

Sömnstörningar från flygbuller i en svensk kontext

Charlotta Eriksson, Epidemiolog, Med. Dr.

Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet

Centrum för arbets- och miljömedicin, Region Stockholm

Projektrapport

- Uppdrag för Naturvårdsverkets räkning, 2019-2020
- Huvudansvarig: C. Eriksson
- Medförfattare:
 - Ulf Tengzelius, Aurskall Akustik och KTH
 - Christian Simmons, Simmons akustikutveckling AB



Uppdragsbeskrivning

- Förstudie hösten 2019 – Allmän kunskapsöversikt rörande sömnstörning från flygbuller
 - Litteraturgranskning
 - WHO Night Noise Guidelines 2009
 - Basner och McGuire 2018 (underlag för WHO:s Environmental Noise Guidelines 2018)
- Identifiera kunskapsluckor vad gäller tillämpning i Sverige
 - Olika indikatorer – metod för omräkning av EU-mått till svenska?
 - Forskningsstudier tar inte hänsyn till bostäders ljudisolering
 - Brister i avvägningar vid tillämpning av riktvärdena (t.ex. flygplatser storlek och urbaniseringsgrad)
 - Motiv till en strängare hållning för flyg än för andra trafikslag?

Syfte

- Att analysera de samlade kunskapsläget om flygbuller och sömnpåverkan i en svensk kontext
 - Utredda möjligheterna att ta fram en metod för omräkning av L_{night} till L_{Amax}
 - Analysera hur forskningsresultat ska tolkas i en svensk kontext med avseende på ljudisolering i bostadsbeståndet, flygplatser storlek och urbaniseringsgrad
 - Analysera om det är rimligt att ställa strängare krav vad gäller flygbuller än övriga trafikslag

Presentationens upplägg

- Allmän kunskapsöversikt av flygbuller och sömnstörning
- Deluppdrag
 - Metod för omräkning av L_{night} till L_{Amax} (och vice versa)?
 - Ljudisolering i bostadsbeståndet runt svenska flygplatser
 - Flygplatserns storlek och urbaniseringsgrad
- Analys av forskningsresultat ur en svensk kontext
- Motiv till strängare riktvärden för flyg?

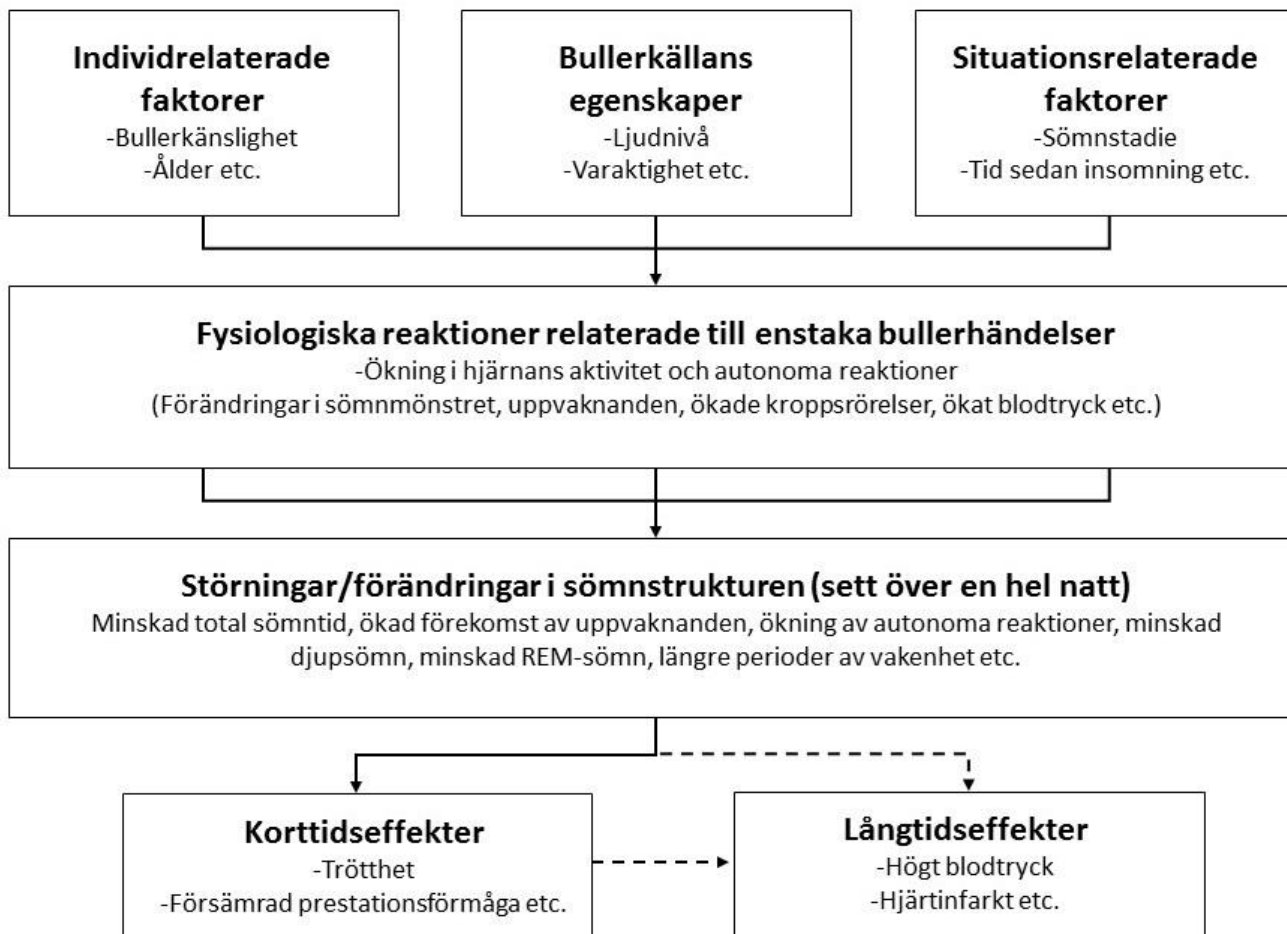
KUNSKAPSÖVERSIKT – FLYGBULLERS INVERKAN PÅ SÖMNER

Om sömn

- Sömn är avgörande för vår fysiska och mentala hälsa
- Många kroppsliga funktioner är beroende av en god sömn för att fungera som de ska
- Sömnproblemen har ökat kraftigt sedan mitten av 1990-talet
 - Ca 25 % har besvär med sömnen flera gånger i veckan
 - Vanliga orsaker:
 - Smärta/värk, stress, levnadsvanor (alkohol, tobak), buller mm.

