



NATIONELL
MILJÖÖVERVAKNING
PÅ UPPDRAG AV
NATURVÅRDSVERKET

IMM
—
Institute of Environmental Medicine
Institutet för miljömedicin



**Karolinska
Institutet**

Strategi för bedömning av hälsopåverkan av trafikbuller i Sveriges befolkning

C. Eriksson och G. Pershagen, Institutet för Miljömedicin,
Karolinska Institutet

Stockholm 2022

Strategi för bedömning av hälsopåverkan av trafikbuller i befolkningen

<p>Rapportförfattare Charlotta Eriksson och Göran Pershagen Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet</p>	<p>Utgivare Karolinska Institutet Postadress Institutet för Miljömedicin Box 210 171 77 Stockholm Telefon 08-524 800 00 (Kl:s växel)</p>
<p>Rapporttitel och undertitel Strategi för bedömning av hälsopåverkan av trafikbuller i Sveriges befolkning</p>	<p>Beställare Naturvårdsverket 106 48 Stockholm Finansiering Nationell miljöövervakning</p>
<p>Nyckelord för plats Sverige</p>	
<p>Nyckelord för ämne Nationell strategi, trafikbuller, hälsopåverkan</p>	
<p>Tidpunkt för insamling av underlagsdata Inga underlagsdata insamlade.</p>	
<p>Sammanfattning</p> <p>Institutet för Miljömedicin vid Karolinska Institutet har på uppdrag av Naturvårdsverket utarbetat en strategi för att bedöma och kvantifiera hälsopåverkan av trafikbuller i Sveriges befolkning utifrån nationella beräkningar av antalet exponerade och aktuell evidensbaserad kunskap om samband mellan trafikbuller och hälsa. Uppdraget har utförts i nära samarbete med Arbets- och miljömedicin vid Göteborgs universitet som ansvarat för att ta fram underlag för att planera framtida nationella kartläggningar av bullerexponering vid Sveriges bostäder lämpade för att bedöma hälsorisker knutna till exponeringen. Uppdraget syftade även till att bedöma den nationella bullerkartläggningens tillämpningsområden.</p> <p>Att på regelbunden basis göra nationella kartläggningar av trafikbuller och dess hälsopåverkan med en standardiserad och reproducerbar metodik är viktigt som underlag för bedömningar av trafikbuller som folkhälsoproblem. En rekommendation är att kartläggningarna görs minst vart femte år. Vid beräkning av hälsopåverkan bör särskild hänsyn tas till Världshälsoorganisationens (WHO) hälsobaserade riktvärden för trafikbuller som inneburit en skärpning jämfört med tidigare värden.</p> <p>Beslut om vilka hälsoutfall som ska inkluderas i beräkningar av hälsopåverkan av trafikbuller bör baseras på aktuell vetenskaplig evidens om föreliggande orsaks- och exponering-responssamband. En rekommendation är att primärt beräkna hälsopåverkan utifrån de utfall som bedömts ha en hög eller måttlig vetenskaplig evidens, vilket i nuläget innefattar allmän störning och sömnstörning för samtliga trafikslag, samt ischemisk hjärtsjukdom och stroke i relation till vägtrafikbuller. Den totala hälsopåverkan är dock sannolikt större och kan komma att öka när evidensen stärks för ytterligare hälsoutfall.</p>	

Innehåll

Sammanfattning.....	4
Bakgrund och syfte.....	7
Metod.....	9
Inventering av tillgängliga metoder för beräkning av hälsobörda.....	9
Avgränsningar avseende hälsoutfall och identifiering av aktuella exponering- respons samband	11
Sambandens tillämpbarhet i en svensk kontext	12
Rekommendationer avseende exponeringsdata	15
Rekommenderade metoder för beräkning av hälsopåverkan	17
Allmän störning	17
Vägtrafik	17
Spårtrafik.....	19
Flygtrafik.....	21
Exempel på tabell för redovisning av antal fall av mycket störda.....	22
Sömnstörning	23
Vägtrafik	23
Spårtrafik	24
Flygtrafik.....	25
Exempel på tabell för redovisning av antal fall av mycket sömnstörda.....	26
Hjärt-kärlsjukdom.....	27
Vägtrafik	27
Buller från andra trafikslag.....	30
Övriga hälsoeffekter	31
Tillämpningsområden.....	33
Slutsatser	35
Referenser	37

Sammanfattning

Naturvårdsverkets Hälsorelaterade Miljöövervakning (HÄMI) syftar till att långsiktigt övervaka miljöfaktorer som kan påverka människors hälsa. Buller ingår i HÄMI under delprogrammet "Fysikaliska mätdata" och inom detta har en nationell bullerkartläggning tagits fram vart 5–7 år. Hittills har det dock saknats en standardiserad och reproducerbar strategi för de nationella bullerkartläggningarna, t.ex. avseende vilka behov de ska tillgodose, hur ofta de bör göras, vilken detaljnivå de bör ha samt vilka indata och metoder som ska användas, något som till exempel försvårar jämförelser över tid. Det har även saknats en strategi för bedömning av den hälsopåverkan som exponeringen för trafikbuller ger upphov till i den svenska befolkningen.

Att på regelbunden basis göra nationella kartläggningar av trafikbuller och dess hälsopåverkan med en standardiserad och reproducerbar metodik är viktigt som underlag för bedömningar av trafikbuller som folkhälsoproblem. En rekommendation är att kartläggningarna görs minst vart femte år. Vid beräkning av hälsopåverkan bör särskild hänsyn tas till Världshälsoorganisationens (WHO) hälsobaserade riktvärden för trafikbuller (WHO 2018), som inneburit en skärpning jämfört med tidigare värden. Den granskning som gjordes av WHO i samband med framtagandet av de nya riktvärdena syftade bland annat till att ta fram uppdaterade exponering-responssamband mellan buller från väg-, spår- och flygtrafik och en rad olika hälsoutfall. De samband som befanns ha starkast evidens har även implementerats i Bilaga III till EU:s bullerdirektiv 2002/49/EC vad gäller fastställande av beräkningsmetoder för skadliga effekter av omgivningsbuller (EU 2020). I Bilagan specificeras dock att medlemsländerna som alternativ kan använda exponering-responssamband som fastställts för lokala situationer, under förutsättning att de grundar sig på högkvalitativa och statistiskt signifikanta studier.

Det övergripande syftet med det föreliggande uppdraget är att föreslå en strategi för att bedöma och kvantifiera hälsopåverkan av trafikbuller i Sveriges befolkning utifrån nationella beräkningar av antalet exponerade och aktuell evidensbaserad kunskap om samband mellan trafikbuller och hälsa. I uppdraget ingår även att bedöma den nationella bullerkartläggningens tillämpningsområden.

Beslut om vilka hälsoutfall som ska inkluderas i beräkningar av hälsopåverkan av trafikbuller bör baseras på aktuell vetenskaplig evidens om föreliggande orsakssamband. Likaså bör beräkningarna av hälsopåverkan baseras på aktuell och evidensbaserad kunskap om så kallade exponering-responssamband, dvs. kvantitativa samband mellan källspecifika bullernivåer (väg-, spår- och flygtrafik) och respektive hälsoutfall. En rekommendation är att primärt beräkna hälsopåverkan utifrån de utfall som bedömts ha en hög eller måttlig vetenskaplig evidens, vilket i nuläget innefattar allmän störning och sömnstörning för samtliga trafikslag, samt ischemisk hjärtsjukdom och stroke i relation till vägtrafikbuller. Föreliggande rapport baseras i huvudsak på slutsatser från WHO:s Environmental Noise Guidelines (2018) och END Bilaga III, men har även tagit hänsyn till sambandens tillämpbarhet i en svensk kontext och nytillkomna studier (efter 2015).

Indata för beräkning av hälsopåverkan av trafikbuller bör baseras på aktuella uppgifter om antalet personer som exponeras för olika källspecifika ljudnivåer utomhus vid bostäders fasad. Beräkningsmetoden för de nationella bullerkartläggningarna bör vara öppet tillgänglig och så långt som möjligt följa nationella och europeiska

rekommendationer kring beräkningsmetodik och insamling av data. Lämpliga metoder för svenska förhållanden är exempelvis Nord2000 och Cnossos-EU. Beräknade bullerindikatorer bör i första hand vara L_{den} och L_{night} eftersom dessa används i de flesta hälsostudier internationellt. Som underlag för beräkningarna krävs heltäckande trafikdata. För vägtrafik finns utmaningar avseende de vägar där kommunen är väghållare. I första hand bör trafikdata inhämtas genom en samordnad insats i alla kommuner, i andra hand kan modellerade trafikflöden eller schabloner användas. Om möjligt bör fullständiga beräkningar göras, dvs. utifrån adresskoordinater för hela populationen, men i en övergångsperiod kan populationsdata i raster användas (exempelvis i rutor om 100 m × 100 m). En viktig parameter att inkludera är bostadens höjd över marken. För de flesta bostäder kan denna fås från Lantmäteriets lägenhetsregister. Alternativt kan uppgifter om byggnadens höjd användas från Lantmäteriets fastighetsregister. Omfattningen av de exponeringsintervall som används bör följa aktuella exponering-responssamband och noggrannheten bör minst uppgå till exponeringsintervall om 5 dB.

För beräkningar av hälsopåverkan i form av allmän störning rekommenderas effektmåttet *antal fall av mycket störda* av buller från väg-, spår- respektive flygtrafik. Detaljerade beräkningar av antalet fall av mycket störda av trafikbuller kan göras utifrån källspecifik information om antal exponerade personer i olika bullerintervall i kombination med aktuella exponering-responsfunktioner mellan trafikbuller och andel mycket störda (eng. "Highly Annoyed", %HA). De funktioner som i Bilaga III till EU:s bullerdirektiv rekommenderas att användas för hälsoriskbedömningar inom EU:s medlemsländer togs fram av Guski m.fl. (2017) som underlag till WHO:s Environmental Noise Guidelines 2018. I en analys av sambandens tillämpbarhet i en svensk kontext framkom dock att en relativt stor andel av studierna har genomförts i länder (främst i Asien och Alpområdet) där förutsättningarna avseende t.ex. ljudisolering i bostäder och trafiksituation kan skilja sig avsevärt jämfört med svenska förhållanden. Vidare har en jämförelse av skattningar baserade på WHO:s funktion och från ett svenskt populationsurval (Miljöhälsoenkäten 2015 i Stockholms län) visat på skillnader i andelen mycket störda för samtliga trafikslag.

