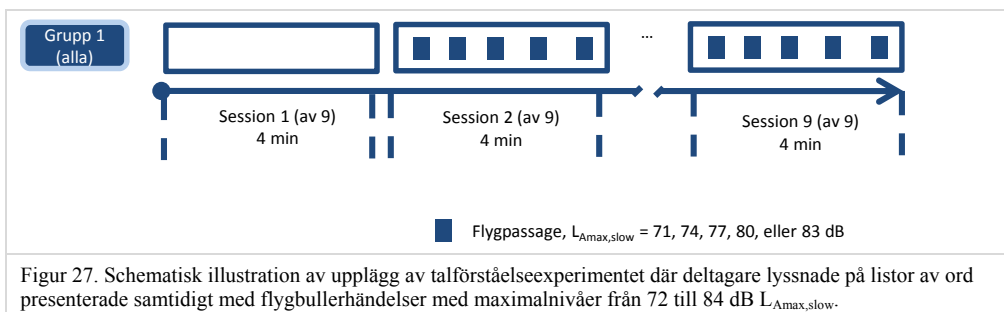
För att fastställa en behaglig nivå på talljuden genomfördes ett pilotexperiment med 6 deltagare (anställda vid Gösta Ekmans laboratorium). Serier av ord med avtagande eller stigande ljudnivå presenterades för en lyssnare sittande i pergolan. Lyssnarens uppgift var att efter varje ord bedöma om ordet presenterats med en behaglig ljudnivå, vilket gjordes genom att välja ett av svarsalternativen "för starkt", "lagom" eller "för svagt". Stigande serier startades vid en låg ljudnivå och serien avbröts så fort lyssnaren svarade "lagom". Avtagande serier startades vid en stark ljudnivå och serien avbröts så fort lyssnaren svarade "lagom". Ordens ljudnivå i experimentet sattes till den genomsnittliga ljudnivå vid svaren "lagom", vilken var 54 dB  $L_{Amax,fast}$ . Bakgrundsnivå under dessa test var i genomsnitt 48 dB  $L_{Aeq}$ .

Figur 26 visar maximalnivåer uppmätta i pergolan, för tal från en ordlista (fonetiskt balanserad lista nummer 1, utan flygljud) och för scenario A (flygljud, utan talsignal).



## Försöksdesign

Figur 27 illustrerar schematiskt upplägg av talförståelseexperimentet.



## Procedur

Deltagarna testades individuellt i pergolan. De var instruerade att skriva ned varje ord som presenterades i högtalaren. Den första ordlistan presenterades utan samtidigt flygljud, medan följande åtta listor presenterades samtidigt med flygljud (4 listor vardera för scenario A och B).

Efter experimentet besvarade deltagaren ett kort frågeformulär, vilket förutom frågor om ålder och modersmål, innehöll 11 frågor som mäter individuell ljudkänslighet. Avslutningsvis testades deltagarens hörsel inomhus.

## Ljudanalyser

Ordlistorna spelades in i pergolan med mätmikrofon och varje ord extraherades för ljudanalys av talsignalen. På samma sätt spelades flygljuden in med mätmikrofon, och varje segment där ett ord kunde förekomma extraherades för ljudanalys av det maskerade flygljudet. Sammanlagt extraherades 500 ljudfiler med talsignaler, 500 ljudfiler med flygljud från scenario A och 500 ljudfiler med flygljud från scenario B. För vardera par av talsignal-flygljud beräknades (a) signal-brusförhållande, (b) Speech Intelligibility Index, SII [54], och (c) talsignalens partiella hörstyrka enligt Glasberg och Moores modell [55]. Signal-brusförhållande beräknades med programmet Head Acoustics Artemis 7.00, SII beräknades med ett Matlab script från Acoustical Society of America (ASA, [www.sii.to/siimatlab.zip](http://www.sii.to/siimatlab.zip)) och partiell ljudstyrka beräknades med ett program utvecklat av Glasberg och Moore (<http://hearing.psychol.cam.ac.uk/Demos/Loud2006a.zip>).

## Utrustning

*Ljudinspelningar.* Samma utrustning som vid inspelningar av flygbuller inför övriga experiment, se ovan sidan 47.

*Ljudreproduktion.* För reproduktion av flygbuller användes samma utrustning som i övriga experiment, se ovan sidan 47. Talsignaler reproducerades med en högtalare av samma fabrikat som de högtalare som reproducerade flygbuller (Genelec 1029A), och samma dator (ASUS V6-P5G41E, cpu: INTEL CORE 2 DUO E7500, minne: 2 GByte, operativsystem Ubuntu 10.04) och ljudkort användes (RME HDSP 9652, 2 st. RME ADI-8 A/D-omvandlare). Talsignaler och flygbuller samordnades med hjälp av ett program skrivet i Pd-Extended 0.42.5.

*Hörselmätning.* Samma utrustning som i övriga experiment, se ovan sidan 47.

## Resultat talförståelseexperiment

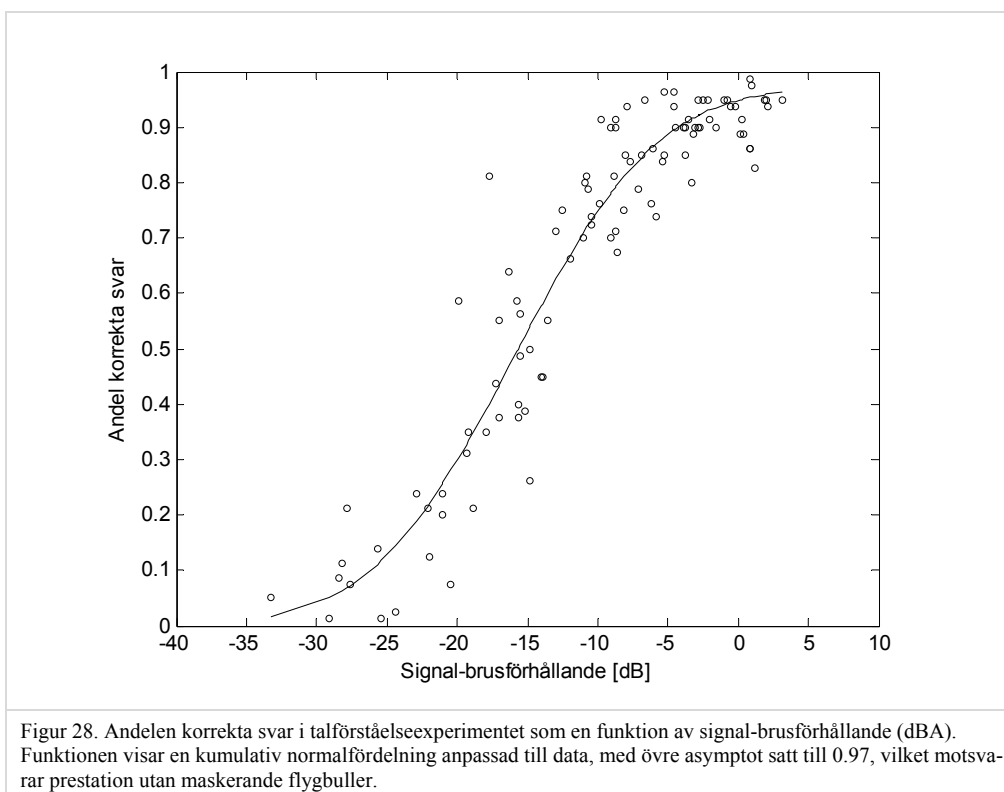
### Analysansats

För varje ord beräknades ett signal-brusförhållande (S/N), det vill säga ordets ljudnivå (signal) minus flygbullrets ljudnivå (brus). Dessutom beräknades ett hörbarhetsindex, Speech Intelligibility Index (SII, [54]) och hörstyrka hos ordet beräknad med en modell för partiell hörstyrka [55].

### Taluppfattbarhet och signal-brusförhållande

Andel korrekta svar i frånvaro av flygbuller var i genomsnitt 0.97. Detta stämmer väl med andra studier av fonetiskt balanserade ordlistor, där andelen korrekta svar i tystnad ofta är något lägre än 100 % [56].

Figur 28 visar andelen korrekta svar som en funktion av signal-brusförhållande. Den inritade funktionen visar en anpassad kumulativ normalfördelning (med övre asymptot satt till 0.97). Tabell 10 visar andelen korrekta svar vid olika signal-brusförhållanden, beräknat med hjälp av den anpassade funktionen. Andelen korrekta svar var nära maximum (0.97) vid positiva signal-brusförhållanden, det vill säga när talsignalens nivå var högre än nivån på det maskerande flygbullret. Först vid nivåer under 0 dB S/N, det vill säga när talsignal och flygbuller hade ungefär samma ljudnivå, avtog taluppfattbarheten. Talsignalen var cirka 55 dB och flygbullret översteg denna nivå under cirka 30 sekunder av flyghändelsen.

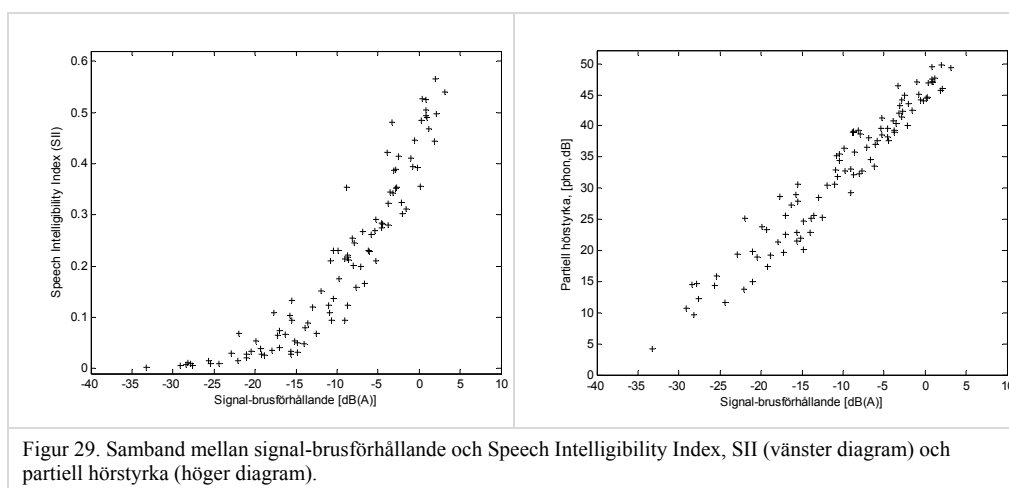




Tabell 10. Andel korrekta svar vid olika signal-brusförhållanden, beräknat med hjälp av en anpassad kumulativ normalfördelningsfunktion (se vänster diagram i figur 22).

Signal-brusförhållande [dB]	Andel korrekt svar [%]	Signal-brusförhållande [dB]	Andel korrekta svar [%]
10	97	7	97
5	97	0	95
0	95	-4	90
-5	89	-10	75
-10	75	-16	50
-15	53	-21	25
-20	30	-26	10

Signal-brusförhållande, SII och partiell hörstyrka var starkt interkorrelerade (Figur 29). Således var sambandet mellan andel korrekt svar var ungefär lika starkt för signal-brusförhållande som för övrig två mått. Detta tyder på att ett enkelt mått baserat på signal-brusförhållande duger bra för att förutsäga taluppfattbarhet i flygbuller utomhus.