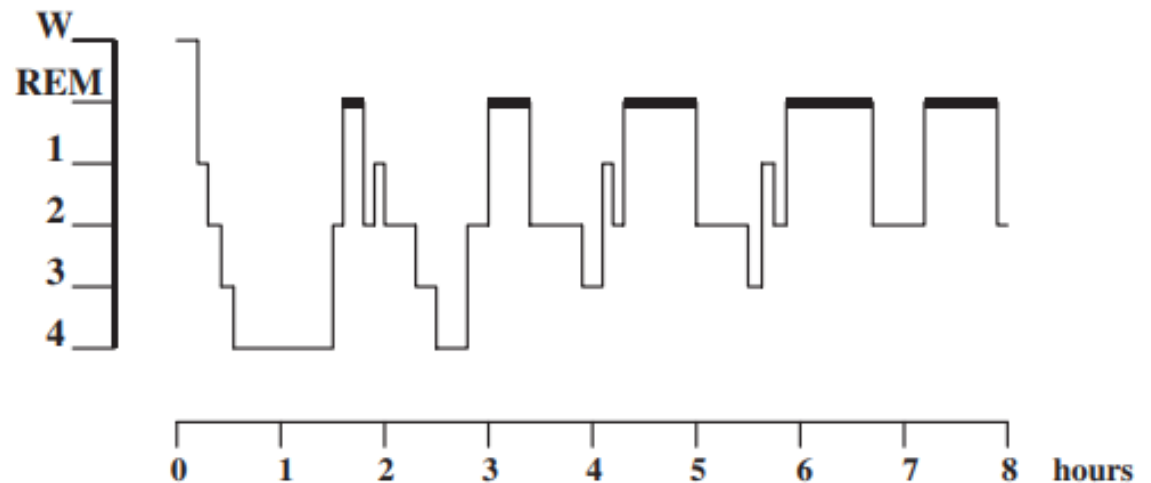


Effekter av buller på sömnen



Normalt sönmönster

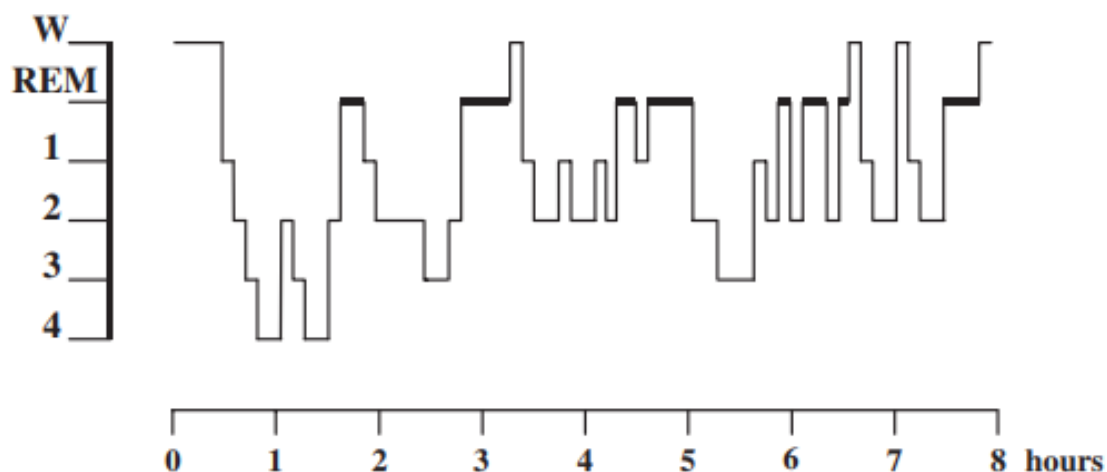
- Stabil struktur med olika sömnstadier
 - SWS/djupsömn: Viktigt för återhämtning och minnesinlagring
- REM/drömsömn
- Sömntrycket avtar med sömntiden (och med åldern!)
 - Vi väcks lättare
 - Äldre särskilt känsliga



Figur: Normalt hypnogram. *Source: Muzet 2007.*

Bullerstörd sömn

- Kortare total sömntid (försvårar insomning, uppvaknanden)
- Förändrat sömnmönster: fragmenterad och ytligare sömn
- “Arousals” – Fysiologiska stressreaktioner (hörselsinnet alltid öppet!)
 - Stresshormoner ↑
 - Blodtryck ↑
 - Hjärtfrekvens ↑
 - Andning ↑
 - Kroppsrörelser ↑