Sammantaget bedömer vi att det för nationella beräkningar av antalet mycket störda av trafikbuller i Sveriges befolkning är motiverat att utgå ifrån exponering-responssamband framtagna i ett svenskt populationsurval. Här kan de nationella miljöhälsoenkäterna utgöra ett viktigt underlag, under förutsättning att de omfattar tillräckligt många individer och är regelbundet återkommande.

För beräkningar av hälsopåverkan i form av sömnstörning rekommenderas effektmåttet *antal fall av mycket sömnstörda* av buller från väg-, spår- respektive flygtrafik. Detaljerade beräkningar av antalet fall av mycket sömnstörda av trafikbuller kan skattas utifrån källspecifik information om antal exponerade personer i olika bullerintervall i kombination med de exponering-responsfunktioner mellan trafikbuller och andel mycket störda (eng. "Highly Sleep Disturbed", %HSD), som togs fram av Basner och McGuire (2018), och utgör underlag till WHO:s Environmental Noise Guidelines 2018. Funktionerna rekommenderas även i EU:s bullerdirektiv (2020/367/EC) att användas för hälsoriskbedömningar inom EU:s medlemsländer och har bedömts vara tillämpbara i en svensk kontext.

Sammantaget anser vi det motiverat att för nationella beräkningar av antalet mycket sömnstörda i befolkningen utgå ifrån de av WHO och EU rekommenderade exponering-

responsfunktionerna. Alternativt skulle beräkningar dock också kunna göras baserat på de nationella miljöhälsoenkäterna, under förutsättning att sömnstörning av trafik efterfrågas källspecifikt (något som inte varit fallet hittills).

För beräkningar av hälsopåverkan i form av hjärt-kärlsjukdom rekommenderas en fokusering på ischemisk hjärtsjukdom och stroke relaterat till buller från *vägtrafik*. För ischemisk hjärtsjukdom förordas en tillämpning av den exponering-responsfunktion som rekommenderas i EU:s bullerdirektiv (2020/367, Bilaga III). Exponering-responsfunktionen för stroke bör baseras på resultaten från en stor epidemiologisk studie baserad på ett flertal kohorter från Sverige och Danmark (Roswall m.fl. 2021).

Det föreliggande projektet har identifierat en rad tillämpningsområden för nationella kartläggningar av befolkningens exponering för trafikbuller och dess hälsokonsekvenser som inte täcks av de kartläggningar som redan görs och som motiverar uppföljning av trafikbuller inom HÄMI. Tydliga styrkor med de nationella bullerkartläggningarna, under förutsättning att de genomförs med en standardiserad och reproducerbar metodik, är att de omfattar hela Sveriges befolkning, att de även omfattar lägre ljudnivåer (även under 55 dB L_{den}), samt att de möjliggör analys av tidstrender både avseende antal exponerade och hälsopåverkan. Kartläggningens mest centrala tillämpningsområden omfattar således bland annat möjligheter att:

- följa upp utvecklingen över tid avseende antal/andel exponerade för trafikbuller i Sveriges befolkning, exempelvis som en del av miljömålsarbetet och det transportpolitiska hänsynsmålet
- följa upp utvecklingen över tid avseende hälsopåverkan och sjukdomsburda av trafikbuller i befolkningen
- ge underlag för analyser av ojämlikheter i den bullerrelaterade ohälsan i befolkningen och därmed ge stöd för riktade preventiva åtgärder
- ge underlag för beräkningar av samhällsekonomiska konsekvenser av trafikbuller och dess hälsopåverkan
- ge underlag för kostnad-nyttoanalyser av övergripande nationella insatser för att minska buller
- ge underlag för prognoser vid regionala och nationella utvecklingsplaner
- ge underlag för forskning om trafikbuller och olika störningar samt sjukdomar i befolkningen.

Bakgrund och syfte

Naturvårdsverkets Hälsorelaterade Miljöövervakning (HÄMI) syftar till att långsiktigt övervaka miljöfaktorer som kan påverka människors hälsa. Övervakningen av miljöfaktorer görs t.ex. genom att skatta människors exponering för hälsofarliga ämnen och faktorer i den omgivande miljön samt genom analyser som kopplar samman miljöfaktorerna och deras hälsopåverkan. Därigenom kan HÄMI bland annat ge underlag för riskbedömning, reglering och råd samt utvärdera om åtgärder för att begränsa exponeringen fått avsedd effekt (Naturvårdsverkets websida om programområdet Hälsorelaterad miljöövervakning).

Buller ingår i HÄMI under delprogrammet "Fysikaliska mätdata". Inom detta delprogram har en nationell bullerkartläggning tagits fram vart 5–7 år. Syftet med kartläggningen är att följa hur många personer i Sverige som exponeras för förhöjda nivåer av buller från väg-, spår- och flygtrafik utomhus i sin hemmiljö. Utförarna av tidigare kartläggningar har varierat, men inkluderar bland annat konsortiet SMED, Svenska MiljöemissionsData (2018), samt konsulter såsom Sweco (2014) och WSP (2006) (Naturvårdsverkets websida om antal störda och exponerade för skadligt buller). Hittills har det dock saknats en standardiserad och reproducerbar strategi för de nationella bullerkartläggningarna, t.ex. avseende vilka behov de ska tillgodose, hur ofta de bör göras, vilken detaljnivå de bör ha samt vilka indata och metoder som ska användas, vilket försvårat jämförelser över tid. Det har även saknats en strategi för bedömning av den hälsopåverkan som exponeringen för trafikbuller ger upphov till i den svenska befolkningen. Skattningar av skadliga effekter till följd av buller är viktiga underlag för bedömningar av trafikbuller som folkhälsoproblem. De kan även användas för samhällsekonomiska beräkningar av trafikbullrets hälsokonsekvenser och för kostnad-nyttanalyser vid planering och genomförande av förebyggande insatser och åtgärder.

Att på regelbunden basis göra nationella kartläggningar av trafikbuller och dess hälsopåverkan med en standardiserad metodik är särskilt viktigt i ljuset av införandet av den nya förordningen om trafikbuller vid bostadsbyggnader (SFS 2015:216) år 2015. Trafikbullerförordningen och de ändringar som samtidigt gjordes i regelverket kring buller i Miljöbalken och Plan- och Bygglagen (SOU 2013:57) kom till med det uttalade syftet att underlätta bostadsbyggande i bullerutsatta lägen och innebar bland annat höjda riktvärden för väg- och spårtrafikbuller vid nyproduktion av bostäder. Detta skulle kunna leda till att antalet individer som exponeras för höga ljudnivåer från trafik i sin hemmiljö därmed kan komma att öka (Folkhälsomyndigheten 2017). Ur folkhälsosynpunkt är det därför särskilt motiverat att följa upp utvecklingen över tid, både vad gäller antal bullerutsatta och de hälsokonsekvenser som förändringarna potentiellt ger upphov till. Det är också motiverat att följa utvecklingen avseende särskilt utsatta grupper i befolkningen då det nuvarande regelverket för buller riskerar att leda till en ökad ojämlikhet i den miljörelaterade ohälsan, där de socioekonomiskt svagaste grupperna i befolkningen särskilt riskerar att drabbas av bullerrelaterad ohälsa. I dessa grupper är det också ofta vanligare med hälsotillstånd och levnadsvanor (exempelvis hjärt-kärlsjukdom, diabetes, rökning, fysisk inaktivitet) som ger en ökad sårbarhet för ogynnsamma miljöexponeringar, däribland trafikbuller.

Vid beräkning av hälsopåverkan bör särskild hänsyn tas till Världshälsoorganisationens hälsobaserade riktvärden för trafikbuller (WHO 2018), som innebär en skärpning jämfört med tidigare värden. Den granskning som gjordes av WHO i samband med framtagandet

av de nya riktvärdena syftade bland annat till att ta fram uppdaterade exponerings-responssamband mellan buller från väg-, spår- och flygtrafik och en rad olika hälsoutfall. De samband som presenteras i WHO:s Guidelines bygger på systematiska kunskapsammansättningar och meta-analyser av tillgängliga forskningsstudier för respektive utfall, se exempelvis Guski m.fl. 2017, Basner och McGuire 2018, van Kempen m.fl. 2018. De samband som befanns ha starkast evidens (allmän störning och sömnstörning för samtliga trafikslag, samt ischemisk hjärtsjukdom för vägtrafikbuller) har även implementerats i Bilaga III till EU:s bullerdirektiv 2002/49/EC vad gäller fastställande av beräkningsmetoder för skadliga effekter av omgivningsbuller (EU 2020). I Bilaga III specificeras dock att medlemsländerna som alternativ kan använda samband som fastställts för lokala situationer, under förutsättning att de grundar sig på högkvalitativa och statistiskt signifikanta studier.

Syftet med det föreliggande uppdraget är att föreslå en strategi för att bedöma och kvantifiera hälsopåverkan av trafikbuller i Sveriges befolkning utifrån nationella beräkningar av antalet exponerade och aktuell evidensbaserad kunskap om samband mellan trafikbuller och hälsa. I uppdraget ingår även att bedöma hur informationen från de nationella bullerkartläggningarna kan tillämpas av olika myndigheter, exempelvis i relation till det svenska miljömålsarbetet, rapportering av bullerexponering och hälsopåverkan till EU, utvärdering av åtgärdsprogram och i forskningssyfte.

Uppdraget har utförts i nära samarbete med Arbets- och miljömedicin vid Göteborgs universitet som ansvarar för att ta fram underlag för att planera framtida nationella kartläggningar av bullerexponering vid Sveriges bostäder lämpade för att bedöma hälsorisker knutna till exponeringen.