Figur 29. Samband mellan signal-brusförhållande och Speech Intelligibility Index, SII (vänster diagram) och partiell hörstyrka (höger diagram).

## Sammanfattning resultat experimentstudier

Nedan listas de viktigaste resultaten från experimentstudierna.

- Mätningar av fysiologiska stressresponser visade inga tydliga samband med flygbullerexponering. I ett förförsök, som genomfördes inomhus, sågs visserligen en tendens till ett positivt samband mellan hudkonduktans och maximalnivå, men motsvarande effekter sågs inte för hjärtfrekvens och blodtryck. I utomhusexperimentet, som genomfördes i en realistisk utemiljö, sågs inga tydliga samband mellan, antal flyghändelser (0, 2, 8 eller 32 händelser á 73 dB  $L_{Amax,slow}$ ) och, hudkonduktans, hjärtfrekvens, blodtryck eller kortisolnivåer i saliv.
- Utomhusexperimentet visade på låg rapporterad bullerstörning bland de deltagare som exponerades för 2 flygbullerhändelser (á 73 dB  $L_{Amax,slow}$ ) under experimentets 58 minuter, endast något högre än för kontrollgruppen som utsattes för 0 händelser. Detta indikerar att upp till två flygbullerhändelser under en entimmes vistelse vid uteplats ger en ganska måttlig bullerstörning.

Vid 8 eller 32 händelser var bullerstörningen betydligt högre, men fortfarande uppgav mindre än hälften att de upplevde bullret som 'mycket' eller 'väldigt mycket' störande. Nivån 73 dB  $L_{Amax,slow}$  upplevdes alltså inte av alla som mycket störande ens vid upprepad exponering.

- c) Resultaten från talförståelseexperimentet visade att taluppfattbarhet av enskilda ord börjar påverkas vid ett signal-brusförhållande kring 0 dB och avtar sedan snabbt med minskat signal-brusförhållande. Detta innebär att den tid ett flygplansbuller överskrider denna nivå ( $S/N < 0$ ) så påverkas taluppfattbarheten negativt. I försöket motsvarade detta cirka 30 sekunder per flygbullerhändelse.

## Diskussion

I detta avsnitt diskuteras studiens olika resultat, först för frågeformulärsstudien och sedan för experimentstudien. Avslutningsvis diskuteras resultaten i relation till riktvärdet för flygbuller på uteplats.

### Frågeformulärsstudien

En stor andel av de boende uppgav att de använder sin uteplats varje dag, ofta flera gånger per dag, såväl lediga dagar som vardagar. På helger och andra lediga dagar varade en typisk vistelse längre än en timme. Även vardagar uppgav många att en typisk vistelse varade längre än en timme, men ungefär lika många uppgav 31-60 minuter som en typisk vistelsetid på vardagar. Många boende är alltså exponerade för flygbuller på uteplats dagligen och ibland flera gånger per dag, åtminstone de som bor i bostäder utsatta för många flygbullerhändelser per dag. Det är viktigt att notera att frågorna gällde användning under perioden maj till augusti. Uteplatser används förstås i mindre utsträckning under den kallare årstiden och då blir också exponering för flygbuller på uteplats betydligt mindre.

Det fanns ett samband mellan antal händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  och andel svarande som uppgav att de ”ofta” eller ”alltid” undviker att använda uteplatsen på grund av flygbuller. Däremot fanns inga tydliga samband mellan flygbullerexponering och hur ofta eller länge uteplatsen användes. En tolkning av dessa resultat är att boende undviker att använda uteplatsen vid tidpunkter när flygtrafik pågår och istället förlägger vistelsen vid andra tidpunkter. Detta skulle kunna förklara att användning av uteplats inte är lägre i högexponerade områden, samtidigt som boende i högexponerade områden i större utsträckning säger att de ofta undviker uteplatsen på grund av flygbuller. En annan tolkning är att svaren på frågan hur ofta uteplatsen undveks på grund av flygbuller återspeglar upplevd bullerstörning snarare än faktisk användning av uteplatsen.

Det viktigaste resultatet av denna studie var sambandet mellan antalet flyghändelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  och andel flygbullerstörda på uteplats, det vill säga andelen som i frågeformuläret uppgav sig vara ”mycket” eller ”våldigt mycket” störda av flygbuller på sin uteplats. Sammantaget för alla flygplatser, ökade andelen bullerstörda tydligt från 3-5 händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  per dag och kväll. Ungefär 16 % av de boende exponerade för 3-5 händelser per dag var bullerstörda. För boende i nästa kategori, 6-14 händelser per dag och kväll, var andelen bullerstörda nästan dubbelt så hög, 31 %. Bland boende med 15-29 händelser per dag och kväll var 44 % bullerstörda, och för boende med 30 eller fler händelser per dag och kväll var en klar majoritet bullerstörda av flygbuller på sin uteplats.

Denna trend var likartad för samtliga *större* flygplatser, möjligen med undantag för Arlanda där ökningen i andel bullerstörda sågs redan från 1-2 händelser (se vänster diagram Figur 4). För de två *mindre* flygplatserna, Ängelholm-Helsingborg och Åre-Östersund, var andelen bullerstörda på uteplats lägre än för de större flygplatserna, vid motsvarande antal händelser. Vid de mindre flygplatserna var antalet händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  inte fler än 3-5 (Åre-Östersund) eller 6-14 (Ängelholm-Helsingborg), och andelen bullerstörda vid uteplats var generellt lägre än 10 %.

Skillnaden mellan små och stora flygplatser i andel bullerstörda vid likartad exponering var statistiskt signifikant. En anledning till denna skillnad kan vara att antalet flyghändelser totalt är avsevärt lägre vid de mindre flygplatserna än de större. Vid samma antal händelser över  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  är antalet händelser med  $< 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  lägre. Även om detta inte avsevärt påverkar ekvivalentnivåer, kan det färre antalet händelser var gynnsamt ur störningssynvinkel. En annan faktor kan vara att man på mindre orter, långt från storstadsområden, är mer beroende av snabba väl fungerande kommunikationsmöjligheter och därmed är mer gynnsamt inställd till flygtrafik. Andelen boende med negativ attityd till den egna flygplatsen var generellt lägre kring de små jämförd med de större flygplatserna. Det är dock fullt möjligt att attityder till flygplatsen snarare orsakas av flygbullerstörning än tvärtom (se nedan diskussion om attityder till flygtrafik).

Bullerstörning på uteplats var också tydlig kopplat till de två övriga exponeringsmått som analyserades i denna studie: maximal ljudnivå (högsta nivå överskriden minst 1-2 gånger) och ekvivalent ljudnivå,  $L_{den}$ . De olika exponeringsmått var högt korrelerade, och därmed var sambanden med bullerstörning ungefär lika för samtliga mått. Det går därför inte från denna studie att säga att något mått är bättre än de övriga som indikator på bullerstörning vid uteplats, något som påpekats också i tidigare forskning (se [18]).

Resultaten visar dock tydligt att andelen bullerstörda vid uteplats är hög, drygt 50 %, vid utomhusriktvärdet 55 dB  $L_{den}$  vid fasad. Detta riktvärde ger alltså bristfälligt skydd av uteplats vad gäller bullerstörning. Redan vid 50-54 dB  $L_{den}$  vid fasad uppgav cirka 30 % att de var bullerstörda. Detta tyder på att ett riktvärde i termer av  $L_{den}$  bör vara en bit under 50 dB  $L_{den}$ , för att ge samma skydd som 3-5 händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . Tyvärr saknade vi i denna studie beräkningar av nivåer under 50 dB  $L_{den}$  för flera av flygplatserna, vilket gör det svårt att uppskatta samband med bullerstörning under denna nivå.

I frågeformuläret mättes bullerstörning också med den standardiserade fråga som används i de flesta nyare störningsstudier. Frågan gäller bullerstörning i hemmet (inomhus och utomhus) de senaste 12 månaderna. Svaren på denna fråga var högt korrelerade med frågan om bullerstörning på uteplats. Sambanden med flygbullerexponering var därför likartad för bullerstörning hemma och på uteplats. Andelen bullerstörda hemma var dock något lägre än motsvarande andel bullerstörd på uteplats, vilket stämmer väl med tidigare forskning som visat att frågor om bullerstörning utomhus vanligen ger högre andel störda än frågor som också gäller störning inomhus [14, 44]. Det är även här värt att notera att en hög andel, cirka 34 %, av boende exponerade för 50-54 dB  $L_{den}$  var bullerstörda i hemmet, trots att denna nivå underskrider gällande riktvärde på 55 dB  $L_{den}$  för flygbuller vid bostadens fasad.

Det främsta syftet med att också inkludera den standardiserade frågan om bullerstörning hemma var att möjliggöra en jämförelse med tidigare studier om flygbuller. Andelen bullerstörda i denna studie var påtagligt högre än förväntat från Miedema och Oudshoorns metaanalys [11], vilken är baserad på 22 studier genomförda mellan 1965 och 1992. Andra senare studier har visat samma trend, det vill säga att andelen flygbullerströda tycks vara högre än förväntat från metaanalysen [12, 13]. Motsvarande trend tycks inte finnas för vägtrafikbuller [12]. En svensk studie baserad på den nationella miljöhälsoenkäten 2009 [10] fann en mycket god över-

enstämmelse mellan andelen bullerstörda för såväl väg- som spårbuller och Miedema och Oudshoorns metaanalyser för respektive trafikslag [57]. I en studie baserad på samma material fann man också att andelen störda av flygbuller var påtagligt högre än förväntat Miedema och Oudshoorns metaanalys, även om materialet endast innehöll boende exponerade för  $< 55$  dB  $L_{den}$  [58]. Sammantaget finns alltså goda belägg för att andelen bullerstörda är högre för flygtrafik men inte för väg- och spårtrafik jämfört med vad som kan förväntas från tidigare forskning, så som den sammanfattas i Miedema och Oudshoorns metaanalyser.

Orsakerna till ökningen av andelen flygbullerstörda över tid vid samma nivå ( $L_{den}$ ) är inte klarlagda. Janssen med flera [13] diskuterar en rad möjliga orsaker, bland annat förändring i flygbullerexponering över tid (mot tystare men fler händelser), förändringar i metodik för bullerberäkningar över i tid, ökning av allmän tendens att rapportera besvär, sjunkande svarsfrekvenser, och förändringar i attityder till ljudkällan. Vissa av dessa kan avfärdas, genom att motsvarande trend inte ses för övriga trafikslag. Andra förklaringar som specifikt gäller flygbuller är i dagsläget svårare att bedöma.