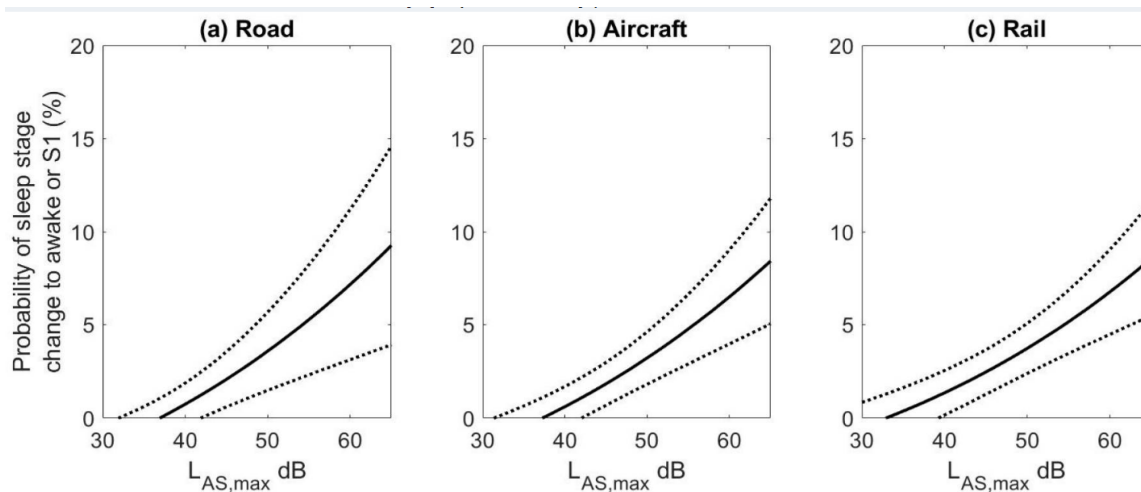


Figur: Bullerstörd sömn. Källa: Muzet 2007.

Evidens från Basner och McGuire 2018 (WHO review)

Uppvaknanden/sömnstadieförändringar

- Fältstudie 2000/-01 med polysomnografi från Tyskland (Basner m. fl. 2006)
 - Köln/Bonn flygplats, 61 personer, 9 nätter, 10 546 bullerhändelser
- Risken ökar med 32 % per 10 dB stegring
- Från ca 38 dB $L_{AS,max}$ inomhus



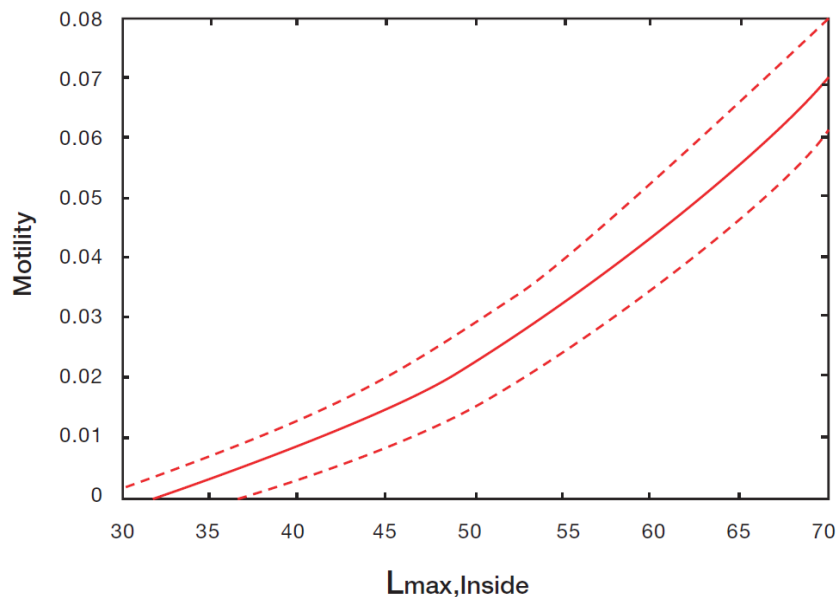
$$\text{Aircraft: Prob. of Wake or S1} = -3.0918 - 0.0449 * L_{AS,max} + 0.0034 * (L_{AS,max})^2$$

Fysiologiska reaktioner under sömnen

- HYENA-studien, 2005 (Haralabidis m.fl. 2008)
 - 140 studiepersoner boende nära fyra europeiska flygplatser (Aten, Malpensa, Heathrow samt Arlanda)
 - 24h blodtrycksmätare, mätning var 15:e minut
 - Mätning och inspelning av ljudhändelser i sovrummet
- Små men statistiskt säkerställda ökningar i blodtryck per 5 dB stegring i ljudnivån
- Ej statistiskt säkerställda ökningar i hjärtfrekvens
- Effekter från ljudnivåer på 35 dB L_{Amax} inomhus i sovrummet

Motilitet (kroppsrörelser)

- En markör för att kroppen varvar upp och övergår i mer yttlig sömn alternativt vakenhet
- Fältstudie med aktigraf från Holland 1999-2001, Amsterdam Schiphol
 - 418 personer, 11 nätter, 63 242 flygbullerhändelser
- Ökning från ca 32 dB L_{Amax} inomhus i sovrummet



Källa: Passchier-Vermeer m.fl. 2002.