Tack till Mikael Ögren och Leo Stockfelt vid Arbets- och miljömedicin, Göteborgs universitet, för värdefulla synpunkter och bidrag till denna rapport. Tack också till Tomas Lind, statistiker vid Centrum för arbets- och miljömedicin, Region Stockholm, för statistisk bearbetning av miljöhälsoenkätsdata.

Stockholm 2022-01-21

Metod

[Inventering av tillgängliga metoder för beräkning av hälsobörda](#)

Kvantitativ hälsoriskbedömning syftar ofta till att uppskatta hur många sjukdoms- och/eller dödsfall som orsakas av en viss exponering i en definierad befolkning. Den bygger i princip på två fundament, dels en beräkning av exponeringen i den aktuella befolkningen, dels en tillämpning av relevanta exponering-responssamband. Om exponering-responssambanden baseras på relativa risker, dvs riskökningar i förhållande till en bakgrundsrisk för ett visst hälsoutfall, fordras dessutom data om den specifika sjukligheten (dödligheten) i befolkningen. Denna kan skilja sig beroende på bl.a. ålder och könsfördelning. Eftersom kunskapen fortlöpande utvecklas genom tillkomst av nya studier är det viktigt att exponering-responssambanden baseras på det aktuella kunskapsläget. Det är dessutom väsentligt att exponering-responssambanden är relevanta för den population som avses. Samverkans effekter med olika demografiska karakteristika (t.ex. ålder, kön och socioekonomiska förhållanden) samt med livsstils- och miljöfaktorer kan vara av betydelse för exponering-responssambanden. I det följande görs en kortfattad genomgång av tidigare uppskattningar av hälsobördan knuten till exponering för trafikbuller, med tonvikt på den metodik som använts, samt av underlag för beräkning av exponering-responssamband.

[WHO, Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe](#)

Kunskapsdokument från 2011 som sammanfattar och beräknar sjukdomsbördan kopplat till omgivningsbuller inom EU. Det baseras på inrapporterade exponeringsuppskattningar enligt European Noise Directive (END) och tillgängliga data rörande exponering-responssamband för bland annat allmän störning, sömnstörning, ischemisk hjärtsjukdom och kognitiv störning hos barn. Hälsobördan presenterades som funktionsjusterade levnadsår (DALYs), där hänsyn tas både till för tidig död och funktionsnedsättning. Man beräknade att omgivningsbuller orsakar 1,0 – 1,6 miljoner DALYs årligen i Västeuropa, huvudsakligen knutet till sömnstörning och allmän störning.

[Burden of disease from environmental noise](#)

[Trafikverket, Metod för DALY-beräkningar i transportsektorn](#)

Rapport som beskriver en metod som kan användas för att beräkna trafikbullrets bidrag till ohälsa i Sveriges befolkning. Det finns även en vetenskaplig publikation (Eriksson m.fl. 2017). Uppskattningar av antalet exponerade för trafikbuller i Sverige gjordes utifrån Naturvårdsverkets nationella miljöövervakning av buller och de bullerkartläggningar som gjorts enligt förordningen om omgivningsbuller. Exponering-responssamband beräknades för allmän störning, sömnstörning, hypertoni, hjärtinfarkt och stroke utifrån tillgänglig litteratur. DALY-beräkningar gjordes på liknande sätt som i ovan nämnda WHO-rapport från 2011. Totalt beräknades ca 41 000 DALYs årligen orsakas av exponering för trafikbuller, varav sömnstörning och allmän störning bidrog med 84 procent.

[DALY rapport 20170317 slutversion.pdf \(trafikverket.se\)](#)

WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018)

Förslaget om hälsobaserade riktvärden baserades på systematiska genomgångar av all tillgänglig litteratur rörande olika hälsoeffekter knutna till exponering för omgivningsbuller. De systematiska litteraturgenomgångarna utmynnade i beräkningar av exponering-respons samband för olika hälsoutfall och exponeringskällor samt en värdering av kvalitén i det vetenskapliga underlaget. Inga beräkningar gjordes av sjukdomsbördan knuten till bullerexponering.

https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf

Environmental noise in Europe – 2020 EEA Report No 22/2019

Rapport från European Environmental Agency (EEA) som redovisar uppdaterade beräkningar av andelen exponerade för trafikbuller och associerade hälsoeffekter i Europa. Exponeringsbedömningen baseras på END rapportering från medlemsländerna till och med 2017. Beräkningar av hälsopåverkan utgick ifrån WHO:s Guidelines (2018) och fokuserades på allmän störning, sömnstörning och ischemisk hjärtsjukdom samt på inlärningssvårigheter hos barn. Man beräknade att omgivningsbuller orsakar ca 1 miljon DALYs årligen i Europa och påpekade att detta är en underestimering eftersom WHO:s litteraturgenomgångar även påvisade negativa hälsoeffekter vid bullernivåer understigande de nivåer som rapporteras inom END.

[Environmental noise in Europe – 2020 — European Environment Agency \(europa.eu\)](https://www.eea.europa.eu/en/press/news/2020-09-01-environmental-noise-in-europe-2020)

European Noise Directive (END) 2002/367/EC

Bilaga III till Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49/EC om bedömning och hantering av omgivningsbuller, avseende fastställande av bedömningsmetoder för skadliga effekter av omgivningsbuller. Bilagan anger exponering-responsfunktioner för allmän störning och sömnstörning för samtliga trafikslag samt ischemisk hjärtsjukdom relaterat till vägtrafikbuller utifrån WHO:s Guidelines. Dessa rekommenderas att användas som underlag för hälsoriskbedömningar inom EU:s medlemsländer. Metodiken beskrivs närmare nedan under respektive hälsoeffekt.

[EUR-Lex - 32020L0367 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2002/367/oj)

Sömnstörningar från flygbuller i en svensk kontext, Naturvårdsverket (2021)

Syftet med rapporten var att bedöma i vilken utsträckning internationella data om flygbullerexponering och sömnstörning är relevanta för svenska förhållanden. Rapporten avser samband med såväl objektiva sömnparametrar, såsom uppvaknanden/sömnstadiieförändringar och motilitet, som självrapporterad sömnstörning. Resultaten sammanfattas översiktligt i nästa avsnitt.

[Sömnstörningar från flygbuller i en svensk kontext \(diva-portal.org\)](https://diva-portal.org/diva/handle/urn:nbn:se:diva-58442)

Eriksson m.fl. (2021) WHO Environmental Noise Guidelines i en svensk kontext

Uppdatering av exponering-responssamband för olika hälsoeffekter knutna till exponering för väg- och spårbullerbaser baserat på nytillkomna studier som inte ingick i underlaget för WHO:s Guidelines samt kvalitets- och relevansbedömning av evidens utifrån en svensk kontext. En sammanfattning av de viktigaste slutsatserna ges i nästa avsnitt.

[WHO Environmental Noise Guidelines i en svensk kontext \(naturvardsverket.se\)](https://naturvardsverket.se)

Avgränsningar avseende hälsoutfall och identifiering av aktuella exponering-responssamband

Beslut om vilka hälsoutfall som ska inkluderas i beräkningar av hälsopåverkan av trafikbuller bör baseras på aktuell vetenskaplig evidens om föreliggande orsakssamband. Likaså bör beräkningarna av hälsopåverkan baseras på aktuell och evidensbaserad kunskap om så kallade exponering-responssamband, dvs. kvantitativa samband mellan källspecifika bullernivåer (väg-, spår- och flygtrafik) och respektive hälsoutfall. I syfte att ge rekommendationer om såväl aktuella hälsoutfall som exponering-responssamband genomfördes en analys av kunskapsläget baserat på befintlig forskning. I huvudsak baseras bedömningen på WHO Environmental Noise Guidelines 2018 och underliggande kunskapssammanställningar och metaanalyser (WHO 2018), men även på en svensk rapport om hur WHO:s Guidelines ska tolkas i en svensk kontext (Eriksson m.fl. 2021) där även nytillkomna forskningsstudier har granskats (dvs. studier som publicerats efter 2015).

WHO:s granskning omfattade en rad olika hälsoutfall. För varje hälsoutfall har WHO bedömt kvaliteten på det vetenskapliga underlaget, dvs. evidensen, utifrån ett klassificeringssystem kallat GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations) (Morgan m.fl. 2016). Detta system består av fyra klasser: "High", "Moderate", "Low" och "Very low". I korthet kan man säga att ett starkt vetenskapligt underlag (GRADE "High") är så stabilt att det är liten risk för att ny forskning kommer att komma fram till nya slutsatser. Ett måttligt underlag ("Moderate") innebär att ny forskning troligtvis kommer att kunna förändra slutsatserna. Ett begränsat eller otillräckligt vetenskapligt underlag ("Low" och "Very Low") innebär att risken är hög för att nya studier kan förändra slutsatsen och att mer forskning behövs. Eftersom GRADE-systemet utvecklats för att bli en bedöma underlag baserat på randomiserade kliniska prövningar, vilka saknas då det gäller hälsorisker knutna till långtidsexponering för trafikbuller som uteslutande baseras på observationella epidemiologiska studier, användes en modifierad version av GRADE i WHO:s evidensbedömning. En rekommendation är att primärt beräkna hälsopåverkan utifrån de utfall som av WHO graderas ha en hög eller måttlig vetenskaplig evidens. Det är dock värt att beakta att den totala hälsopåverkan sannolikt är större än detta, och uppskattningen kan komma att öka när evidensen stärks för ytterligare hälsoutfall.

I Tabell 1 visas de kritiska hälsoeffekter där WHO bedömde att evidensen hade hög eller måttlig kvalitet. För flertalet utfall redovisades även kvantitativa samband, dvs hur mycket andelen störda respektive risken för ischemisk hjärtsjukdom ökar per exponeringsenhet. Då det gäller försenad läsförmåga och muntlig förståelse hos barn i relation till exponering för flygbuller angavs i stället den nivå av flygbuller då förseningen

beräknades uppgå till en månad. Härutöver bedömdes i WHO:s Guidelines ytterligare tre samband ha evidens av måttlig kvalitet: riskerna för stroke respektive typ 2 diabetes knutna till exponering för vägtrafikbuller samt midjemått relaterat till flygbullerexponering. För dessa utfall angavs dock inga kvantitativa samband på grund av att underlaget var alltför begränsat.