Tidigare forskning har studerat individfaktorer som är korrelerade med självrapporterad bullerstörning, bland annat individuell ljudkänslighet och attityd till bullerkällan [39, 45, 46]. Dessa variabler mäts vanligen i samma frågeformulär som frågor om bullerstörning, vilket till en del kan förklara korrelationer mellan individfaktorer och bullerstörning [59].

Tidigare studier har ofta funnit att självrapporterad ljudkänslighet är korrelerad med bullerstörning, men inte till oberoende uppmätt bullerexponering [45]. Detta mönster gick igen i denna studie: ljudkänslighet var svagt korrelerad med självrapporterad bullerstörning, men okorrelerad med bullerexponering. Samband mellan exponering och bullerstörning kan alltså inte förklaras av en högre andel ljudkänsliga personer bland boende utsatta för höga nivåer av flygbuller.

Attityder till ljudkällan är en annan variabel som ofta diskuteras, inte minst i studier av flygbuller. Och i den allmänna debatten hävdas ibland att självrapporterad bullerstörning snarare är ett uttryck för en negativ attityd till ljudkällan, än ett uttryck för genuint upplevd bullerstörning. I denna studie mättes tre attitydvariabler. Av dessa tre, är rädsla för olyckor den variabel som tidigare forskning studerat mest [41, 60]. Det kan dock diskuteras om inte rädsla för olyckor snarare är en emotionell och kognitiv komponent av flygbullerstörning: När flygbuller upplevs triggas också emotioner och tankar kring risker med flygolyckor, vilka i sig utgör en del av den upplevda flygbullerstörningen. Av detta skäl inkluderade vi också två mer renodlade attitydvariabler i formuläret: Attityd till den egna flygplatsen och attityd till flygtrafik i allmänhet (för definitioner av dessa variabler, se sidan 27).

Samtliga tre attitydvariabler var starkt korrelerade med bullerstörning och med flygbullerexponering. Vid jämförbar flygbullerexponering var andelen flygbullerstörda markant högre bland boende som uttryckte rädsla för olyckor, jämfört med övriga boende. Samma trend sågs för boende med en negativ attityd till den egna flygplatsen och negativ attityd till flygtrafik i allmänhet, jämfört med personer med en mer positiv attityd. Liknande effekter har visats tidigare gällande rädsla för olyckor (se sammanställning i [41]), och denna studie visar att motsvarande samband finns mellan attityd till den egna flygplatsen och till flygtrafik i allmänhet.

Till skillnad från individuell ljudkänslighet, sågs för attitydvariablerna ett samband med bullerexponering. Detta var väntat för rädsla för olyckor, men ett samband sågs också för attityd till den egna flygplatsen och till flygtrafik i allmänhet. Detta tyder på att boende nära flygplatser har en mindre positiv syn på flygtrafik än boende med lägre exponering, möjligen som en följd av bullerexponering eller andra negativa erfarenheter av flygtrafiken. Det är mindre troligt att personer med negativ attityd till flygtrafiken i större utsträckning bosätter sig nära flygplatser än boende med mer positiv syn på flygtrafik, även om detta inte kan uteslutas som resultat av samvariation med någon tredje variabel som vi inte fångat i denna studie.

Det är viktigt att observera att ett tydligt och starkt samband mellan flygbuller och störning sågs även för boende som inte uttryckt rädsla för olyckor, negativ attityd till den egna flygplatsen eller negativ attityd till flygtrafik i allmänhet. Även om andelen bullerstörda var betydligt lägre än bland boende som uttryckt en negativ attityd så fanns ett systematiskt samband med flygbullerexponering. Detta talar emot att självrapporterad bullerstörning endast är ett uttryck för en negativ attityd till flygtrafik.

Det är också värt att notera att andelen boende som uttrycket en negativ attityd till flygtrafik i allmänhet, inte var högre än motsvarande andel för vägtrafik. Det vill säga, ungefär lika många ansåg att samhället borde verka för en minskning av flygtrafiken som för en minskning av vägtrafiken. Detta talar emot att attityder till flygtrafik är mer negativa än till vägtrafik, och att detta skulle kunna förklara de höga störningstal som i tidigare studier observerats för flygtrafik jämfört med vägtrafik vid likartad exponering [12, 58].

I frågeformuläret ingick också frågor om sömnproblem och stressymptom. Statistiska analyser visade på systematiska samband mellan dessa variabler och flygbullerexponering. Sambandet var starkast för frågan om sömnproblem på grund av flygbuller. Detta var väntat givet de tydliga sambanden för allmän bullerstörning. Självrapporterad bullerstörning är en sammantagen bedömning av hur buller påverkar den boende och denna bedömning inkluderar också effekter kopplade till störd sömn.

Men även för allmänna sömnproblem utan referens till flygbuller sågs ett systematiskt samband med flygbullerexponering. Sömnproblem orsakas av en rad olika faktorer som inte har med bullerexponering att göra och det är därför intressant att det trots detta gick att skönja ett samband med flygbullerexponering, även om sambandet var betydligt svagare än för den direkta frågan om sömnproblem orsakat av flygbuller. De undersökta flygplatserna har en begränsad flygtrafik nattetid och det är därför viktigt att poängtera att sömnproblem även uppkommer vid exponering på kvällar och tidiga morgnar. Dessutom finns ett flertal grupper som sover dagtid, till exempel småbarn och småbarnsföräldrar, äldre, sjuka och skiftarbetare.

Ett samband sågs också för självrapporterade stressymptom, vilka, liksom allmän sömnstörning, bedömdes utan hänvisning till flygbuller. Det finns ett antal metodologiska omständigheter som försvårar tolkningen av dessa samband. För det första rör det sig om en tvärsnittsstudie. Detta gör att riktningen på sambanden inte kan avgöras med säkerhet. Det kan alltså inte uteslutas att personer med ohälsa i större eller mindre utsträckning bosätter sig i flygbullerexponerade områden än personer

med bättre hälsostatus. En annan invändning är att denna studie inte inkluderade mätning av en rad viktiga riskfaktorer för ohälsa, som rökning, fysisk inaktivitet, och övervikt. Det kan inte uteslutas att sambandet mellan ohälsa och flygbuller åtminstone delvis kan förklaras med variation i dessa livsstilsfaktorer eller andra riskfaktorer av betydelse för försämrad hälsa. En tredje invändning gäller mätningen av ohälsa, som i denna studie helt baseras på självrapporter. Frågor om allmänna sömnproblem och stressymptom ställdes i slutet av frågeformuläret, efter att frågor om bullerstörning besvarats. Det kan inte uteslutas att tidigare frågor om buller, medvetet eller omedvetet, påverkat personer med hög flygbullerexponering att också ge högre bedömningar av allmänna sömnproblem och stressymptom. Sambanden mellan dessa variabler och flygbullerexponering måste av dessa skäl tolkas med försiktighet vad gäller orsak och verkan. Men inte desto mindre var sambanden konsistenta, med tydlig tendens till dos-respons samband, som kvarstod också efter kontroll för att antal bakgrundsfaktorer. Detta gör resultaten intressanta som argument för nya studier specifikt utformade för att klarlägga orsakssamband mellan buller och ohälsa.

## Experimentstudien

I experimentstudien studerades akuta reaktioner på flygbuller vid en enstaka vistelse på en uteplats. Nedan diskuteras i tur och ordning resultaten för fysiologiska stressresponser, upplevelsemätning och talförståelse.

I utomhusexperimentet exponerades försökspersoner för olika antal flygbullerhändelser å 73 dB  $L_{Amax,slow}$ . Mätningar av olika stressresponser visade dock inga samband med exponering, det vill säga, det fanns ingen systematisk skillnad i reaktion bland försöksdeltagare utsatt för 0, 2, 8 eller 32 händelser under avkoppling på uteplatsen (10 minuters baslinjemätning följt av 48 minuter med flygbullerexponering). De mått som användes, baserade på mätningar av hudkonduktans, hjärtfrekvens, blodtryck och salivkortisol, indikerar stressaktivering av det sympatiska och parasympatiska autonoma nervsystemet, liksom aktivering av HPA-axeln (salivkortisol).

Experimentstudien ger alltså inget stöd för att flygbuller på uteplats, vid de nivåer som testats i denna studie, ger upphov till tydliga fysiologiska stressreaktioner. Dessa negativa resultat måste tolkas försiktigt, och kan inte utan vidare tas som stöd för att flygbuller på uteplatser inte kan ge upphov till fysiologiska stressresponser, detta av flera skäl som diskuteras nedan.

För det första är detta ett experiment. Även om experimentet genomfördes i en realistisk utomhusmiljö, skiljer sig experimentsituationen i många avseende från vistelse på den egna uteplatsen. Exempelvis kan själva deltagande i experimentet ha orsakat en viss anspänning, även hos de som inte utsattes för flygbuller, vilket kan ha skymt möjliga effekter.

Det är också möjligt att deltagarna förstod syftet med studien och att detta kan ha lett till en medveten eller omedveten mental hantering (*eng. coping* [61]) av det eventuella obehag som flygbullret orsakade. Syftet med studien var visserligen inte klart uttalat för deltagarna men förmodligen ganska uppenbart för de flesta med tanke på att de fick bära sensorer för fysiologisk registrering under hela experimentet.

Det förekom också andra ljud under experimentet, vilket kan ha skymt eventuella effekter av flygbullret på stressreaktioner. Experimentet genomfördes utomhus i en miljö med ganska låg bakgrund, 45-50 dB  $L_{Aeq}$ , som i huvudsak utgjordes av avlägset brus från större vägar och motorvägar. Mot denna bakgrund förekom också regelbundet ljud från en närbelägen pendeltågslinje, men nivån hos dessa tågpassager var låg ( $< 50$  dB  $L_{Amax,slow}$ ). Men tyvärr förekom också passager av flygplan och helikoptrar, de senare i många fall sjuktransporter på väg till Karolinska sjukhuset, vilka i enstaka fall kunde ha en ganska hög ljudnivå. Förekomsten av dessa händelser, som tycks ha ökat under sommaren och därför var högre än vad vi räknat med när experimentet planlades, kan ha påverkat resultaten och maskerat eventuella skillnader mellan experimentgrupperna.

Det är förstås också möjligt att ljud reproducerat i högtalare inte ger samma respons som vid exponering för riktigt flygbuller. Akustiska skillnader kunde ses mellan flygbuller uppspelat i högtalarna och mätningar av samma flyghändelser vid inspelningstillfället vid Arlanda, främst kopplat till effekten av markreflektioner av ljud från högtalarna (se Figur 25). Dessa skillnader påverkade dock inte nämnvärt den upplevda realismen hos de uppspelade flyghändelserna. Vi gjorde visserligen inget formellt test av upplevd realism av reproducerat flygbuller, men inblandad personal i projekt var samstämmig om att upplevd realismen var mycket hög, något som också påpekades av flera testdeltagare. Samtidigt förstod förstås samtliga testdeltagare i de högexponerade grupperna (8 och 32 händelser) att de uppspelade ljuden var från högtalarna och inte från riktiga flygplan, och denna vetskap skiljer också denna experimentsituation från flygbullerexponering på en riktig flygplats.