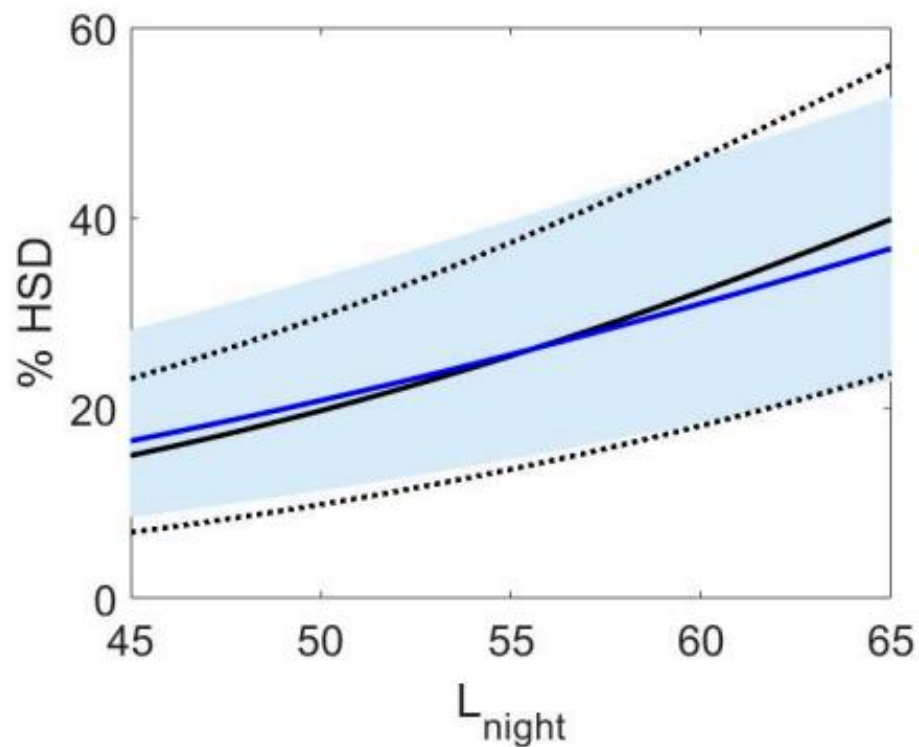
Självrapporterad sömnstörning

- Bygger på enkätfrågor om försvårad insomning, uppvaknanden och allmän sömnstörning
- %HSD = andel mycket eller väldigt mycket sömnstörda
- Kan vara kopplade specifikt till flygbuller eller allmänt ställda
- Statistiskt säkerställda samband då frågan var kopplad till flygbuller
 - OR 1,94 (95% KI 1,61-2,33) per 10 dB L_{night}
- Ökad risk men ej statistiskt säkerställt för allmänt ställda frågor
 - OR 1,17 (95% KI 0,54-2,53) per 10 dB L_{night}



Exponering-responssamband flygbuller – %HSD

- Ca 11 % mycket sömnstörda vid 40 dB L_{night}



$$\text{Aircraft \%HSD} = 16.7885 - 0.9293 * L_{\text{night}} + 0.0198 * (L_{\text{night}})^2$$

Källa: Basner och McGuire 2018.

METOD FÖR OMRÄKNING AV LAMAX TILL LNIGHT?

Bakgrund och syfte

- Ulf Tengzelius, Bilaga 1 – *Relationer mellan ljudmått L_{Amax} och L_{night} vid bullerexponering från flygtrafik vid svenska flygplatser*
- I internationella forskningsstudier används ofta L_{night} , i Sverige används L_{Amax}
 - Svårigheter att direkt översätta resultat
- Att göra en översyn av möjligheterna att estimerar L_{Amax} utifrån kännedom om L_{night} , samt det omvända förhållandet
- Går det att redovisa sömnstörningseffekter givet L_{Amax} nivåer nattetid kring svenska flygplatser baserat på samband mellan L_{night} och sömnstörning?

Förutsättningar

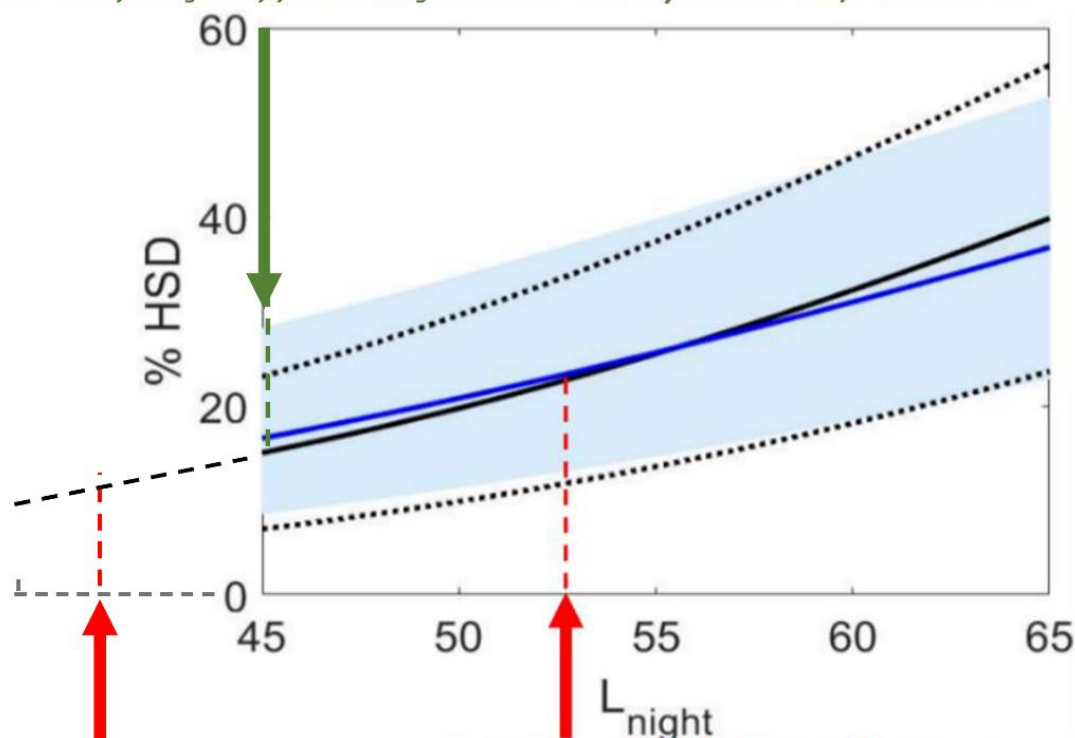
- Omräkningar mellan L_{Amax} och L_{night} har många osäkerhetsfaktorer
- Måtten är framtagna för att representera olika aspekter av ljudmiljön och därmed inte direkt jämförbara
- Dock möjligt att finna korrelationer mellan måtten
- Variabler som har störst inverkan på relationen
 - Avstånd mellan mottagare och flygplan
 - Flygplanstyp
 - Antalet överflygningar
 - Fördelning över dygnet

Exempel Arlanda

- Utgår från kända data över flygtrafiken (Arlanda 2018) samt
- Flygbuller från olika flygplanstyper (ANP-databasen, Eurocontrol)
- Beräkningar av standard-typ, ECAC Doc.29
- Simuleringar med beräkningsprogrammet SAFT

Testexempel – 70 dB L_{Amax} (flygplanstyp A321-232)

$L_{night}(L_{Amax}=70\text{dB}, N_{night}=3, r_{AC\text{-mottagare}} \approx 250\text{-}500\text{m}) = 45.1 \text{ dB}, \%HSD = 15$



Andra värden på de ingående parametrarna skulle förstås ge andra resultat.