Tabell 1. Sammanställning av de kritiska hälsoeffekter som av WHO bedömts ha hög eller måttlig evidens kvalitet, uppdelat på respektive trafikslag (WHO 2018).

Hälsoutfall	Vägtrafik	Spårtrafik	Flygtrafik
Allmän störning	Måttlig	Måttlig	Måttlig
Sömnstörning	Måttlig	Måttlig	Måttlig
Ischemisk hjärtsjukdom	Hög	Inga data	Mycket låg
Försenad läsförmåga och muntlig förståelse hos barn	Mycket låg	Inga data	Måttlig

Exponering-responssamband för respektive utfall skattades utifrån meta-analyser som genomfördes i de kunskapsammansättningar som ligger till grund för WHO:s rekommendationer om riktvärden för respektive trafikslag. Se till exempel Guski m.fl. 2017 för samband vad gäller allmän störning, Basner och McGuire, 2018 för sömnstörning samt van Kempen m.fl. 2018 för hjärt-kärleffekter och metabol påverkan. Exponering-responssamband från dessa meta-analyser har även implementerats i Bilaga III till EU:s bullerdirektiv (END).

Vi har valt att basera strategin för bedömning av hälsopåverkan av trafikbuller på beräkning av antalet fall av olika typer av hälsoeffekter och inte på funktionsjusterade levnadsår (DALYs). Detta överensstämmer med Bilaga III till Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49/EC om bedömning och hantering av omgivningsbuller, som närmare beskrivits ovan. En nackdel är att det då är svårt att beräkna den totala hälsobördan orsakad av trafikbuller eftersom man inte enkelt kan lägga ihop påverkan på sömnstörning, allmän störning och hjärt-kärlsjukdom. För detta ändamål har WHO utvecklat begreppet DALY som även använts för beräkning av trafikbullers hälsopåverkan (WHO 2011, Eriksson m.fl. 2017). En osäkerhet i DALY-beräkningar betingas av att antaganden måste göras av funktionsnedsättning (disability) knuten till olika hälsoeffekter. Med kunskaper om antalet fall av olika typer av hälsoeffekter orsakade av exponering för trafikbuller, beräknade utifrån de metoder som redovisas i denna rapport, kan DALY-beräkningar göras.

Sambandens tillämpbarhet i en svensk kontext

I ett nyligen genomfört riskbedömningsuppdrag gjordes en analys av hur WHO:s slutsatser och rekommendationer om riktvärden för *väg- och tågbuller* ska tolkas och tillämpas i en svensk kontext (Eriksson m.fl. 2021). Härvid togs även hänsyn till nyttillkomna studier som inte ingick i WHO:s riskbedömning. Projektet genomfördes av Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet, på uppdrag av den nationella bullersamordningen. Slutsatserna från rapporten visar bland annat att:

- För allmän störning har en relativt stor andel av studierna genomförts i länder (främst i Asien och Alpområdet) där förutsättningarna kan skilja sig avsevärt jämfört med svenska förhållanden. Vid en jämförelse av WHO:s exponering-

respons samband med samband framtagna i ett svenskt populationsurval ses också vissa skillnader. Det är således motiverat att komplettera WHO:s exponering-responskurvor med svenska sambandsdata där lokala förutsättningar beaktas, t.ex. bostäders ljudisolering och trafiksituation. I synnerhet gäller det spårtrafik där andelen mycket störda förefaller vara betydligt lägre i Sverige än vad som kan skattas utifrån WHO:s funktion.

- De exponering-responskurvor som beräknades för sömnstörning i WHO:s Guidelines förefaller vara relevanta för Sverige, både avseende uppvaknanden/sömnstadietförändringar och självrapporterad sömnstörning.
- Vad gäller hjärt-kärleffekter så har ett flertal epidemiologiska studier påvisat samband mellan exponering för vägtrafikbuller och ischemisk hjärtsjukdom/hjärtinfarkt och sambanden bedöms vara relevanta även i en svensk kontext. Riskökningen per exponeringsenhet är dock sammanlagt lägre i nytillkomna studier än i de som redovisas i WHO:s Guidelines, vilket kan ha att göra med lägre exponeringsnivåer i nyare studier och att sambanden inte är linjära.
- Inget säkert stöd föreligger för samband mellan exponering för spårbuller och risk för ischemisk hjärtsjukdom/hjärtinfarkt, varken i underlaget för WHO:s Guidelines eller i nytillkomna studier. Antalet epidemiologiska studier är dock litet vilket gör tolkningen osäker.
- Sedan publiceringen av WHO:s Guidelines har underlaget stärkts rörande sambandet mellan exponering för vägtrafikbuller risken för stroke. Även om antalet publicerade studier är relativt litet förefaller det inte orimligt att även inkludera stroke i beräkningar av hälsopåverkan från vägtrafikbuller i Sverige. För spårtrafik saknas evidens för samband, dock föreligger endast få studier.
- För metabola utfall såsom övervikt och typ 2 diabetes har det vetenskapliga underlaget stärkts sedan WHO:s Guidelines men det är ändå alltför begränsat för att möjliggöra säkra slutsatser om orsakssamband och riskens storlek. För spårbuller saknas stöd för påverkan på risken för typ 2 diabetes och övervikt men antalet studier är mycket litet.

Forskningsresultat gällande flygbuller ingick inte i ovanstående granskning utan har bedömts separat. I korthet kan följande sammanfattas:

- För allmän störning har det inom ramen för det föreliggande uppdraget gjorts en motsvarande analys av WHO:s underlag och jämförelse med svenska data som för väg- och spårtrafik i Eriksson m.fl. 2021. Då majoriteten av studierna som ligger till grund för WHO:s exponering-responsfunktion genomförts runt europeiska flygplatser bedöms att sambanden är relevanta i en svensk kontext. Vid en jämförelse med ett svenskt populationsurval ses dock vissa skillnader vilket motiverar att nationella sambandsdata tas fram som underlag för hälsoriskbedömningar.
- Underlaget avseende sömnstörningar från flygbuller i en svensk kontext har granskats i en rapport från Naturvårdsverket (2021). Rapporten visar att sambanden avseende självrapporterad sömnstörning baseras på studier från

länder i Asien (Vietnam, Kina) där risken är hög att förutsättningarna avseende bland annat ljudisolering och trafiksituation skiljer sig åt från svenska förhållanden. Detta kan innebära att riskerna för sömnstörning överskattas i jämförelse med en svensk population, dock talade resultaten från en europeisk (tysk) undersökning emot detta.

- För hjärt-kärlsjukdom och övriga sjukdomar har en granskning gjorts inom ramen för det föreliggande uppdraget. Den baseras på epidemiologiska studier som publicerats till 2021, med en fokusering på data från Europa.

Rekommendationer avseende exponeringsdata

Indata för beräkning av hälsopåverkan av trafikbuller bör baseras på aktuella uppgifter om antalet personer som exponeras för olika källspecifika ljudnivåer utomhus vid bostädernas fasad. Det är önskvärt att eftersträva så korrekta bedömningar som möjligt samt att beräkningarna bygger på en metodik som är standardiserad och reproducerbar. En rekommendation är att kartläggningarna görs minst vart femte år, så att de kan ta hänsyn till större förändringar av infrastruktur och befolkningsunderlag så att utvecklingen över tid kan följas väl.

En detaljerad analys av tillgängliga beräkningsmetoder inklusive deras för- och nackdelar i termer av tillgång till indata, beräkningseffektivitet och noggrannhet presenteras i en rapport som utarbetats parallellt med denna (Ögren m.fl. 2022). Nedan följer en kort sammanfattning av generella rekommendationer avseende önskad kvalitet på beräkningsmetoden och indata till exponeringsberäkningarna:

- Beräkningsmetoden bör vara öppet tillgänglig och så långt möjligt följa nationella och EU-rekommendationer kring beräkningsmetodik och insamling av data. Lämpliga metoder för svenska förhållanden är Nord2000 och Cnossos-EU. Den som utför beräkningarna bör ha erforderlig utbildning och erfarenhet, och använd programvara bör vara certifierad enligt gällande ISO-standard (SS-ISO 17534-1:2015).
- Beräknade bullerindikatorer bör i första hand vara L_{den} och L_{night} eftersom dessa används i de flesta hälsostudier internationellt, vilket betyder att större delen av det publicerade underlaget för hälsoberäkningar baseras på dessa indikatorer. De svenska indikatorerna $L_{Aeq,24h}$ och L_{max} kan inte på ett enkelt sätt omvandlas till de internationellt använda för alla trafikslag. Detta gäller framför allt den maximala ljudnivån.
- Heltäckande trafikdata behövs som underlag för beräkningarna. Det finns tillgängligt för flygtrafik och för statliga järnvägar och vägar. För spårtrafik är antalet andra banhållare än statliga litet varför trafikdata på deras banor (spårväg och tunnelbana) bör inhämtas via direkt kontakt med dessa. För vägtrafik är utmaningen vägar där kommunen är väghållare, i första hand bör trafikdata inhämtas genom en samordnad insats i alla kommuner, i andra hand kan modellerade trafikflöden eller schabloner användas förutsatt att samma metodik används i hela landet.
- Grunddata för byggnader, terräng och infrastruktur finns tillgängligt från Lantmäteriet. Stora delar av underlaget är fritt tillgängligt via EU-direktivet Inspire och arbete med att ytterligare förbättra tillgängligheten för alla aktörer inom samhällsplanering pågår.
- Befolkningsdata är delvis skyddat eftersom det innehåller personuppgifter. För offentliga aktörer går det bra att använda rådata, men det ställer krav på hur data hanteras under arbetet och i mindre utsträckning på hur resultaten presenteras. I första hand bör fullständiga bullerberäkningar göras utifrån folkbokföringsadresser (geografiska koordinater) för hela populationen, i andra hand kan populationsdata i raster användas, exempelvis med upplösning om 100 m x 100 m.