Tidigare studier av akuta fysiologiska stressreaktioner efter exponering har visat effekter, särskilt i studier med höga ljudnivåer i arbetsmiljö [62, 63]. Särskilt relevant i detta sammanhang är en fältstudie där blodtryck mättes kontinuerligt under sömn bland boende kring fyra europeiska flygplatser [30]. Resultaten visade en temporär ökning av blodtryck uppmätt under sömn efter ljudhändelser i sovrummet. Effekten var oberoende av ljudkälla, och sågs såväl efter flygbullerhändelser som efter andra ljud. Ljudhändelser definierades i denna studie som händelser som uppmätta inomhus hade en maximalnivå  $> 35$  dB  $L_{Amax,fast}$ , det vill säga, vid väsentligt lägre nivåer än vad våra deltagare utsattes för. Det är därför lite förvånande att inga effekter på blodtryck kunde ses i utomhusexperimentet. En spekulation är att effekter i vaket tillstånd, till skillnad från under sömn, minskas genom mental förberedelse av ett förutsägbart ljud. En flygbullerhändelse inleds svagt när flygplanet närmare sig på avstånd, och tidpunkt för maximal exponering kan ganska väl förutses från bullerhändelsens tidmönster. Detta till skillnad från plötsliga starka oförutsedda ljud, som kan ge en stark fysiologisk stressreaktion även i vaket tillstånd [64].

I utomhusexperimentet bedömde deltagarna också ljudmiljön de upplevt under vistelsen på uteplatsen (58 minuter). Som väntat sågs ett tydligt samband mellan bullerstörning och antal händelser under experimentet. Bland deltagarna utsatta för 0 respektive 2 händelser angav de flesta att det var ”lite” eller ”inte alls” störda av flygbuller, medan majoriteten av deltagare utsatta för 8 och 32 händelser upplevde flygbullret som ”måttlig”, ”mycket” eller ”våldigt mycket” störande. Frågeformuläret innehöll också frågor om hur stressande flygbullret upplevdes och i vilken utsträckning det påverkade förmåga att koppla av under experimentet. Svaren på dessa frågor visade på samma trend som för den allmänna bullerstörningsfrågan,



det vill säga låg andel störda bland de som var utsatt för 0 eller 2 händelser och högre andel bland de som var utsatta för 8 eller 32 händelser.

Dessa resultat tyder på att upp till två flygbullerhändelser under en entimmes vistelse vid uteplats ger en ganska måttlig bullerstörning, åtminstone för nivåer kring 70 dB  $L_{Amax,slow}$  och händelseförlopp kring 60 sekunder. Notera att det också förekom externt flygbuller under experiment, vilket förklarar att flygbullerstörning rapporterades också bland de som inte utsattes för flygbuller i högtalarna. Utan dessa händelser hade förmodligen rapporterad flygbullerstörning var något mindre även för de som utsattes för två flygbullerhändelser i högtalarna.

Deltagarna som utsattes för 8 eller 32 händelser var som väntat betydligt mer störda av flygbullret än de som utsattes för endast 0 eller 2 händelser. Skillnaden mellan 8 och 32 händelser var dock oväntat liten. Åtta händelser innebar cirka en händelse var sjätte minut (borträknat 10 minuter baslinjemätning då inget buller spelades upp). Varje händelse varade knappt en minut, varav cirka hälften av tiden vid nivåer över 55 dB. Detta är en relativt kort tid med exponering, åtminstone i jämförelse med deltagarna som utsattes för 32 händelser, vilket innebar en händelse var 90:e sekund. Trots denna frekventa exponering uppgav mindre än hälften av deltagarna utsatta för 32 händelser att de upplevde bullret som ”mycket” eller ”väldigt mycket” störande. Denna nivå som spelades upp, 73 dB  $L_{Amax,slow}$ , upplevs alltså inte av alla som mycket störande ens vid upprepad exponering under närmare 50 minuter.

Det finns förstås flera omständigheter som försvårar generalisering från rapporter av flygbullerstörning i experimentet till upplevd flygbullerstörning på uteplats. Möjligen är det lättare att stå ut med bullerstörning på någon annans uteplats än ens egen. Flygbuller på den egna uteplatsen kan, förutom att ge en upplevelse av bullerstörning, också påminna om tidigare och kommande bullerstörning som följer av att vara flygbullerexponerad i sitt hem. Till störningsupplevelsen hör inte sällan också en irritation över det som orsakar bullret och känslan av att det kunde vara tystare, om bara viljan fanns hos beslutsfattare (t.ex. [39]). Sådana associationer är knappast aktuella i en experimentsituation, där buller spelas upp i högtalare på en plats långt från deltagarens egen uteplats.

Förutom upplevd bullerstörning är påverkan på talkommunikation en viktig effekt av buller på uteplats. I frågeformulärets sågs starkast samband mellan flygbuller och aktivitetsstörning för de aktiviteter som involverar talförståelse (samtal, telefonsamtal, samt lyssnade på radio/tv). Talförståelseexperimentets syfte var att kvantifiera effekter på talförståelse som en funktion av momentan ljudnivå från flygbuller. Tidigare forskning har främst studerat talförståelse inomhus [24, 25, 65] och med undantag från en studie från 1966 [66], saknas, vad vi vet, studier om flygbuller och talförståelse utomhus.

Resultaten från talförståelseexperimentet visade ett tydligt samband mellan andel korrekt uppfattade ord och skillnaden i ljudnivå mellan talsignal och flygplansbuller (signal-brusförhållande, S/N). Andelen korrekta svar var nära 100 % vid positiva S/N, det vill säga när talsignalens nivå var högre än nivån på det maskerade flygbullret. Först vid nivåer under 0 dB S/N, det vill säga när talsignal och flygbuller hade ungefär samma ljudnivå, avtog taluppfattbarheten. Talsignalen var cirka 55 dB och flygbullret översteg denna nivå under cirka 30 sekunder av flyghändel-

sen. Således medförde varje flyghändelse i detta experiment att taluppfattbarhet försvårades under cirka 30 sekunder per händelse. Notera att resultaten gäller för taluppfattbarhet hos enstaka ord. Ord presenterade i meningar är vanligen något lättare att uppfatta [56], vilket innebär att resultaten från denna studie förmodligen något överskattar effekten av flygbuller vid realistisk talkommunikation på uteplats.

Förutom signal-brusförhållande beräknades två andra akustiska mått, nämligen Speech Intelligibility Index (SII [54]) och partiell hörstyrka, beräknad med Glasberg och Moores modell [55]. Sambandet mellan andel korrekt svar och de olika måtten var ungefär lika starka, vilket tyder på att ett enkelt mått baserat på signal-brusförhållande duger bra för att förutsäga taluppfattbarhet i flygbuller utomhus.

## Implikationer för riktvärdet för flygbuller på uteplats

Resultaten från frågeformulärsstudien pekar på att en relativt låg andel bullerstörda på uteplats kan förväntas om 70 dB  $L_{Amax,slow}$  inte överskrider mer än 3-5 gånger per dag och kväll. Bland boende exponerade för 3-5 händelser uppgav sig cirka 16 % vara ”mycket” eller ”väldigt mycket” störda av flygbuller på sin uteplats. Detta var endast något högre än bland boende exponerade för 1-2 händelser (13 %), men betydligt lägre än bland boende exponerade för 6-14 händelser (31 %).

I experimentstudien visades att 2 händelser under 58 minuter gav en låg bullerstörning, och avsevärt mindre än vid 8 händelser under samma period. Tyvärr saknades experimentbetingelser med fler än 2 men mindre än 8 händelser, så det går inte att avgöra var ökningen i bullerstörning kan förväntas ske, men förmodligen sker ökningen gradvis från 2 till 8 händelser. Det är också viktigt att påpeka att händelserna i experimentet var satta till 73 dB  $L_{Amax,slow}$ . Det går därför inte att säga att resultaten generaliserar till överskridanden med betydligt högre nivåer, till exempel två händelser med 90 dB  $L_{Amax,slow}$ , som kan vara aktuellt nära militära flygplatser.

Det är också viktigt att betona att det inte går att generalisera från den enstaka exponeringen vid experimentuteplatsen till exponering in på den egna uteplatsen, som pågår dag ut och dag in. Att två händelser under cirka en timme i experimentet gav en relativt låg bullerstörning betyder inte att två händelser per timme dagligen i hemmet ger låg bullerstörning. Tvärtom tyder frågeformulärsstudien på att bullerstörning på uteplats ökar redan från 3-5 händelser dag och kväll.

Sammanfattningsvis kan sägas att projektets resultat ger stöd för att 3-5 händelser  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$  per dag och kväll, dock högst två per timme, bör leda till en relativt låg andel boende som upplever sig störda av flygbuller på sin uteplats.

Resultaten från frågeformulärsundersökningen visade också att nuvarande riktvärde för flygbuller utomhus vid fasad, 55 dB  $L_{den}$ , ger ett begränsat skydd mot bullerstörning, såväl störning på uteplats som allmän bullerstörning. En sänkning av detta riktvärde en bit under 50 dB vore nödvändigt för att ge ett motsvarande skydd från bullerstörning som ges av riktvärdet 70 dB  $L_{Amax,slow}$ , med tillämpningen högst 3-5 tillåtna överskridanden per dag och kväll.

# Projektets slutsatser

Nedan listas projektets slutsatser i relation till dess syften (se sidan 21). Det skall påpekas att slutsatserna bör tolkas med försiktighet eftersom de baseras på en enskilda studie, den hittills enda, av flygbuller på uteplats.

1. Såväl vardagar som helger sommartid använder en stor andel boende uteplatsen fler än en gång per dag, och en typisk vistelse varar ofta längre än en timme. Många boende är alltså exponerade för flygbuller på uteplats dagligen och ibland flera gånger per dag, åtminstone de som bor i bostäder utsatta för många flygbullerhändelser per dag. Resultaten från denna studie gav dock inget belägg för att uteplatser med mycket flygbuller används i mindre utsträckning än uteplatser utsatta för mindre flygbuller.

2. Andelen flygbullerstörda vid uteplats ökar tydligt och markant från 3-5 flyghändelser per dag  $\geq 70$  dB  $L_{Amax,slow}$ . Vid 3-5 händelser var andelen bullerstörda cirka 16 %, medan andelen vid 6-14 händelser var närmast dubblerad (31 %). En liknande trend sågs för störning i olika aktiviteter vid uteplats. Främst var aktiviteter som rör kommunikation (samtal, mobiltelefon, radiolyssnande) påverkade av flygbuller.

3. Även för exponeringsmått maximal ljudnivå (minst 1-2 gånger per dag och kväll) och dygnsekvivalent ljudnivå,  $L_{den}$ , finns ett tydligt samband med andelen flygbullerstörda vid uteplats. För maximal ljudnivå ses en ökning i andel störda redan från 60-64 dB  $L_{Amax,slow}$ . För ekvivalent ljudnivå ses en hög andel bullerstörda, 35-40 %, även bland boende utsatta för nivåer under gällande riktvärde 55 dB  $L_{den}$  utomhus vid fasad. Vid de större flygplatserna var andelen bullerstörda påtagligt högre än förväntat från sammanställning av äldre forskning, medan andelen bullerstörda vid de mindre flygplatserna var lägre än förväntat.