$L_{night}(L_{Amax}=80\text{dB}, N_{night}=10, r_{AC\text{-mottagare}}=192\text{m}) = 52.6 \text{ dB}$

$L_{night}(L_{Amax}=80\text{dB}, N_{night}=1, r_{AC\text{-mottagare}}=192\text{m}) = 42.6 \text{ dB}$

Slutsatser

- Det finns möjligheter att skatta andel sömnstörda baserat på L_{Amax} utifrån information om
 - Samband mellan L_{night} och %HSD
 - Antal överflygningar
 - Förekommande flygplanstyper
 - Avstånd mellan flygplan och mottagare
 - L_{Amax} och L_{AE} -bullerdata för ingående flygplanstyper
- Svårigheter att tolka och nyttja detta då vi tvingas införa ett flervariabelberoende
- Möjliga tillämpningar blir komplexa
- Enklare om vi i Sverige beräknade L_{night}

LJUDISOLERING I BOSTADSBESTÅNDET RUNT SVENSKA FLYGPLATSER

Bakgrund och syfte

- Christian Simmons, Bilaga 2 – *Ljudisolering mot flygbuller - Bedömning av bostäder runt svenska flygplatser*
- Syfte:
 - Att samla in uppgifter, göra beräkningar och översiktligt bedöma ljudisolering mot flygbuller i bostadsbeståndet runt svenska flygplatser
- Fokus på de tio flygplatser som förvaltas av Swedavia
 - Arlanda, Bromma, Landvetter, Malmö, Umeå, Visby, Kiruna, Luleå, Åre och Ronneby
 - 6 st. har någon form av nattrafik (Bromma endast ambulansflyg)

- Inventering av
 - Byggnadsår för bostäder i berörda kommuner (statistik från SCB)
 - Typiska huskonstruktioner (SBUF/Sveriges Byggindustrier, Boverket m.fl. undersökningar)
 - Ljudisolering av fönster och ytterväggar
 - Allmänna renoveringsprogram
 - Åtgärder runt Swedavias flygplatser (kommunikation med Ulf Pettersson)
- Jämförelse med internationell standard
 - främst Mellan- och Sydeuropa

Slutsatser

- En större andel av bostäderna (40-50 %) är uppförda under "rekordåren" 1950-1980, småhusen något senare än flerbostadshusen (SCB)
- Analys av vanliga konstruktioner från denna period visar att den A-vägda ljudnivåskillnaden mellan frifältsnivåer utomhus och medelljudnivån i bostadsrum är ca 28-38 dB, **flertalet över 30 dBA**
- Swedavia:s åtgärder har medfört att de flesta bostadshus nära större flygplatser inte har maxnivåer över 45 dB L_{Amax} inomhus
 - Ca 3 000 bostäder har åtgärdats (främst runt Arlanda, Bromma och Landvetter)

- Ej möjligt att göra någon detaljerad jämförelse mellan fasadisolering i Sverige och andra länder, men
- Rimligt att anta att bostadshus i *mellan-* och *sydeuropeiska* länder har omkring 5 dB lägre ljudisolering jämfört med nordiska länder
 - Energianvändning, uppvärmningskostnader kopplat till klimat
 - Nyare fönsterkonstruktioner (tre glasrutor)
- Sammanfattningsvis görs bedömningen att ljudnivåskillnaden i svenska bostäder nära flygplatserna ligger mellan 30-35 dB, dvs. minst 5 dBA högre än schablonvärdet 25 dBA
- Bostadsbeståndet runt flygplatser i Sverige bedöms i genomsnitt ha en högre ljudisolering än en internationell standard (minst 5 dB)
 - Inverkar på tolkning av ffa på sambanden med självrapporterad sömnstörning

SVENSKA FLYGPLATSERS STORLEK OCH URBANISERINGSGRAD (2019)

Förhållanden i Sverige

- Majoriteten av de svenska flygplatserna har färre än 20 000 flygrörelser per år = Mindre flygplats internationellt sett (*Källa: Transportstyrelsen*)
- Urbaniseringsgraden är klart högst för Bromma med 5 203 inv./km², begränsad nattrafik
- Vid övriga flygplatser där det bedrivs nattrafik är befolkningstätheten låg (19 -149 inv./km²)