- En viktig parameter att inkludera är bostadens höjd över marken. Denna kan fås för de flesta flerbostadshus via Lantmäteriets lägenhetsregister där våningsplan kan utläsas indirekt via lägenhetens ID-nummer. Informationen finns tillgänglig från 2011 och framåt. Alternativt kan uppgifter om byggnadens höjd användas från Lantmäteriets fastighetsregister.
- Omfattningen av de exponeringsintervall som används bör följa aktuella exponering-responssamband. I nuläget beräknas hälsopåverkan som regel inte för bullernivåer understigande 40 dB L_{den} , bl.a. på grund av att beräkningsmodellerna generellt har sämre noggrannhet och hälsoeffekterna beräknas vara små under denna nivå.
- Noggrannheten i exponeringsdata bör minst uppgå till exponeringsintervaller om 5 dB, men beräkningar per 1 dB är att föredra.

I framtiden kommer forskningsunderlaget för beräkningar av hälsoeffekter troligtvis förbättras så att man kan ta hänsyn till andra faktorer. Exempel på detta är uppgifter om bostädernas ljudisolering eller ljudklass samt tillgång till tyst sida. Många bostäder, både villor och flerbostadshus, i bullerutsatta områden har dessutom fått subventioner för att förbättra ljudreduktionen. Det vore värdefullt att få med denna information i de nationella kartläggningarna så att man kan följa hur många bostäder som är åtgärdade, hur dessa fördelas vid olika exponeringsnivåer och hur situationen förändras över tid. Åtminstone bör detta register innehålla information om vilka bostäder som är åtgärdade och vad som gjordes samt vilket år det skedde.

Rekommenderade metoder för beräkning av hälsopåverkan

I det föreliggande avsnittet beskrivs de metoder som rekommenderas för beräkning av hälsopåverkan av trafikbuller, dvs. väg-, spår- och flygtrafik, för olika utfall.

Rekommendationerna baseras på den granskning som gjorts utifrån de centrala kunskapsdokumenten som finns beskrivna i metodavsnittet. De metoder och exponering-responssamband som rekommenderas hämtas dels från Bilaga III till EU:s bullerdirektiv (2002/49/EG), vilka baseras på slutsatser från WHO:s Environmental Noise Guidelines (WHO 2018), dels på skattningar som baseras på svenska data, detta med stöd ifrån slutsatser i rapporten WHO:s Environmental Noise Guidelines i en svensk kontext (Eriksson m.fl. 2021), samt på nytillkomna skandinaviska data (Roswall m.fl. 2021).

Primärt rekommenderas beräkningar av antalet fall för respektive utfall. Vid behov kan antalet fall användas som underlag vid beräkning av sjukdomsördan i befolkningen, till exempel antal Disability Adjusted Life Years (DALY), dvs. funktionsjusterade levnadsår, eller liknande mått utifrån dokumenterade metoder med vedertagna sjukdomsvikter och varaktigheter (WHO 2011, Eriksson m.fl. 2017).

Allmän störning

För beräkningar av hälsopåverkan i form av allmän störning rekommenderas effektmåttet *antal fall av mycket störda* av buller från väg-, spår- respektive flygtrafik. En indikation på antalet fall av mycket störda kan fås utifrån de nationella miljöhälsoenkäterna där en fråga avser bullerstörning från trafik (väg-, spår- och flygtrafik). Exempelvis var andelen mycket störda av något av trafikslagen i Miljöhälsoenkät 2015 8,0 procent, vilket motsvarar 568 000 fall baserat på en målbefolkning på 7,1 miljoner i åldrarna 18–84 år (Folkhälsomyndigheten 2017).

Mer detaljerade beräkningar av antalet fall av mycket störda av trafikbuller kan göras utifrån källspecifik information om antal exponerade personer i olika bullerintervall i kombination med aktuella exponering-responsfunktioner mellan trafikbuller och andel mycket störda (eng. "Highly Annoyed", %HA). De funktioner som i Bilaga III till EU:s bullerdirektiv rekommenderas att användas för hälsoriskbedömningar inom EU:s medlemsländer togs fram av Guski m.fl. (2017) som underlag till WHO:s Environmental Noise Guidelines 2018. För skattningar av antalet mycket störda av trafikbuller i Sveriges befolkning kan dock alternativa beräkningar med fördel göras utifrån exponering-responssamband framtagna i svenska populationsurval. Här kan de nationella miljöhälsoenkäterna utgöra ett viktigt underlag, under förutsättning att de omfattar tillräckligt många individer och är regelbundet återkommande.

Vägtrafik

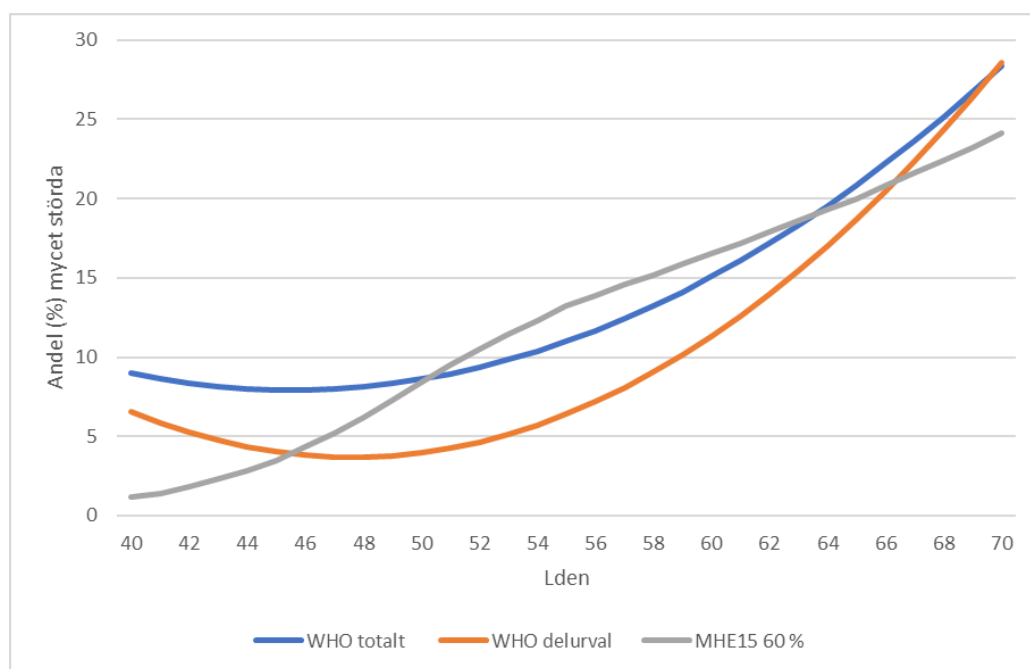
Den av WHO och EU rekommenderade exponering-responsfunktionen för vägtrafik och allmän störning baseras på en meta-analys av 25 olika undersökningar genomförda i ett flertal olika europeiska och asiatiska länder (Guski m.fl. 2017), se funktion (1) nedan. Baserat på denna funktion nås WHO:s "kritiska effekt" om 10 procent mycket störda vid en ljudnivå på cirka 53 dB L_{den} , motsvarande ca 50 dB $L_{Aeq,24h}$ (Jonasson 2005) (Figur 1).

(1) WHO:s/EU:s funktion för beräkning av andel mycket störda av vägtrafik:

$$\%HA = 78.9270 - 3.1162 \cdot L_{den} + 0.0342 \cdot L_{den}^2$$

Funktionen har visat sig stämma relativt väl överens med störningsrapportering baserat på svenska data från MHE 15 för Stockholms län där information från 8 712 individer med bullernivåer mellan 40 och 70 dB L_{den} utomhus vid bostadens fasad har analyserats (Eriksson m.fl. 2021). Utifrån dessa data beräknades att 10 procent mycket störda nåddes vid cirka 52 dB L_{den} , motsvarande ca 49 dB $L_{Aeq,24h}$ (Figur 1). Andelen mycket störda definierades i MHE15 som de två högsta alternativen på en femgradig verbal skala, dvs. de som rapporterade sig vara mycket eller väldigt mycket störda av buller (cut-off vid 60 procent). Vissa skillnader förekommer dock mellan WHO:s funktion och de svenska sambanden, till exempel vid ljudnivåer under 50 dB L_{den} där WHO:s funktion tenderar att överskatta andelen mycket störda i det svenska urvalet. En alternativ skattning av andel mycket störda av vägtrafikbuller kan således fås utifrån dessa data (Figur 1 och Tabell 2).

WHO presenterar även en alternativ funktion där resultat från studier genomförda i Asiatiska länder och i Alpområdet exkluderats, motiverat av att förutsättningarna avseende framför allt trafiksituation och topografi skiljer sig mycket åt i dessa länder gentemot övriga Europa. Andelen mycket störda baserat på denna funktion är dock betydligt lägre än vad som skattats i det svenska populationsurvalet (Figur 1).



Figur 1. Andel (%) mycket störda av vägtrafikbuller i befolkningen beräknat utifrån WHO:s funktioner samt baserat på Miljöhälsoenkät 2015 för Stockholms län (MHE15) där andel mycket störda definierats som de två högsta svarsalternativen på en femgradig verbal skala (mycket eller väldigt mycket störds av buller), motsvarande en cut-off vid 60 procent.

I Tabell 2 presenteras andel mycket störda av vägtrafikbuller i befolkningen beräknat utifrån WHO:s funktion samt baserat på Miljöhälsoenkät 2015 för Stockholms län

(MHE15) i exponeringsintervall om 5 dB L_{den} . Andelen störda har här beräknats utifrån mittenvärdet för respektive exponeringsintervall. För ljudnivåer under 40 dB L_{den} antas andelen mycket störda vara noll.

Tabell 2. Andel (%) mycket störda av vägtrafikbuller i befolkningen beräknat utifrån den av WHO och EU rekommenderade exponering-responsfunktionen samt baserat på Miljöhälsoenkät 2015 för Stockholms län (MHE15) för olika exponeringsintervall (L_{den}).

Exponeringsintervall (L_{den})	Andel mycket störda enligt WHO/EU ¹	Andel mycket störda enligt MHE15 ^{1, 2}
<40	-	-
40–44	8,3	1,9
45–49	8,1	5,3
50–54	9,6	10,4
55–59	12,8	14,6
60–64	17,8	17,9
65–69	24,4	21,6
≥70	32,8	24,1

¹ Beräknat utifrån mittenvärdet i respektive exponeringsintervall. ² Baserat på de två högsta svarsalternativen på en femgradig verbal skala (mycket eller väldigt mycket störds av buller), motsvarande en cut-off vid 60 procent.