4. Vid jämförbar flygbullerexponering är andelen flygbullerstörda markant högre bland personer med en negativ attityd till flygtrafik jämfört med personer med en mer positiv attityd. För båda grupperna ses dock ett tydligt och starkt samband mellan flygbullerexponering och bullerstörning.

5. Statistiskt säkerställda samband observerades mellan, å ena sidan, flygbullerexponering och, å den andra, självskattade sömnproblem och stresssymptom. Dessa resultat måste tolkas försiktigt vad gäller orsak och verkan, på grund av studiens upplägg som tvärsnittsstudie med ohälsoutfall endast mätt genom självrapporter. Resultaten bör ändå tas på allvar som underlag för ytterligare studier fokuserade på ohälsa och flygbuller.

6a. Den experimentella studien gav inga stöd för att flygbuller på uteplats (0, 2, 8 eller 32 händelser á 73 dB  $L_{Amax,slow}$  under 58 min) ger upphov till fysiologiska stressresponser (hudkonduktans, hjärtfrekvens, blodtryck eller kortisolnivå i saliv).

6b. Resultaten från utomhusexperimentet indikerar att upp till två flygbullerhändelser under en entimmes vistelse vid uteplats ger en ganska måttlig bullerstörning. Vid 8 eller 32 händelser var bullerstörningen betydligt högre, men fortfarande uppgav mindre än hälften att de upplevde bullret som 'mycket' eller 'väldigt mycket' störande.

6c. Taluppfattbarhet av enskilda ord på uteplats under flygbullerexponering börjar påverkas vid ett signal-brusförhållande kring 0 dB och avtar sedan snabbt med minskat signal-brusförhållande (S/N). I försöket sattes en komfortabel talsignal till cirka 55 dB, vilket innebär att taluppfattbarheten påverkades negativt under den tid denna nivå överskreds, vilket motsvarade cirka 30 sekunder per händelse.

7. Sammantaget tyder resultaten i denna studie på att andelen flygbullerstörda boende kan förväntas vara låg om 70 dB  $L_{Amax,slow}$  inte överskrider mer än 3-5 gånger per dag och kväll, och högst 2 gånger per timme.

# Tack

Projektgruppen vill ge ett stort tack till laboratorieingenjör Peter Lundén för hjälp med ljudteknik och programmering, och till Sara Hellqvist, Henrik Nordström, Vladimir Calderon och Tanaz Molapour för hjälp med datainsamling i experimentstudien.

Tack också till projektets referensgrupp, som bidragit med värdefulla synpunkter under de sju sammanträden som hållits under projekttiden. Följande personer har ingått i referensgruppen: Johanna Bengtsson Ryberg (Naturvårdsverket), Mathieu Boue (Swedavia), Lars Enbom (Transportstyrelsen), Marie Hankanen (Swedavia och senare Transportstyrelsen), Patrik Hultstrand (Socialstyrelsen), Staffan Hygge (Högskolan i Gävle), Magnus Lindqvist (Boverket), Theresa Sjöberg (Transportstyrelsen), och Kyriakos Zachariadis (Naturvårdsverket).

## Referenser

1. WHO, *Night Noise Guidelines for Europe*, ed. C. Hurlley. 2009, Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.
2. WHO, *Burden of Disease from Environmental Noise*, ed. L. Fritschi, et al. 2011, Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.
3. Eriksson, C., M.E. Nilsson, and G. Pershagen, *Environmental noise and health: Current knowledge and research needs (Report 6553)*. 2013, Stockholm: Naturvårdsverket.
4. Regeringens proposition, *Infrastrukturinriktning för framtida transporter (prop. 1996/97:53)*. 1997.
5. Naturvårdsverket, *Riktvärden för trafikbuller vid nyanläggning eller väsentlig ombyggnad av infrastruktur. Förslag till utveckling av definitioner*. 2001, Stockholm: Naturvårdsverket Dnr 540-355-01 Rv.
6. Luftfartsstyrelsen, *Flygbuller*, in *Luftfartens kunskapsunderlag*. 2006, Luftfartsstyrelsen: Stockholm.
7. Boverket, *Faktaunderlag - flygbuller i planeringen. Regeringsuppdrag om vägledning angående lokalisering av bostäder i områden utsatta för flygbuller*. 2009, Karlskrona: Boverket.
8. Naturvårdsverket, *Handbok med allmänna råd för flygplatser (Handbok 2008:1)*. 2008, Stockholm: Naturvårdsverket.
9. Swedavia, *Sammanställning av antalet flygbullerexponerade personer 2008 vid LFV:s flygplatser (Dokumentnummer D-LFV 2009-045334)*. 2009, Stockholm: Swedavia.
10. Socialstyrelsen, *Miljöhälsorapport 2009*. 2009, Stockholm: Socialstyrelsen.
11. Miedema, H.M.E. and C.G.M. Oudshoorn, *Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals*. *Environmental Health Perspectives*, 2001. **109**(4): p. 409-416.
12. Babisch, W., et al., *Annoyance due to aircraft noise has increased over the years - results from the HYENA study*. *Environment International*, 2009. **35**: p. 1169-1176.
13. Janssen, S.A., et al., *Trends in aircraft noise annoyance: The role of study and sample characteristics*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2011. **129**(4): p. 1953-1962.
14. Nilsson, M.E. and B. Berglund, *Noise annoyance and activity disturbance before and after the erection of a roadside noise barrier*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2006. **119**(4): p. 2178-2188.
15. Öhrström, E., H. Svensson, and M. Holmes, *Effekter av Södra Länken. Före- och efterstudie av störning, sömn och välbefinnande i samband med trafikomläggning i Stockholm*. 2006, Göteborg: Sahlgrenska akademien vid Göteborgs universitet.
16. Gidlöf-Gunnarsson, A., et al., *Ljudlandskap för bättre hälsa. Resultat och slutsatser från ett multidisciplinärt forskningsprogram (Red. A. Gidlöf-Gunnarsson)*. 2008, Göteborg: Göteborgs universitet.
17. Öhrström, E., et al., *Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness*. *Journal of Sound and Vibration*, 2006. **295**: p. 40-59.
18. Hygge, S., *Kunskapsläget om effekter av flygbuller på människor (Rapport för Luftfartsverket)*. 2007, Gävle: Högskolan i Gävle.
19. Rylander, R., et al., *Aircraft noise contours: Importance of overflight frequency and noise level*. *Journal of Sound and Vibration*, 1980. **69**: p. 583-595.
20. Rylander, R. and M. Björkman, *Maximum noise levels as indicators of biological effects*. *Journal of Sound and Vibration*, 1988. **127**(3): p. 555-563.
21. Fields, J.M., *The effect of numbers of noise events on people's reactions to noise: An analysis of existing survey data*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1984. **75**(2): p. 447-467.
22. Hygge, S., *Effekter på Människor av Civilt och Militärt Flygbuller*. 1995, Stockholm: Statens Naturvårdsverk.

23. Bradley, J.S., R.D. Reich, and S.G. Norcross, *On the combined effects of signal-to-noise ratio and room acoustics on speech intelligibility*. Journal of the Acoustical Society of America, 1999. **106**: p. 1820-1828.
24. Bradley, J.S. and H. Sato, *The intelligibility of speech in elementary school classrooms*. Journal of the Acoustical Society of America, 2008. **123**(4): p. 2078-2086.
25. Kobayashi, M., et al., *Optimum speech level to minimize listening difficulty in public spaces*. Journal of the Acoustical Society of America, 2007. **121**(1): p. 251-256.
26. Nilsson, M.E., et al., *Förstudie om flygbuller och 70 dB LAmax vid uteplats. Slutrapport till Naturvårdsverket*. 2009, Stockholm: Stockholms universitet.
27. Eriksson, C., et al., *Aircraft noise and incidence of hypertension*. Epidemiology, 2007. **18**(6): p. 716-721.
28. Jarup, L., et al., *Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study*. Environmental Health Perspectives, 2008. **116**: p. 329-333.
29. Selander, J., et al., *Saliva cortisol and exposure to aircraft noise in six European countries*. Environmental Health Perspectives, 2009. **117**: p. 1713-1717.
30. Haralabidis, A.S., et al., *Acute effects of night-time noise exposure on blood pressure in populations living near airports*. European Heart Journal, 2008. **29**: p. 658-664.
31. Huss, A., et al., *Aircraft noise, air pollution, and mortality from myocardial infarction*. Epidemiology, 2010. **21**: p. 829-836.
32. Babisch, W., *Transportation noise and cardiovascular risk: Updated review and synthesis of epidemiological studies indicate that the evidence has increased*. Noise & Health, 2006. **8**: p. 1-29.
33. FAA, *INM User's guide*. 2007, Washington, DC: The Federal Aviation Administration (FAA).
34. ECAC, *ECAC/CEAC Doc 29. Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports*. 3 ed. 2010, Neuilly-sur-Seine Cédex, France: European Civil Aviation Conference (ECAC).
35. ICAO, *ICAO CIRCULAR 205: Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports*. 1988, Montreal, Canada: ICAO.
36. Transportstyrelsen, Försvarmakten, and Naturvårdsverket, *Kvalitetssäkring av flygbullerberäkningar-Underlag för enhetlig tillämpning (2011-10-31 version 1.0)*. 2011, Transportstyrelsen:  
[www.transportstyrelsen.se/Global/Luftfart/Miljo/kvalitetssakringsdokument\\_flygbuller.pdf](http://www.transportstyrelsen.se/Global/Luftfart/Miljo/kvalitetssakringsdokument_flygbuller.pdf).
37. Transportstyrelsen. *Antal landningar vid svenska flygplatser år 2011*. 2013 [2013-03-13]; Available from:  
[http://www.transportstyrelsen.se/sv/Luftfart/Statistik/Flygplatsstatistik-/2011/Land\\_122011.pdf](http://www.transportstyrelsen.se/sv/Luftfart/Statistik/Flygplatsstatistik-/2011/Land_122011.pdf).
38. ISO, *Acoustics-Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. ISO/TS 15666:2003(E)*, 2003, ISO: Geneva, Switzerland.
39. Miedema, H.M.E. and H. Vos, *Noise sensitivity and reactions to noise and other environmental conditions*. Journal of the Acoustical Society of America, 2003. **113**(3): p. 1492-1504.
40. Weinstein, N.D., *Individual differences in reactions to noise: A longitudinal study in a college dormitory*. Journal of Applied Psychology, 1978. **63**: p. 458-466.
41. Miedema, H.M.E. and H. Vos, *Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise*. Journal of the Acoustical Society of America, 1999. **105**(6): p. 3336-3344.
42. Öhrström, E., *Psychosocial effects of traffic noise exposure*. Journal of Sound and Vibration, 1991. **151**: p. 513-517.
43. Öhrström, E. and L. Barregård, *Undersökning av hälsoeffekter av buller från vägtrafik, tåg och flyg i Lerums kommun*. 2005, Göteborg: Sahlgrenska akademien vid Göteborgs universitet.