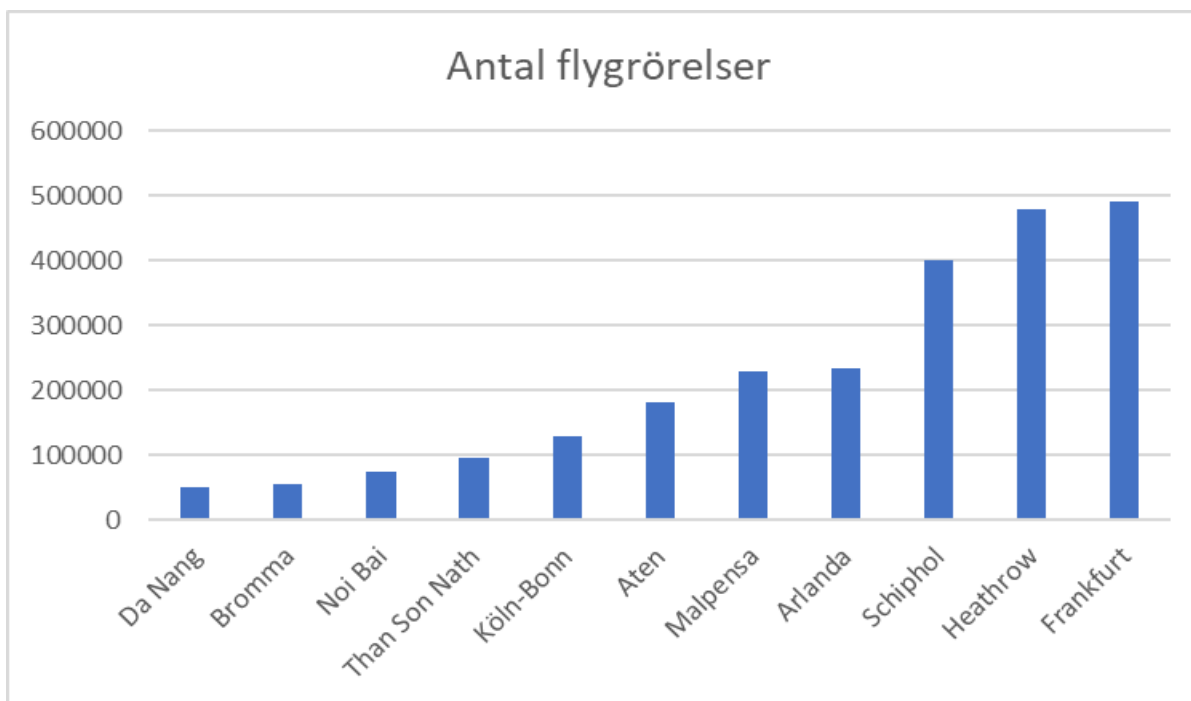
Flygplats (Kommun)	Landningsfrekvens (totalt)	Befolkningstäthet i kommunen (invånare/km ²)
Stockholm-Arlanda (Sigtuna)	116 527	149
Göteborg-Landvetter (Härryda)	34 680	142
Stockholm-Bromma (Stockholms stad)	27 850	5 203
Malmö (Svedala)	18 678	102
Stockholm-Västerås (Västerås)	14 250	161

Medel:

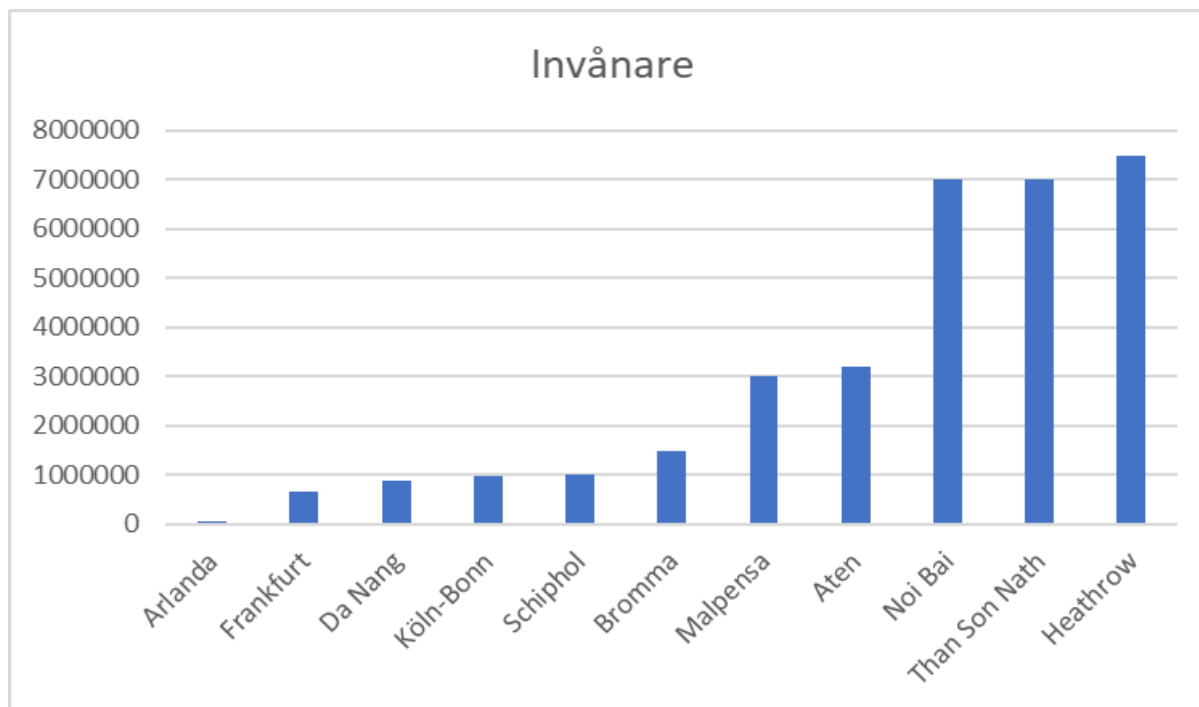
- 8 400 landningar
- 184 inv./km²

Källor: Transportstyrelsen och SCB.

Jämförelse med andra flygplatser



- Arlanda ligger i mitten storleksmässigt av de 11 flygplatser som ligger till grund för WHO:s samband om flygbuller och sömnpåverkan



- Sett till invånarantal ligger Arlanda (Sigtuna kommun) lägst av de 11 studerade, Bromma (Stockholms stad) mer mot mitten.