Sammanfattningsvis anser vi att det för nationella beräkningar av antalet mycket störda av vägtrafikbuller är motiverat att utgå ifrån samband framtagna i ett svenskt populationsurval, exempelvis de nationella miljöhälsoenkäterna.

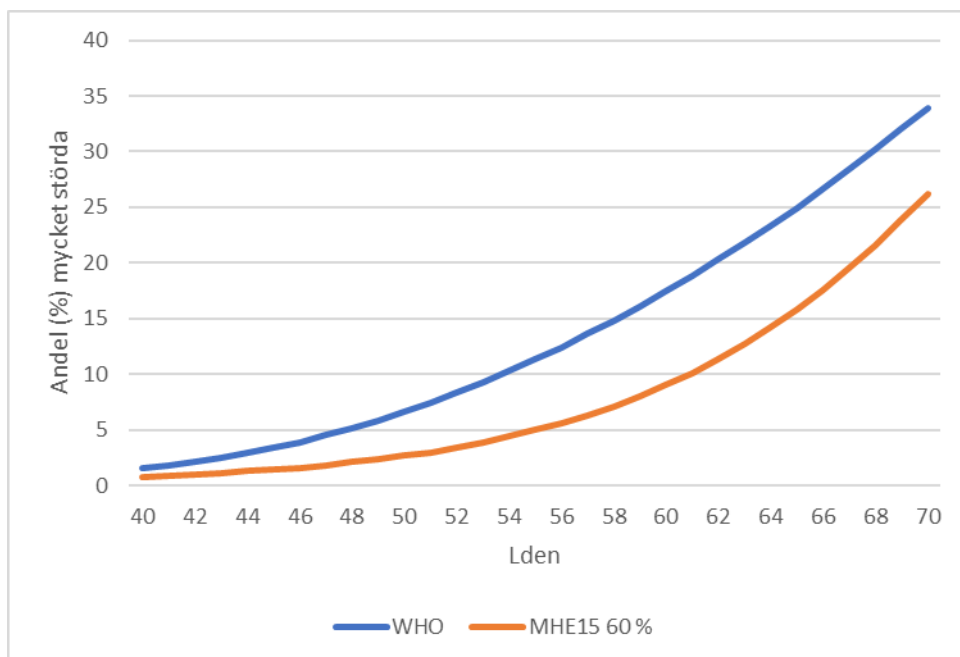
Spårtrafik

Den av WHO och EU rekommenderade exponering-responsfunktionen för spårtrafik och allmän störning baseras på en meta-analys av 9 olika undersökningar genomförda i olika europeiska och asiatiska länder (Guski m.fl. 2017), se funktion (2) nedan. Baserat på denna funktion nås WHO:s ”kritiska effekt” om 10 procent mycket störda vid cirka 54 dB L_{den} (Figur 2).

(2) WHO:s/EU:s funktion för beräkning av andel mycket störda av spårtrafik:

$$\%HA = 38.1596 - 2.05538 \cdot L_{den} + 0.0285 \cdot L_{den}^2$$

Funktionen har dock visat sig överskatta andelen mycket störda av spårtrafikbuller för svenska förhållanden. Baserat på data från MHE 15 Stockholms län, där information från 3 413 individer med bullernivåer mellan 40 och 70 dB L_{den} utomhus vid bostadens fasad har analyserats, beräknades 10 procent mycket störda uppnås vid cirka 61 dB L_{den} (Eriksson m.fl. 2021). En alternativ skattning av andel mycket störda av spårbuller kan således fås utifrån dessa data (Figur 2 och Tabell 3).



Figur 2. Andel (%) mycket störda av spårtrafikbuller i befolkningen beräknat utifrån WHO:s funktion samt baserat på Miljöhälsoenkät 2015, Stockholms län (MHE15) där andel mycket störda definierats som de två högsta svarsalternativen på en femgradig verbal skala (mycket eller väldigt mycket störds av buller), motsvarande cut-off vid 60 procent.

I Tabell 3 presenteras andel mycket störda av spårbuller i befolkningen beräknat utifrån WHO:s funktion samt baserat på Miljöhälsoenkät 2015 för Stockholms län (MHE15) i exponeringsintervall om 5 dB L_{den} . Andelen störda har här beräknats utifrån mittenvärdet för respektive exponeringsintervall. För ljudnivåer under 40 dB L_{den} antas andelen mycket störda vara noll.

Tabell 3. Andel (%) mycket störda av spårbuller i befolkningen beräknat utifrån WHO:s funktion samt baserat på Miljöhälsoenkät 2015 för Stockholms län (MHE15) för olika exponeringsintervall (L_{den}).

Exponeringsintervall (L_{den})	Andel mycket störda enligt WHO/EU ¹	Andel mycket störda enligt MHE15 ^{1, 2}
<40	-	-
40–44	2,3	1,0
45–49	4,8	1,9
50–54	8,8	3,5
55–59	14,2	6,4
60–64	21,0	11,5
65–69	29,3	19,7
≥70	38,9	26,2

¹ Beräknat utifrån mittenvärdet i respektive exponeringsintervall. ² Baserat på de två högsta svarsalternativen på en femgradig verbal skala (mycket eller väldigt mycket störds av buller), motsvarande cut-off vid 60 procent.

För nationella beräkningar av antalet fall av mycket störda av spårtrafikbuller är det således starkt motiverat att utgå ifrån samband framtagna i ett svenskt populationsurval, exempelvis från de nationella miljöhälsoenkäterna.

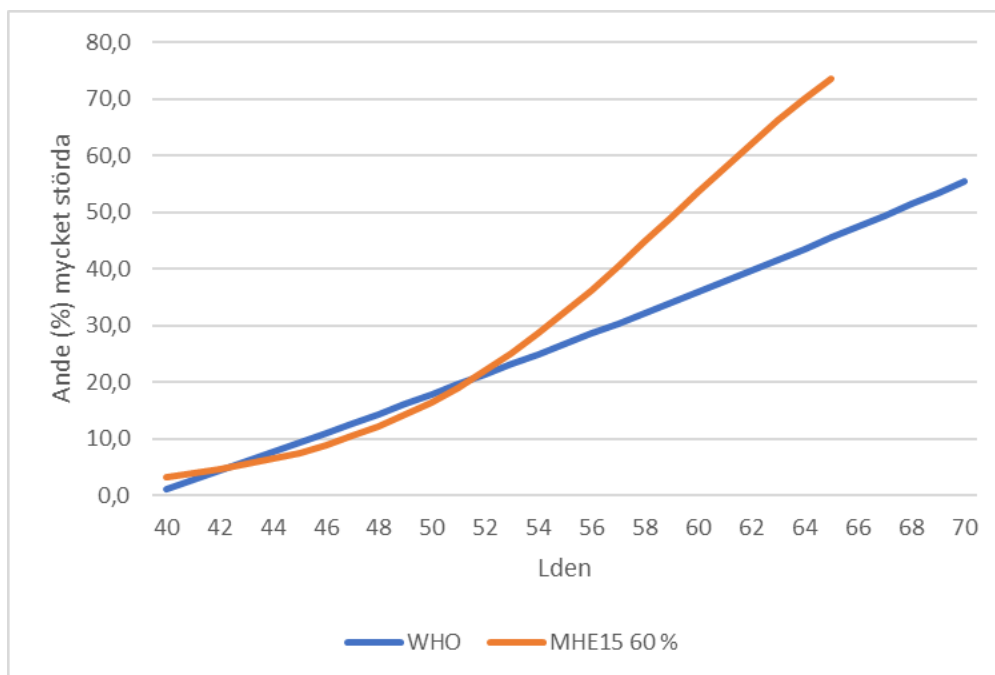
Flygtrafik

För flygtrafik baseras WHO:s exponering-responsfunktion på 12 studier genomförda i olika europeiska och asiatiska länder, se funktion (3) nedan. Utifrån denna funktion nås WHO:s kritiska effekt om 10 procent mycket störda vid ca 45 dB L_{den} (Figur 3).

(3) WHO:s/EU:s funktion för beräkning av andel mycket störda av flygtrafik:

$$\%HA = -50.9693 + 1.0168 \cdot L_{den} + 0.0072 \cdot L_{den}^2$$

Funktionen har visat sig stämma relativt väl överens med skattningar från MHE15 för Stockholms län som baseras på data från 1 233 individer med bullernivåer mellan 45 och 65 dB FBN utomhus vid bostadens fasad, där 10 procent mycket störda nås vid knappt 47 dB FBN (Eriksson m.fl. 2020). Vid ljudnivåer från ca 53 dB L_{den} /FBN tenderar dock WHO:s funktion att underskatta andelen mycket störda i det svenska urvalet. En alternativ skattning av andel mycket störda av flygbuller kan således fås utifrån dessa data (Figur 3 och Tabell 4). Skattningar av antalet mycket störda under 45 dB FBN har extrapolerats utifrån observerade data.



Figur 3. Andel mycket störda av flygbuller i befolkningen beräknat utifrån WHO:s funktion samt modellerat utifrån data från Miljöhälsoenkät 2015 för Stockholms län (MHE15) där andel mycket störda definierats som de två högsta svarsalternativen på en femgradig verbal skala (mycket eller väldigt mycket störds av buller), motsvarande cut-off vid 60 procent.

I Tabell 4 presenteras andel mycket störda av flygbuller i befolkningen beräknat utifrån WHO:s funktion samt baserat på Miljöhälsoenkät 2015 för Stockholms län (MHE15) i olika exponeringsintervall (L_{den}). Andelen störda har här beräknats utifrån mittvärdet för respektive exponeringsintervall. För ljudnivåer under 40 dB L_{den} antas andelen mycket störda vara noll.

Tabell 4. Andel (%) mycket störda av flygbuller i befolkningen beräknat utifrån WHO:s funktion samt baserat på Miljöhälsoenkät 2015 för Stockholms län (MHE15) i olika exponeringsintervall (L_{den}).