44. Janssen, S.A., et al., *A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources*. Journal of the Acoustical Society of America, 2011. **130**(6): p. 3746-3753.
45. Job, R.F.S., *Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction*. Journal of the Acoustical Society of America, 1988. **83**(3): p. 991-1001.
46. Stallen, P.J.M. and I.H. Flindell, *Special issue: Environmental noise and non-acoustical determinants of annoyance*. Noise & Health, 1999. **3**: p. 11-79.
47. Puckette, M., *Pure Data: Another integrated computer music environment*, in *Proceedings of the Second Intercolleage Computer Music Concerts*. 1996, International Computer Music Association: Tachikawa, Japan. p. 37-41.
48. Tabachnick, B.G. and L.S. Fidell, *Using Multivariate Statistics*. 6 ed. 2013, London: Allyn and Bacon.
49. Gerzon, M.A., *Periphony: With-height sound reproduction*. Journal of the Audio Engineering Society, 1973. **21**: p. 2-10.
50. Daniel, J., *Représentation de champs acoustiques, application à la transmission et à la reproduction de scènes sonores complexes dans un contexte multimédia (Ph.D. Thesis)*. 2001, Paris: University of Paris.
51. Bamford, J.S., *An analysis of ambisonic sound systems of first and second order (Ph.D. Thesis)*. 1995, Waterloo, Canada: University of Waterloo.
52. ISO, *Acoustics-Standard Reference Zero for the Calibration of Pure-Tone Air Conduction Audiometers*, 1991, ISO: Geneva, Switzerland.
53. Tegner, C.-A., *Svensk talaudiometri (rev. 2)*. 1999, Stockholm: C-A Tegner AB.
54. ANSI/ASA, *Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index*, in *S3.5-1997 (R2012)*2012, ANSI: <http://webstore.ansi.org>.
55. Glasberg, B.R. and B.C.J. Moore, *Development and evaluation of a model for predicting the audibility of time-varying sounds in the presence of background sounds*. Journal of the Audio Engineering Society, 2005. **53**: p. 906-918.
56. Levitt, H. and J.C. Webster, *Effects of noise and reverberation on speech*, in *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control*, C.M. Harris, Editor. 1998, Acoustical Society of America: Woodbury, NY. p. 16.1-16.20.
57. Eriksson, C., et al., *Individual traffic noise exposure assessment using digital noise maps and Geographical Information Systems*. Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology, 2012: p. 1-8.
58. Nilsson, M.E. and C. Eriksson, *Validering av miljöhälsoindikatorer för buller*. 2009, Stockholm: Socialstyrelsen.
59. Chan, D., *So why ask me? Are self-report data really that bad?*, in *Statistical and Methodological Myths and Urban Legends*, C.E. Lance and R.J. Vanderberg, Editors. 2009, Routledge: New York. p. 309-336.
60. Fields, J.M., *Effect of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas*. Journal of the Acoustical Society of America, 1993. **93**(5): p. 2753-2763.
61. Lazarus, R.S. and S. Folkman, *Stress, Appraisal, and Coping*. 1984, New York: Springer-Verlag.
62. Ising, H. and B. Kruppa, *Health effects caused by noise: Evidence in the literature from the past 25 years*. Noise & Health, 2004. **6**: p. 5-13.
63. Lusk, S.L., et al., *Acute effects of noise on blood pressure and heart rate*. Archives of Environmental Health, 2004.
64. Babisch, W., *The noise/stress concept, risk assessment and research needs*. Noise & Health, 2002. **4**(16): p. 1-11.
65. Bistafa, S.R. and J.S. Bradley, *Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics*. Journal of the Acoustical Society of America, 2000. **107**(2): p. 861-875.
66. Kryter, K.D. and C.E. Williams, *Masking of speech by aircraft noise*. Journal of the Acoustical Society of America, 1966. **39**: p. 138-150.





# Appendix A



**Statistiska centralbyrån**  
Statistics Sweden



**Stockholms  
universitet**



**Karolinska  
Institutet**

## Trafikbuller på uteplats

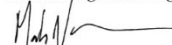
Du har blivit utvald att delta i en enkätstudie om hur trafikbuller på bostäders uteplatser kan påverka de boendes hälsa och välbefinnande. Studien finansieras av Naturvårdsverket och genomförs av forskare vid Stockholms universitet och Karolinska Institutet. Syftet är att ge svenska myndigheter ett fördjupat underlag för bedömningar och rekommendationer kring trafikbuller på uteplats.


Enkäten som bifogas detta brev innehåller främst frågor om din uteplats, men också några allmänna frågor om dig och din boendemiljö. Utskicket av enkäten sker med hjälp av Statistiska centralbyrån (SCB). SCB ansvarar också för insamling och registrering av svar. Efter avslutad bearbetning hos SCB överlämnas materialet till Stockholms universitet för analys.


### Alla svar är viktiga


Du är en av 5100 personer runt svenska flygplatser som har valts ut med hjälp av statistiska metoder via SCB:s register över totalbefolkningen (RTB). Din medverkan är frivillig men ditt svar är mycket viktigt och bidrar till att undersökningens resultat blir tillförlitligt. Ditt svar kan inte ersättas med någon annans. Vi ber dig att besvara samtliga frågor och därefter skicka tillbaka enkäten i det portofria svarskuvertet.

Med vänliga hälsningar

  
Mats E Nilsson  
Docent, bullerforskning  
Stockholms universitet

  
Jenny Selander  
Dr., epidemiologi  
Karolinska Institutet

  
Birgitta Berglund  
Professor em., bullerforskning  
Stockholms universitet

  
Gösta Bluhm  
Docent, miljömedicin  
Karolinska Institutet

### Kontakta oss gärna

Undersökningens syfte eller hjälp med frågorna:

Jenny Selander  
Telefon: 08-524 800 29 E-post: jenny.selander@ki.se

Insamling av blanketten:

SCB  
Telefon: 019-17 69 30 E-post: ann-britt.goransson@scb.se  
Postadress: 701 89 Örebro  
www.scb.se

### Dina svar är skyddade

Dina uppgifter skyddas enligt 24 kap. 8 § offentlighets- och sekretesslagen (2009:400) samt personuppgiftslagen (1998:204). Det innebär att alla som arbetar med undersökningen har tystnadsplikt och att de insamlade uppgifterna endast redovisas i tabeller där ingen enskild persons svar kan utläsas. Numret högst upp på enkätens framsida är till för att SCB under insamlingen ska kunna se vilka som har svarat och vilka som behöver få en påminnelse.

Enkätsvaren kommer att kompletteras med några registeruppgifter. Från SCB hämtas uppgifter om kön, ålder, inkomst och kommun. Från Swedavia hämtas uppgifter om trafikbullerexponering.

SCB kommer att spara en separat identifieringsnyckel, som enbart innehåller löpnummer och adresskoordinat, i fem år. Detta för att möjliggöra uppdatering av uppgifter om trafikbullerexponering.

### Resultat

Resultaten från undersökningen kommer att redovisas i vetenskapliga publikationer samt i en allmänt tillgänglig rapport utgiven av Naturvårdsverket. Resultaten kommer att utgöra ett underlag för myndigheternas arbete gällande riktvärden för buller på uteplats.

#### Instruktioner:

Enkäten kommer att läsas maskinellt. När du besvarar enkäten ber vi dig därför att tänka på att:

- Använda kulspeppenna med svart eller blå färg, inte röd. Använd inte blyertspenna!
- Markera dina svar med kryss, så här  och INTE så här
- Om du kryssat i fel, fyll i den felaktiga rutan helt, så här  och sätt ett kryss i den rätta rutan.
- När du skall fylla i siffror, skriv en siffra per ruta. Tänk på att inte skriva för nära kantlinjerna.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

+

+

## 1. Inledande frågor

<p>1. Vilket år är du född?</p> <p>År: <input type="text" value="1"/> <input type="text" value="9"/> <input type="text" value=""/> <input type="text" value=""/></p>
<p>2. Är du man eller kvinna?</p> <p><input type="checkbox"/> Man <input type="checkbox"/> Kvinna</p>
<p>3. Är du ensamstående/särbo eller gift/sambo?</p> <p><input type="checkbox"/> Ensamstående/särbo <input type="checkbox"/> Gift/sambo</p>
<p>4. Har du några barn som bor hemma? <i>Räkna med de barn som bor minst halva tiden hos dig, flera alternativ kan kryssas i.</i></p> <p><input type="checkbox"/> Ja, i åldern 0-5 år <input type="checkbox"/> Ja, i åldern 6-12 år <input type="checkbox"/> Ja, i åldern 13-17 år <input type="checkbox"/> Ja, 18 år eller äldre <input type="checkbox"/> Nej, har inga barn hemma</p>
<p>5. Hur många personer ingår i ditt hushåll? <i>Räkna även med dig själv och barn som bor minst halva tiden hos dig, men räkna inte med eventuella inneboende.</i></p> <p><input type="text" value="1"/> personer</p>
<p>6. Vilken är din högsta utbildning? <i>Obs! Ange endast ett alternativ.</i></p> <p><input type="checkbox"/> Folk- eller grundskola <input type="checkbox"/> Gymnasial utbildning <input type="checkbox"/> Eftergymnasial utbildning kortare än 3 år <input type="checkbox"/> Eftergymnasial utbildning 3 år eller längre (inklusive forskarutbildning)</p>
<p>7. Vilken är din huvudsakliga sysselsättning just nu? <i>Obs! Ange endast ett alternativ.</i></p> <p><input type="checkbox"/> Arbetar som anställd <input type="checkbox"/> Egen företagare <input type="checkbox"/> Studerande <input type="checkbox"/> Pensionär (ålders-, sjuk- och förtidspensionär) <input type="checkbox"/> Långtidssjukskriven (mer än 3 månader) <input type="checkbox"/> Tjänstledig eller föräldraledig <input type="checkbox"/> Arbetsökande eller i arbetsmarknadspolitisk åtgärd <input type="checkbox"/> Hemarbetande, sköter hushållet <input type="checkbox"/> Annat</p>

+

1

+

+

+

## 2. Frågor om din bostad

Följande frågor gäller den adress som detta frågeformulär skickades till och skall inte besvaras för någon annan adress om du har dubbla boenden.