TOLKNING AV FORSKNINGSRESULTAT I EN SVENSK KONTEXT

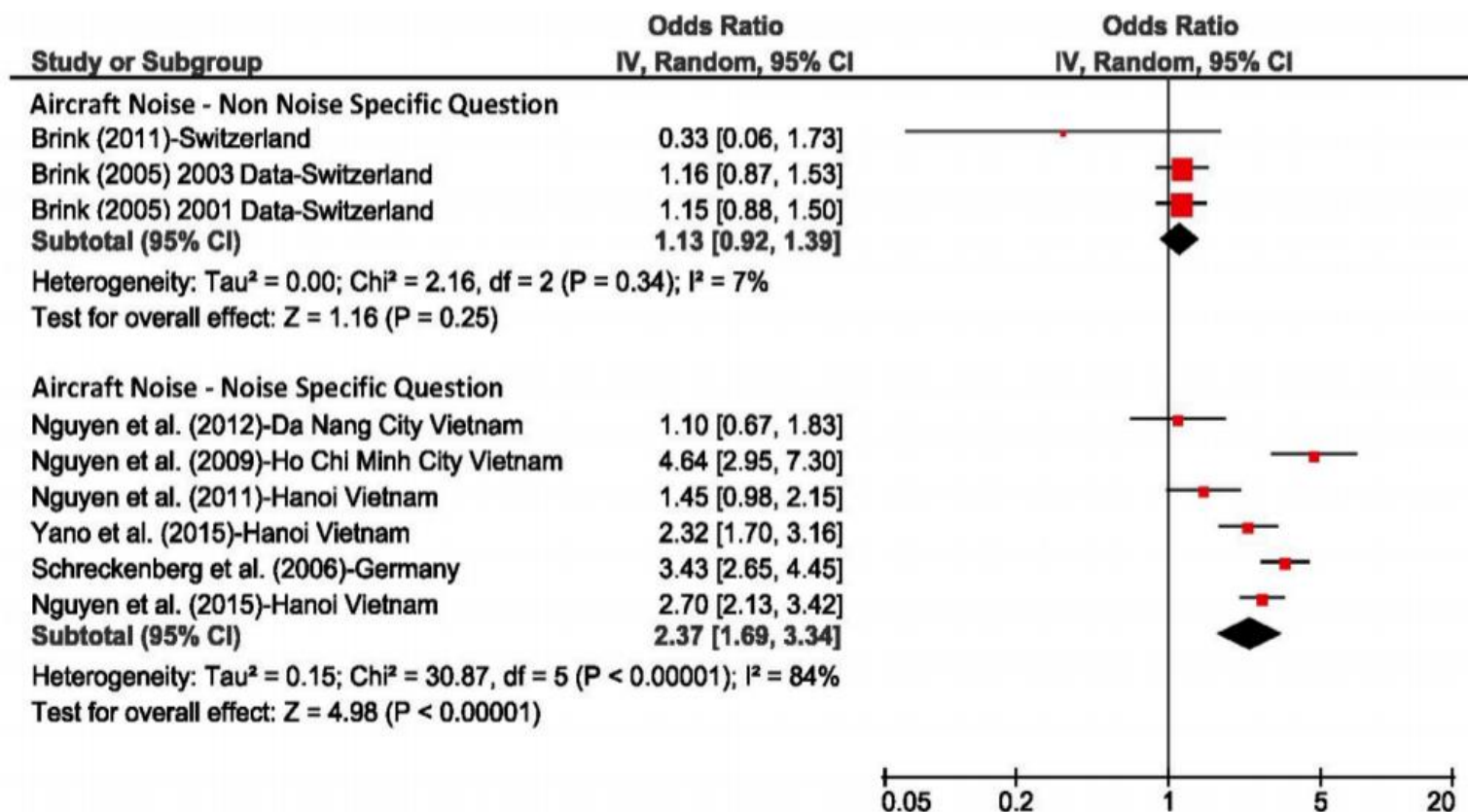
Uppvaknanden/sömnstadienförändringar, fysiologiska reaktioner och motilitet

- Sambanden utgår ifrån ljudnivån inomhus (L_{Amax}) och påverkas således inte av bostadens ljudisolering
 - Tillämpbara i en svensk kontext
- Vid bedömning av riskökning bör man dock utgå ifrån ljudnivåer som förekommer i det svenska bostadsbeståndet
- Riktvärde 70 dB L_{Amax} och fasadreduktion ~ 25 -35 dB ger inomhusnivåer mellan 35-45 dB L_{Amax}
 - Risk för uppvaknanden/sömnstadienförändringar på upp till ca 2 %
 - Risk för blodtrycksförändringar från 35 dB L_{Amax} (inga exponering-responsfunktioner)
 - Risk för ökad motilitet ca 1,5 %

Självrapporterad sömnstörning (%HSD)

Studie	Land, Stad (Flygplats)	Antal flygrörelser (starter och landningar)/år (Källa)	Bedömning av urbaniseringsgrad (Källa)
Nguyen m. fl. 2009	Vietnam, Ho Chi Minh (Tan Son Nhat Airport)	95 000 år 2009	Mycket hög. Ca 7 miljoner invånare i Ho Chi Minh år 2009 (Nguyen 2012).
Schreckenbergs m. fl. 2009	Tyskland, Frankfurt (Frankfurt Airport)	Ca 490 000 år 2005	Medelhög. Ca 650 000 invånare i Frankfurt år 2005
Nguyen m. fl. 2010, 2011	Vietnam, Hanoi (Noi Bai airport)	75 000 år 2010. (Nguyen 2019)	Mycket hög. Ca 7 miljoner invånare i Hanoi år 2009 (Nguyen 2012)
Nguyen m. fl. 2012	Vietnam, Da Nang (Da Nang Airport)	<50 000 (I dagsläget 81 000 flygrörelser per dag. Trafiken har ökat kraftigt sedan studien genomfördes)	Medelhög. Ca 900 000 invånare i Da Nang City år 2009. (Nguyen 2012)
Yano m. fl. 2015	Vietnam, Hanoi (Noi Bai airport)	180 000 år 2015 (Yano 2015: 500 flygrörelser per dag)	Mycket hög. Ca 7 miljoner invånare i Hanoi 2009 (Nguyen 2012)
Nguyen m. fl. 2015	Vietnam, Hanoi (Noi Bai airport)	180 000 år 2015 (Nguyen 2015: 500 flygrörelser per dag)	Mycket hög. Ca 7 miljoner invånare i Hanoi 2009. (Nguyen 2012)

Resultat från meta-analys (riskökning per 10 dB)



Källa: Basner och McGuire 2018.