Exponeringsintervall (L_{den})	Andel mycket störda enligt WHO/EU ¹	Andel mycket störda enligt MHE15 ^{1, 2}
<40	-	-
40–44	5,2	4,8 ³
45–49	13,6	10,7
50–54	22,3	22,3
55–59	31,3	40,6
60–64	40,7	62,0
65–69	50,5	73,6
≥70	60,6	-

¹ Beräknat utifrån mittenvärdet i respektive exponeringsintervall. ² Baserat på de två högsta svarsalternativen på en femgradig verbal skala (mycket eller väldigt mycket störds av buller), motsvarande cut-off vid 60 procent. ³ Extrapolerat från observerade data.

Sammanfattningsvis anser vi att det för nationella beräkningar av andelen mycket störda av flygbuller är motiverat att utgå ifrån samband framtagna i ett svenskt populationsurval, exempelvis de nationella miljöhälsoenkäterna.

Exempel på tabell för redovisning av antal fall av mycket störda

Antalet mycket störda beräknas genom att multiplicera antalet personer som exponeras för buller från respektive bullerkälla i olika exponeringsintervall med beräknad andel mycket störda (dividerat med 100) baserat på aktuella exponering-respons samband (Tabell 5). Totalt antal mycket störda av buller fås genom summering av antal mycket störda i respektive exponeringsintervall.

Tabell 5. Exempeltabell för beräkning av antal fall av mycket störda baserat på uppgifter om antal exponerade och andel mycket störda.

Exponeringsintervall (L_{den})	Antal exponerade ¹	Andel mycket störda ¹	Antal mycket störda
<40	-	-	-
40–44	x	y	$(x*y)/100$
45–49	x	y	$(x*y)/100$
50–54	x	y	$(x*y)/100$
55–59	x	y	$(x*y)/100$
60–64	x	y	$(x*y)/100$
65–69	x	y	$(x*y)/100$
≥70	x	y	$(x*y)/100$
Totalt			$\Sigma(x*y)/100$

¹ Källspecifika data.

Sömnstörning

För beräkningar av hälsopåverkan i form av sömnstörning rekommenderas effektmåttet *antal fall av mycket sömnstörda* av buller från väg-, spår- respektive flygtrafik. En indikation på antalet fall av mycket sömnstörda kan fås utifrån de nationella miljöhälsoenkäterna där en fråga avser sömnstörning från trafikbuller (väg-, spår- eller flygtrafik). Andelen mycket sömnstörda av trafikbuller var i Miljöhälsoenkät 2015 2,3 procent, vilket motsvarar 163 300 fall baserat på en målbefolkning på 7,1 miljoner i åldrarna 18–84 år (Folkhälsomyndigheten 2017).

Mer detaljerade beräkningar av antalet fall av mycket sömnstörda av trafikbuller kan skattas utifrån källspecifik information om antal exponerade personer i olika bullerintervall i kombination med de exponering-responsfunktioner mellan trafikbuller och andel mycket störda (eng. "Highly Sleep Disturbed", %HSD) som togs fram av Basner och McGuire (2018) som utgör underlag till WHO:s Environmental Noise Guidelines 2018. Funktionerna rekommenderas även i EU:s bullerdirektiv (2002/49/EG, Bilaga III) att användas för hälsoriskbedömningar inom EU:s medlemsländer. Alternativa beräkningar kan också göras baserat på de nationella miljöhälsoenkäterna, under förutsättning att de omfattar tillräckligt många individer, är regelbundet återkommande samt att sömnstörning kan skattas källspecifikt (något som inte varit fallet hittills).

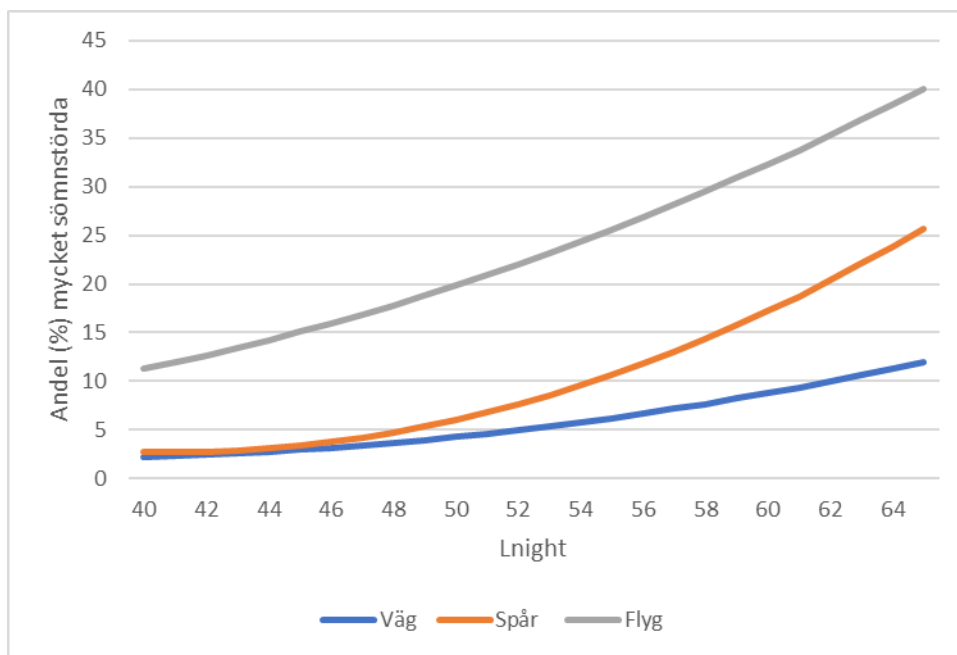
Vägtrafik

Den av WHO och EU rekommenderade exponering-responsfunktionen för vägtrafik och sömnstörning baseras på en meta-analys av 12 olika undersökningar genomförda i ett flertal olika europeiska och asiatiska länder (Basner och McGuire 2018). Funktionerna bygger på enkätstudier där frågor om sömnstörning (uppvaknanden, svårt att somna och allmän sömnstörning) relateras till bullerkällan. WHO:s skattningar av sambandet mellan vägtrafikbuller och andel mycket sömnstörda har bedömts vara relevant även i en svensk kontext (Eriksson m.fl. 2021).

(4) WHO:s/EU:s funktion för beräkning av andel mycket sömnstörda av vägtrafik:

$$\%HSD = 19.4312 - 0.9336 \cdot L_{night} + 0.0126 \cdot L_{night}^2$$

I Figur 4 presenteras beräknat antal mycket sömnstörda utifrån de av WHO och EU rekommenderade exponering-responskurvorna för väg-, spår- respektive flygbuller kopplat till ljudnivån nattetid utomhus vid bostäders fasad (L_{night}).



Figur 4. Andel (%) mycket sömnstörda av väg-, spår- respektive flygbuller i befolkningen vid olika ljudnivåer (L_{night}) beräknat utifrån den av WHO och EU rekommenderade exponering-responsfunktionen.

Andel mycket sömnstörda av buller från vägtrafik för olika exponeringsintervall beräknat från WHO:s funktion presenteras i Tabell 5. Andelen sömnstörda har här beräknats utifrån mittvärdet för respektive kategori. För ljudnivåer under 40 dB L_{night} antas andelen mycket sömnstörda vara noll.

Tabell 6. Andel (%) mycket sömnstörda av vägtrafikbuller i befolkningen i olika exponeringsintervall beräknat utifrån WHO:s funktion.

Exponeringsintervall (L_{night}) ¹	Andel mycket sömnstörda enligt WHO/EU ¹
<40	-
40–44	2,5
45–49	3,5
50–54	5,1
55–59	7,4
60–64	10,3
≥65	13,8

¹ Beräknat utifrån mittvärdet i respektive exponeringsintervall.

Spårtrafik

För spårtrafikbuller baseras den rekommenderade exponering-responsfunktionen för sömnstörningar på en meta-analys av fem olika undersökningar genomförda i Europa och Asien (Basner och McGuire 2018), se Figur 4. WHO:s skattningar av sambandet mellan spårbuller och andel mycket sömnstörda har bedömts vara relevant även ur en svensk kontext (Eriksson m.fl. 2021).

(5) WHO:s/EU:s funktion för beräkning av andel mycket sömnstörda av spårtrafik:

$$\%HSD = 67.5406 - 3.1852 \cdot L_{night} + 0.0391 \cdot L_{night}^2$$

I tabell 6 presenteras andel mycket sömnstörda av buller från spårtrafik för olika exponeringsintervall beräknat från WHO:s funktion. Andelen sömnstörda har här beräknats utifrån mittenvärdet för respektive kategori. För ljudnivåer under 40 dB L_{night} antas andelen mycket sömnstörda vara noll.

Tabell 7. Andel (%) mycket sömnstörda av spårtrafikbuller i befolkningen i olika exponeringsintervall beräknat utifrån WHO:s funktion.

Exponeringsintervall (L_{night})	Andel mycket sömnstörda enligt WHO/EU ¹
<40	-
40–44	2,8
45–49	4,5
50–54	8,1
55–59	13,7
60–64	21,2
≥65	30,7

¹ Beräknat utifrån mittenvärdet i respektive exponeringsintervall.

Flygtrafik

För flygbuller baseras den rekommenderade exponering-responsfunktionen för sömnstörningar på en meta-analys av sex olika undersökningar genomförda i Asien och Tyskland (Basner och McGuire 2018), se figur 4. I en analys av sambanden mellan flygbuller och sömnstörning i en svensk kontext belystes att det finns en risk att funktionen överskattar sambandet i en svensk population då förhållandena i de underliggande studierna, t.ex. avseende trafiksituation och ljudisolering i bostadsbeståndet, ansågs skilja mycket från svenska förutsättningar. Detta motsades dock av resultaten från den tyska studien som inte visade en lägre störningsgrad än i de asiatiska studierna, trots mer liknande förhållanden som i Sverige. Funktionen har därför bedömts vara relevant även ur en svensk kontext (Naturvårdsverket 2021).