<p><b>8. Bor du på din nuvarande adress mer än 6 månader per år?</b> <i>Med nuvarande adress menar vi den adress som frågeformuläret skickats till.</i></p> <p><input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nej</p>
<p><b>9. Hur länge har du bott på din nuvarande adress?</b></p> <p><input type="text" value="0"/> år</p>
<p><b>10. Vilken typ av bostad bor du i?</b> <i>Obs! Ange endast ett alternativ.</i></p> <p><input type="checkbox"/> Lägenhet, hyresrätt <input type="checkbox"/> Lägenhet, bostadsrätt <input type="checkbox"/> Villa eller radhus <input type="checkbox"/> Annat boende</p>
<p><b>11. Vilket år byggdes huset där du bor?</b> <i>Om du är osäker svara efter bästa förmåga</i></p> <p><input type="checkbox"/> Före 1941 <input type="checkbox"/> 1941 – 1960 <input type="checkbox"/> 1961 – 1975 <input type="checkbox"/> 1976 – 1985 <input type="checkbox"/> 1986 – 1995 <input type="checkbox"/> 1996 – 2005 <input type="checkbox"/> Efter 2005 <input type="checkbox"/> Vet ej</p>
<p><b>12. a. Har din bostad genomgått någon form av bullerreducerande åtgärd (till exempel ljudisolerande fönster eller tak)?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Nej → Gå till fråga 13 <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Vet ej → Gå till fråga 13</p> <p><i>Om Ja på fråga 12a:</i></p> <p><b>b. Ange vilken/vilka åtgärder som har genomförts:</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 80px; width: 100%;"></div>

+

2

+

+

+

### 3. Frågor om din uteplats.

Med uteplats menar vi sittplats eller yta för egen aktivitet i omedelbar närhet till bostaden inklusive egen trädgård eller gård upplåten av hyresvärd eller bostadsrättsförening. Vi räknar även balkong som uteplats. Om du använder flera uteplatser ange den som du använt mest under perioden maj - augusti i år.

#### 13. Vilken typ av uteplats har din bostad?

Om du använder fler än en uteplats, ange endast den som du använt mest under perioden maj – augusti i år.

- Balkong på markplan eller första våningen
- Balkong på andra våningen eller högre upp
- Privat uteplats i egen trädgård i anslutning till villa eller radhus
- Privat uteplats med altandörr i direkt anslutning till lägenhet
- Allmän uteplats för boende upplåten av bostadsrättsförening/hyresvärd
- Allmän uteplats i intilliggande allmänning
- Jag saknar helt och hållet uteplats → Gå till fråga 22

#### 14. At vilket håll vetter uteplatsen?

Flera alternativ kan kryssas i.

- Större gata eller trafikled
- Mindre gata eller villagata
- Järnväg, tunnelbana, spårvagn eller annan spårtrafik
- Industri eller industriområde
- Landningsbana/ flygplatsområde
- Innergård, annan gård, trädgård, vatten eller grönområde
- Annat, ange vad:

#### 15. Hur bra eller dåliga uppfattade du följande miljöfaktorer vid vistelse på uteplatsen under perioden maj – augusti i år.

	Mycket bra	Bra	Varken bra eller dåligt	Dåligt	Mycket dåligt
Utsikt/visuell miljö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ljudmiljö	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grönska, växtlighet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Skydd för vind och blåst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Luftkvalitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dofter/lukter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Skydd för insyn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

+

3

+

+

+

**16. a. Ungefär hur ofta vistades du på uteplatsen under perioden maj – augusti i år?**

Varje dag  
 Någon/några gånger i veckan  
 Någon/några gånger i månaden  
 Sällan  
 Aldrig → Gå till fråga 18

**Då du använde uteplatsen hur många gånger per dag vistades du i genomsnitt där...**

**b. ...vardagar?**  
 Använde inte uteplatsen på vardagar  
 1 gång per vardag  
 2-3 gånger per vardag  
 4 gånger eller mer per vardag

**c. ...helger och övriga ledigheter?**  
 Använde inte uteplatsen på lediga dagar  
 1 gång per ledig dag  
 2-3 gånger per ledig dag  
 4 gånger eller mer per ledig dag

**17. Hur länge brukade du vistas på uteplatsen, vid en typisk vistelse under perioden maj – augusti i år...**

**a. ... under vardagar?**  
 Mindre än 10 min  
 10-30 minuter  
 31-60 minuter  
 Mer än en timme

**b. ...under helger och övriga ledigheter?**  
 Mindre än 10 min  
 10-30 minuter  
 31-60 minuter  
 Mer än en timme

**18. a. Under tidsperioden maj-augusti, var du någon gång bortrest i minst en vecka och bodde på annan plats än din bostadsadress t.ex. bodde i sommarstuga eller var på semesterresa?**  
*Tidsperioden maj till augusti motsvarar ca 18 veckor.*

Nej, jag bodde hemma hela perioden  
 Ja, jag var bortrest 1-3 veckor  
 Ja, jag var bortrest 4-6 veckor  
 Ja, jag var bortrest 7-9 veckor  
 Ja, jag var bortrest 10 veckor eller mer

**19. Händelser som du undvek att använda uteplatsen på grund av någon av följande anledningar:**

	Nej aldrig	Ja, enstaka gånger	Ja, ibland	Ja, ofta	Ja, alltid
Flygtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vägtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spårtrafikbuller*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Annan anledning, ange vad:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\* Spårtrafik innefattar tågtrafik, pendeltågtrafik, tunnelbana, spårvagn samt all annan typ av rälsburen trafik

+

4

+

		+						+
<b>20. Under perioden maj-augusti i år, hur mycket eller lite har du på din uteplats störts av följande bullerkällor:</b>								
		Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket		
	Flygtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Vägtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Spårtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Grannar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Ventilation/fläkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Industri/affärsverksamhet/restaurang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Annan bullerkälla, ange vilken:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>21. Om du tänker på perioden maj – augusti i år, när du befann dig på din uteplats. Hur mycket störde eller försvårade...</b>								
<b>a. ...flygtrafikbuller följande aktiviteter:</b>								
		Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket		
	Samtal försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Telefonsamtal försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Lyssna på radio/tv försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Svårt att koncentrera mig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Vila och avkoppling försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>b. ...vägtrafikbuller följande aktiviteter:</b>								
		Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket		
	Samtal försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Telefonsamtal försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Lyssna på radio/tv försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Svårt att koncentrera mig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Vila och avkoppling försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>c. ...spårtrafikbuller följande aktiviteter:</b>								
		Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket		
	Samtal försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Telefonsamtal försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Lyssna på radio/tv försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Svårt att koncentrera mig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	Vila och avkoppling försvåras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

+

+



+ +

#### 4. Allmänna frågor om buller i din boendemiljö

**22. Om du tänker på de senaste 12 månaderna, och gör en sammantagen bedömning av hur det varit när du var hemma (inomhus och utomhus). Hur mycket har du störts eller besvärats av...**

	Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket
... flygtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... vägtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... spårtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... grannar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... ventilation/fläkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... industri/affärsverksamhet/restaurang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... annan bullerkälla. Ange vilken:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**23. Om du tänker på de senaste 12 månaderna, och gör en sammantagen bedömning av hur det varit när du sov hemma. Har du haft svårt att somna, vaknat för tidigt, haft störd och orolig sömn eller andra sömnproblem, på grund av...**

	Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket
... flygtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... vägtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... spårtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... grannar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... ventilation/fläkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... industri/affärsverksamhet/restaurang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... annan bullerkälla. Ange vilken:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**24. a. Har du tillgång till tysta rum i bostaden där du inte hör buller från väg-, tåg-, eller flygtrafik?**

Nej → Gå till fråga 25

Ja

*Om Ja på fråga 24a:*

**b. Vilket/vilka rum?**

*Flera alternativ kan kryssas i.*

Vardagsrum

Sovrum

Kök

Annat rum

+ 6 +

+

+

### 5. Avslutande frågor

**25. Hur bedömer du ditt allmänna hälsotillstånd, jämfört med andra i din ålder?**

Mycket gott  
 Gott  
 Någorlunda/ relativt bra  
 Dåligt  
 Mycket dåligt

**26. a. Har du nedsatt hörsel?**

Nej → *Gå till fråga 27*  
 Ja

*Om Ja på fråga 26a:*  
**b. Använder du hörapparat eller annat hörhjälpmedel?**

Nej  
 Ja

**27. Även om man inte har någon sjukdom/besvär kan ens allmänna välbefinnande variera och man kan må mindre bra på olika sätt. Hur ofta brukar du...**

	Sällan/ aldrig	Någon/ några gånger i månaden	Någon/ några gånger i veckan	Varje dag
... känna dig mycket trött?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... ha allmänna obehagskänslor i magen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... känna dig ledsen och nedstämd?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... känna dig osällskaplig och föredra att vara ifred?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... känna dig irriterad och vresig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... känna dig stressad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**28. Har du upplevt någon/några av följande sömnproblem under de senaste 12 månaderna:**

	Aldrig	Någon/ några gånger per år	Någon/ några gånger i månaden	Någon/ några gånger i veckan	Varje dygn
Svårigheter att somna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Upprepade uppvaknanden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
För tidigt uppvaknande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störd/orolig sömn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

+

7

+

+

+

**29. Ange i vilken grad du instämmer med följande påståenden:**

	Instäm- mer helt	Instäm- mer i stort sett	Instäm- mer delvis	Tar delvis avstånd	Tar i stort sett avstånd	Tar helt avstånd
Jag är känslig för ljud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Även musik jag normalt tycker om stör mig när jag ska koncentrera mig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ibland kan ljud gå mig på nerverna och göra mig irriterad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**30. Brukar du vara hemma dagtid under vardagar?**

Ja, nästan alltid  
 Ja, oftast  
 Ja, ibland  
 Nej, sällan/aldrig

**31. Har du sådana arbetstider att du brukar sova dagtid?**

Ja, nästan alltid  
 Ja, oftast  
 Ja, ibland  
 Nej, sällan/aldrig

**32. Brukar du sova med öppet fönster under sommarhalvåret?**

Ja, nästan alltid  
 Ja, oftast  
 Ja, ibland  
 Nej, sällan/aldrig

**33. Finns det grönområden inom 5 minuters gångavstånd från din bostad?**

Nej  
 Ja

**34. a. Hur ofta brukar du promenera i ditt bostadsområde?**

Varje dag  
 Någon/några gånger i veckan  
 Någon/några gånger i månaden  
 Sällan/aldrig

**b. Hur ofta brukar du promenera i närliggande grönområden?**

Varje dag  
 Någon/några gånger i veckan  
 Någon/några gånger i månaden  
 Sällan/aldrig

+

8

+

+ +

**35. Alla transportmedel har för och nackdelar, till exempel med avseende på hur de påverkar miljö och ekonomisk tillväxt. Om du fick bestämma, hur skulle då samhället satsa på följande trafikslag:**

	Vidta åtgärder för att minska användningen	Verka för samma användning som idag	Vidta åtgärder för att öka användningen
Flygtrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vägtrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spårtrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**36. Arbetar du och/eller någon annan i din familj på eller i anslutning till en flygplats?**  
*(T.ex. som pilot, flygvärdinna, på flygbolag, säkerhetspersonal, butiksanställd, administrativt, etc.)*  
 Ett eller båda ja-alternativen kan kryssas i.