- Sambanden baseras på få studier, majoriteten från Vietnam
- Sambanden utgår ifrån ljudnivån utomhus (L_{night}) och påverkas således av bostäders ljudisolering
- Risk att WHO:s exponering-responskurva är något överskattad gentemot svenska förhållanden
 - Förhållanden i studierna från Vietnam olika de svenska, lägre ljudstandard i bostäderna, större flygplatser, högre urbaniseringsgrad
 - Förändringar i exponeringen i en av studierna
- Motsägs av resultat från Tyskland/Frankfurt
 - $OR=3.43$ (95 % KI 2,65-4,45)

MOTIV TILL STRÄNGARE RIKTVÄRDEN FÖR FLYGBULLER

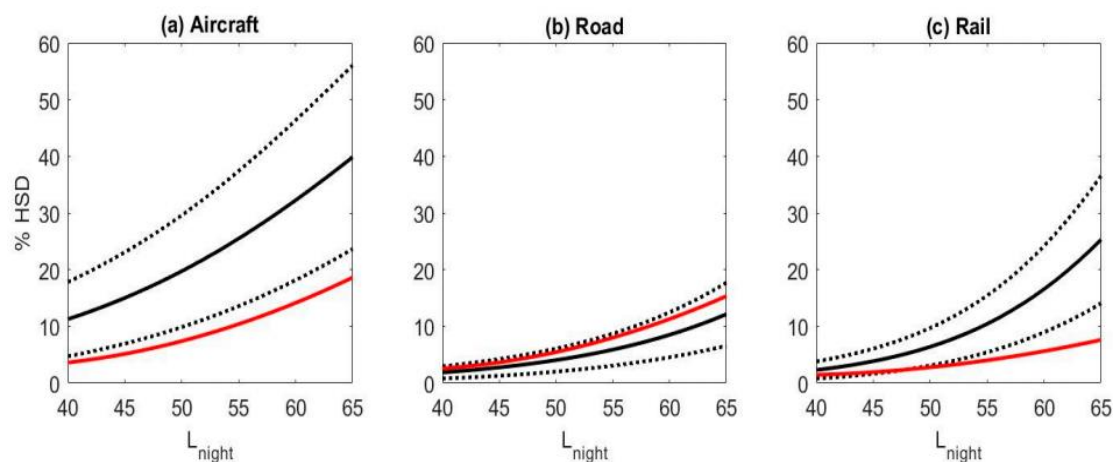
Frågeställning:

- Nuvarande riktvärden för flygbuller är stängare än för väg- och spårtrafikbuller – **Är detta motiverat?**
- Följande riktvärden rekommenderas av WHO (WHO 2018):
 - *Vägtrafik:* 53 dB L_{den} samt 45 dB L_{night}
 - *Spårtrafik:* 54 dB L_{den} samt 44 dB L_{night}
 - *Flygtrafik:* **45** dB L_{den} samt **40** dB L_{night}

- Finns det skillnader i riskökning för kritiska hälsoeffekter beroende på trafikslag?
- WHO:s ”kritiska hälsoeffekter”
 - Hjärt-kärlsjukdom (ex. MI, blodtryck, stroke)
 - Sömnstörning (%HSD, uppvaknanden mm)
 - Allmän störning (%HA)
 - Försämrad kognition (ex. läsförståelse, minnesfunktion mm hos barn)

Slutsatser om skillnader i hälsopåverkan från olika trafikslag

- Ingen evidens för att flygbuller skulle vara starkare kopplat till CVD än övriga trafikslag
- Stark evidens för högre förekomst av självrapporterade besvär av både allmän störning och sömnstörning kopplat till flygbuller (%HA och %HSD)
- Motiverar strängare riktvärden för flygbuller än för väg- och spårtrafikbuller



Andel mycket sömnstörda (%HSD) som en funktion av ljudnivån nattetid (L_{night}) för flyg-, väg- och spårtrafikbuller (Basner och McGuire 2018).

- Självrapporterad sömnstörning ses av WHO som en särskilt viktig markör för hälsorelaterad påverkan av buller
- Direkta effekter på t.ex. livskvalitet, och allvariga hälsoeffekter på lång sikt, hjärt-kärlpåverkan, metabola utfall, mental hälsa
- Även evidens för skillnader vad gäller effekter på barns kognition
 - Samband mellan flygbuller och försenad läsinlärning, sämre resultat på standardiserade test och försämrat långtidsminne (RANCH-studien, Clark m.fl. 2005)
- Önskvärt med tydligare utredning av frågan
 - Framtida studier bör beakta och analysera skillnader beroende på trafikslag och bakomliggande mekanismer

Sammanfattning

- Det finns evidens för samband mellan flygbuller och sömnstörningar
 - Objektiva utfall (uppvaknanden, sömnstadieförändringar, fysiologiska reaktioner, motilitet)
 - Subjektiva bedömningar (självrapporterad sömnstörning)
 - Starkare samband då frågan relaterar till flygbuller
- Relativt få studier
- För självrapporterad sömnstörning (%HSD) är majoriteten av studierna genomförda i Asien (Vietnam)
 - Det behövs fler Europeiska/svenska studier för att bedöma om WHO:s exponering-responskurva är tillämpbar i en svensk kontext
- Det är motiverat med strängare riktvärden för flygbuller än för andra trafikslag
 - Högre grad av både störning och sömnstörning
 - Effekter på barns inlärning och prestation

TACK!
CHARLOTTA.ERIKSSON@KI.SE