Ja, jag  
 Ja, annan medlem i familjen  
 Nej

**37. Händer det att du oroar dig för att ett flygplan skall störta i ditt bostadsområde?**

Nej, aldrig  
 Ja, någon enstaka gång  
 Ja, i bland  
 Ja, ofta  
 Ja, alltid

**38. Vad tycker du om din närmsta flygplats?**  
 Svara på en skala från 0-10 där 0 = jag är mycket negativt inställd och 10 = jag är mycket positivt inställd

Mycket negativt inställd    0   1   2   3   4   5   6   7   8   9   10    Mycket positivt inställd

**39. För att kunna göra noggranna beräkningar av trafikbuller kring din bostad så behöver vi tillgång till din adresskoordinat. Om du godkänner detta, kommer SCB att hämta din adresskoordinat från Lantmäteriets register och koppla den till dina enkätsvar och registeruppgifter, samt lämna ut uppgifterna till Stockholms universitet. De insamlade uppgifterna kommer alltid presenteras så att ingen enskild persons svar kan utläsas.**

Ja, jag godkänner att SCB kopplar på min adresskoordinat och lämnar ut uppgifterna till Stockholms universitet.  
 Nej, jag godkänner inte att SCB kopplar på min adresskoordinat.

+ +

**Tack för att du svarade på enkäten!**

+

+

# Appendix B

1

ID \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_ Tid \_\_\_\_\_

## Frågeformulär till deltagarna i utomhusexperiment vid Gösta Ekmans laboratorium, sommaren 2011

### 1. Frågor om ljudmiljön under experimentet

Frågor i detta avsnitt gäller hur du upplevde ljudmiljön under experimentet, **inklusive** eventuella ljud från högtalarna. **Tänk alltså på att även räkna med ljud från högtalarna i dina bedömningar.**

1. Vilka ljud la du märke till under experimentet?	Hörde inte alls	Hörde lite	Hörde en del	Hörde mycket	Dominerade helt
Vägrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tågbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flygbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ventilation/fläktbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Naturljud (t.ex. lövsus, fågelsång)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ljud från människor (t.ex. samtal, skratt, lekande barn)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Hur **störande** upplevde du flygbuller under experimentet. Om du inte alls hörde något flygbuller, ange "inte alls".

Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Ange också hur **störande** du upplevde flygbuller på en skala från 0 till 10. Om du inte alls hörde något flygbuller, ange 0 ("inte alls").

Inte alls										Väldigt mycket
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**4. Upplevde du flygbuller som stressande under experimentet? Om du inte alls hörde något flygbuller, ange "inte alls".**

Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**5. Ange också hur stressande du upplevde flygbuller på en skala från 0 till 10. Om du inte alls hörde något flygbuller, ange 0 ("inte alls").**

Inte alls										Väldigt mycket
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**6. Försvårade flygbuller din förmåga att koppla av under experimentet? Om du inte alls hörde något flygbuller, ange "inte alls".**

Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**7. Ange också i vilken grad flygbuller försvårade din förmåga att koppla av under experimentet på en skala från 0 till 10. Om du inte alls hörde något flygbuller, ange 0 ("inte alls").**

Inte alls										Väldigt mycket
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**8. Läste du i boken?**

Ja  
 Nej → Gå till fråga 11

**9. I vilken utsträckning störde eller försvårade flygbuller din koncentration vid läsningen av boken? Om du inte alls hörde något flygbuller, ange "inte alls".**

Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**10. Ange också i vilken utsträckning flygbuller störde eller försvårade din koncentration vid bokläsningen på en skala från 0 till 10. Om du inte alls hörde något flygbuller, 0 ("inte alls").**

Inte alls										Väldigt mycket
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

11. Hur **störande** upplevde du andra bullerkällor under experimentet? Om du inte alls hörde någon av dessa bullerkällor, ange "inte alls".

	Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Valdigt mycket
Vagtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tågbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ventilation/fläkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Annan bullerkälla, ange vilken:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. På det hela taget, hur skulle du beskriva **ljudmiljön** på den här uteplatsen så som du upplevde den under experimentet? Tank på att även ta med eventuella ljud från högtalarna i din bedömning

Mycket bra	Bra	Varken bra eller dålig	Dålig	Mycket dålig
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. I vilken utsträckning anser du att följande 8 påståenden beskriver din upplevelse av **ljudmiljön** på den här platsen under experimentet? Tank på att även ta med eventuella ljud från högtalarna i din bedömning.

Ljudmiljön var:

	Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Valdigt mycket
Trivsamt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaotisk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spännande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Händelselös	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lugn och Stilla	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Händelserik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Enformig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14. Hörde du några ljud från högtalarna?

Ja! Jag är helt säker	Ja Jag är ganska säker	Ja Jag är osäker	Nej Jag är osäker	Nej Jag är ganska säker	Nej! Jag är helt säker
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 2. Frågor om din egen uteplats

Med uteplats menar vi sittplats eller yta för egen aktivitet i omedelbar närhet till bostaden inklusive egen trädgård eller gård upplåten av hyresvärd eller bostadsrättsförening. Vi räknar även balkong som uteplats. Om du använder flera uteplatser ange den som du använt mest under perioden maj – augusti i år.

### 15. Vilken är din bostads huvudsakliga uteplats?

Om du använder fler än en uteplats, ange den som du använt mest under perioden maj – augusti i år.

- Balkong på markplan eller första våningen
- Balkong på andra våningen eller högre upp
- Privat uteplats i egen villaträdgård
- Privat uteplats med altandörr i direkt anslutning till lägenhet
- Allmän uteplats för boende upplåten av bostadsrättsförening/hyresvärd
- Allmän uteplats i intilliggande allmänning
- Jag saknar helt och hållet uteplats

### 16. At vilket håll vetter uteplatsen?

- Större gata eller trafikled
- Mindre gata eller villagata
- Järnväg, tunnelbana, spårvagn eller annan spårtrafik
- Industri eller industriområde
- Landningsbana/ flygplatsområde
- Annan gård, trädgård, vatten eller grönområde

Annat, ange vad:

### 17. Under den senaste tiden (från och med maj i år till nu), hur mycket har du på din uteplats störts av följande bullerkällor:

	Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket
Flygtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vagtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spårtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Grannar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ventilation/fläkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Industri/affärsverksamhet/restaurang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Annan bullerkälla, ange vilken:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



### 3. Allmänna frågor om buller i din boendemiljö

18. Om du tänker på **de senaste 12 månaderna**, och gör en sammantagen bedömning av hur det varit när du varit hemma (inomhus och utomhus). Hur mycket har du störts eller besvärats av...

	Inte alls	Lite	Måttligt	Mycket	Väldigt mycket
... flygtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... vägtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... spårtrafikbuller	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... grannar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... ventilation/fläkt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... industri/affärsverksamhet/restaurang	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... annan bullerkälla. Ange vilken:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### 4. Frågor om dig

19. Vilket år är du född?

År:

20. Är du man eller kvinna?

Man  
 Kvinna

21. När gick du upp i morse? \_\_\_\_\_ (ange med siffror, timme och minut. t.ex. 8:30)

22. När intog du senast mat idag? \_\_\_\_\_ (ange med siffror, timme och minut. t.ex. 8:30)

23. Hur bedömer du ditt allmänna hälsotillstånd, jämfört med andra i din ålder?

Mycket gott  
 Gott  
 Någorlunda/ relativt bra  
 Dåligt  
 Mycket dåligt

**24. Även om man inte har någon sjukdom/besvär kan ens allmänna välbefinnande variera och man kan må mindre bra på olika sätt. Hur ofta brukar du...**

	Sällan/ aldrig	Någon/ några gånger i månaden	Någon/ några gånger i veckan	Varje dag
... känna dig mycket trött?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... ha allmänna obehagskänslor i magen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... känna dig ledsen och nedstämd?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... känna dig osällskaplig och föredra att vara ifred?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... känna dig irriterad och vresig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... känna dig stressad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**25. Har du upplevt någon/några av följande sömnproblem under de senaste 12 månaderna:**  
*(Sätt ett kryss på varje rad)*

	Aldrig	Några gånger per år	Några gånger per månad	Några gånger per vecka	Varje dygn
Svärigheter att somna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Upprepade uppvaknanden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
För tidigt uppvaknande	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störd/orolig sömn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**26. Ange i vilken grad du instämmer med följande påståenden:**

	Instäm- mer helt	Instäm- mer i stort sett	Instäm- mer delvis	Tar delvis avstånd	Tar i stort sett avstånd	Tar helt avstånd
Jag är känslig för ljud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Även musik jag normalt tycker om stör mig när jag ska koncentrera mig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ibland kan ljud gå mig på nerverna och göra mig irriterad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Man skall inte bry sig om ifall någon skruvar på stereon för fullt då och då	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jag väcks lätt av ljud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jag blir irriterad när mina grannar för oväsen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jag vänjer mig ganska lätt vid de flesta typer av ljud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jag tycker det är svårt att koppla av på en plats som är bullrig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jag blir tokig på människor som för ljud som hindrar mig från att sova eller arbeta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jag kan koncentrera mig oberoende av vad som sker omkring mig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**27. Alla transportmedel har för och nackdelar, till exempel med avseende på hur de påverkar miljö och ekonomisk tillväxt. Om du fick bestämma, hur skulle då samhället satsa på följande trafikslag:**

	Vidta åtgärder för att minska användningen	Verka för samma användning som idag	Vidta åtgärder för att öka användningen
Flygtrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vägtrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spårtrafik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**28. Vilken är din närmaste flygplats (från din bostad)?** \_\_\_\_\_

**29. Hur nära flygplatsen ligger din bostad?**

mindre än 2 km  
 2- 5 km från mitt hem  
 mer än 5 km från

**30. Arbetar Du eller någon annan i din familj på eller i anslutning till din närmsta flygplats?**  
(T.ex. som pilot, flygvårdinna, på flygbolag, säkerhetspersonal, butiksanställd, administrativt, etc.)

Ja, jag  
 Ja, annan medlem i familjen  
 Nej

**31. Vad tycker du om din närliggande flygplats?**

Svara på en skala från 0-10 där 0 = jag är mycket negativt inställd och 10 = jag är mycket positivt inställd

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Mycket negativt inställd             Mycket positivt inställd

Tack för att du besvarade enkäten. Lägg den åt sidan och ta det lugnt ett tag tills försöksledaren säger till.

# Flygbuller på uteplats: Besvärsupplevelser och hälsa i relation till maximalnivå och antal flygbullerhändelser

## Slutrapport från forskningsprogrammet MAXFLYG

MATS E. NILSSON, JENNY SELANDER, JESPER ALVARSSON,  
GÖSTA BLUHM OCH BIRGITTA BERGLUND

Forskningsprogrammet MAXFLYG har undersökt hur vi störs av flygbuller på uteplats i anslutning till bostäder och hälsoeffekter som bullret orsakar.

Programmet har bland annat studerat bullerstörning i relation till bullernivåer och i relation till antal flyghändelser, samt undersökt effekter av flygbuller på stressnivåer och sömnsvårigheter.

RAPPORT 6570

NATURVÅRDSVERKET  
ISBN 978-91-620-6570-6  
ISSN 0282-7298

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.



KUNSKAP DRIVER  
MILJÖARBETET FRAMÅT

NATUR  
VÅRDS  
VERKET