(6) WHO:s/EU:s funktion för beräkning av andel mycket sömnstörda av flygtrafik:

$$\%HSD = 16.7885 - 0.9293 \cdot L_{night} + 0.0198 \cdot L_{night}^2$$

I tabell 7 presenteras andel mycket sömnstörda av buller från flygtrafik för olika exponeringsintervall beräknat från WHO:s funktion. Andelen sömnstörda har beräknats utifrån mittenvärdet för respektive kategori. För ljudnivåer under 40 dB L_{night} antas andelen mycket sömnstörda vara noll. Detta innebär dock sannolikt en underskattning av andelen allvarligt sömnstörda då andelen är relativt hög redan vid 40 dB L_{night} (11 procent).

Tabell 7. Andel (%) mycket sömnstörda av flygbuller i befolkningen i olika exponeringsintervall beräknat utifrån WHO:s funktion.

Exponeringsintervall (L _{night}) ¹	Andel mycket sömnstörda enligt WHO/EU ¹
<40	-
40–44	13,1
45–49	17,3
50–54	22,6
55–59	28,8
60–64	36,1
≥65	44,3

¹ Beräknat utifrån mittvärdet i respektive exponeringsintervall.

Sammanfattningsvis anser vi det motiverat att för nationella beräkningar av antalet mycket sömnstörda i befolkningen utgå ifrån de av WHO och EU rekommenderade exponering-responsfunktionerna, för samtliga tre trafikslag.

Exempel på tabell för redovisning av antal fall av mycket sömnstörda

Antalet mycket sömnstörda beräknas genom att multiplicera antalet personer som exponeras för buller från respektive bullerkälla i olika exponeringsintervall med beräknad andel mycket sömnstörda (dividerat med 100) baserat på WHO:s funktioner (Tabell 8). Totalt antal mycket sömnstörda av buller fås genom summering av antal mycket sömnstörda i respektive exponeringsintervall.

Tabell 8. Exempeltabell för beräkning av antal fall av mycket sömnstörda baserat på uppgifter om antal exponerade och andel mycket störda.

Exponeringsintervall (L _{night})	Antal exponerade ¹	Andel mycket sömnstörda ¹	Antal mycket sömnstörda
<40	-	-	-
40–44	x	y	(x*y)/100
45–49	x	y	(x*y)/100
50–54	x	y	(x*y)/100
55–59	x	y	(x*y)/100
60–64	x	y	(x*y)/100
65–69	x	y	(x*y)/100
≥70	x	y	(x*y)/100
Totalt			Σ(x*y)/100

¹ Källspecifika data.

Hjärt-kärlsjukdom

Vägtrafik

Ischemisk hjärsjukdom

I detta avsnitt, liksom för övriga hjärt-kärlsjukdomar och metabola utfall, fokuseras på longitudinella studier avseende incidens där samband studeras mellan trafikbullerexponering och risken för insjuknande. Studier av mortalitet har lägre relevans eftersom sambanden är beroende både av risken att insjukna och av risken att avlida hos redan insjuknade. Tvärsnittsstudier behandlas enbart vid bedömning av underlaget rörande försenad läsförmåga och muntlig förståelse hos barn. Eftersom det tidsmässiga förloppet mellan exponering och insjuknande är oklart i denna studiedesign, försvåras tolkningen av orsakssamband.

Det enda epidemiologiska underlag rörande hjärt-kärleffekter som av WHO bedömdes ha hög kvalitet gällde sambandet mellan vägtrafikbuller och incidens av ischemisk hjärtsjukdom (IHD). Totalt sju longitudinella studier från Europa ingick i underlaget, varav en från Sverige och resten från Danmark, Storbritannien och Tyskland. De sju studierna baserades i regel i storstäder som Berlin, Köpenhamn/Århus och Stockholm. Detta medförde att meta-analysen i WHO:s riskbedömning kom att inriktas på relativt höga exponeringsnivåer. Det vägda medelvärdet för vägtrafikbullernivån i referenskategori i studierna var 53 dB L_{den} och sambandet överstigande denna nivå föreföll linjärt med en överrisk på 8 procent per 10 dB L_{den} i fasadbullernivå. En osäkerhet i underlaget gäller i vilken utsträckning vägtrafikbullerexponering kan knytas till olika typer av ischemisk hjärtsjukdom. Vanliga typer är bland annat hjärtinfarkt och angina pectoris. Huvuddelen av studierna i WHO:s underlag baserades på hjärtinfarkt och det är osäkert i vilken utsträckning sambanden gäller även för andra typer av IHD.

Ett flertal studier om IHD/hjärtinfarkt som publicerats efter WHO:s meta-analys har kommit från Sverige, främst baserade i Stockholms län, Skåne och Göteborgsområdet (Eriksson m.fl. 2021). Dessutom har ett par studier från Danmark publicerats. Således finns ytterligare underlag av väsentlig betydelse för riskbedömningen avseende svenska förhållanden. De nordiska studierna är genomgående av hög kvalitet. Två ytterligare studier baserades i Storbritannien/Norge samt i Grekland. Vissa av de nytillkomna studierna visar på samband mellan beräknad exponering för vägtrafikbuller och risken för IHD/hjärtinfarkt men bilden är inte entydig.

En ny meta-analys har genomförts rörande vägtrafikbuller och IHD/hjärtinfarkt där både studierna ingående i WHO:s riskbedömning och nytillkomna studier ingår (Eriksson m.fl. 2021). I denna analys ingick inte så kallade administrativa studier som helt baseras på registerdata där information om livsstilsfaktorer saknas. Den sammanvägda relativa risken för IHD/hjärtinfarkt knuten till vägbullerexponering var 1,02 (95 % KI 0,98–1,06) per 10 dB L_{den} . Även om riskestimaten varierade mellan de olika studierna förelåg ingen säker heterogenitet vid statistisk testning. Det gavs dock ett visst stöd för att riskökningen berodde av exponeringsfördelningen i studiepopulationen, där en större riskökning per exponeringsenhet antydde vid högre exponeringsnivåer.

Det riskestimat som beräknades med tillägg av de nytillkomna studierna förefaller lägre än det som redovisades i WHO:s Guidelines. Orsakerna till detta är oklara men kan ha att göra med lägre exponeringsnivåer i de nyare studierna. Ett par av de nytillkomna

studierna antydde även en "tröskeleffekt" i sambandet mellan vägtrafikbuller och IHD (Andersson m.fl. 2020) respektive hjärtinfarkt (Lim m.fl. 2021), vilket skulle kunna medföra svårigheter att detektera överrisker i populationer med få högexponerade.

Resultaten från tre administrativa studier rörande vägtrafikbuller och hjärtinfarkt visade ett sammanvägt riskestimat på 1,03 (95 % KI 0,98–1,08) per 10 dB L_{den} . Riskestimaten i de tre studierna var heterogena, trots små kvantitativa skillnader, beroende på en hög statistisk teststyrka relaterad till stora undersökningsstorlekar.

I Bilaga III till EU:s bullerdirektiv angavs att den kvantitativa riskbedömningen avseende vägtrafikbuller och IHD ska baseras på WHO:s meta-analys, det vill säga en relativ riskökning på 8 procent per 10 dB L_{den} vid nivåer överstigande 53 dB L_{den} . Det uttrycks sålunda i bullerdirektivet:

$$RR = e^{\ln(1,08) \cdot 0,1 \cdot (L_{den} - 53)}$$

där

- RR är den relativa risken för IHD vid vägbullernivåer > 53 dB L_{den} . Vid nivåer ≤ 53 dB L_{den} är $RR = 1$.

Andel fall av IHD som uppkommer i en population exponerad för vägtrafikbuller beräknas enligt följande:

$$PAF = \frac{\sum_j (RR_j - 1) p_j}{\sum_j (RR_j - 1) p_j + 1}$$

där

- PAF (*population attributable fraction*) är den beräknade riskandelen för hela populationen.
- Rapporteringsintervallen j består av enskilda intervall med en bandbredd på maximalt 5 dB (t.ex. 50–51 dB, 51–52 dB, 52–53 dB etc., eller 50–54 dB, 55–59 dB, 60–64 dB etc.).
- p_j är den andel av hela populationen P i det bedömda området som exponeras för bandintervall j , som förknippas med en specifik RR för IHD enligt ovan, utgående från det mittersta värdet för varje enskilt bandintervall (t.ex. beroende på tillgången på data, vid 50,5 dB för det bullerbandintervall som definieras mellan 50–51 dB, eller 52 dB för bullerbandintervallet 50–54 dB).

Det totala antalet fall N av IHD knutna till exponering för vägbuller blir således:

$$N = PAF \cdot I \cdot P$$

där

- I är incidensen av IHD i det område som bedöms.
- P är hela populationen i det område som bedöms (summan av populationerna i de olika bullerintervallen).

Sammanfattningsvis baseras beräkningen av antalet fall av IHD knutna till vägtrafikbullerexponering i EU-direktivet på en tröskelnivå där enbart exponering över 53 dB L_{den} medför en riskökning, i enlighet med meta-analysen i WHO:s Guidelines. Vissa studier från Skandinavien publicerade därefter ger ett stöd för tröskeeffekter i sambandet mellan vägbullerexponering och risken för IHD/hjärntinfarkt. Ingen detaljerad analys av tröskeeffekter i hela det epidemiologiska underlaget har varit möjlig på grund av avsaknad av relevanta data i flertalet publikationer, men en större riskökning per exponeringsenhet antyds vid högre exponeringsnivåer, vilket talar för icke-linjära samband.

I avsaknad av starka evidens som motsäger tillämpbarheten av EU:s beräkningsmodell för svenska förhållanden rekommenderas att denna används för kvantitativ riskbedömning avseende vägbuller och IHD.

Stroke

Endast ett fåtal epidemiologiska studier hade belyst samband mellan trafikbuller och stroke vid tidpunkten för analysen i underlaget för WHO:s Guidelines. Då det gäller incidens ingick endast en kohortstudie, som var baserad i Köpenhamn och Århus. Den visade en statistiskt säkerställd riskökning på 14 procent per 10 dB L_{den} ökning av exponeringen för vägbuller. Även om studien i sig ansågs vara av hög kvalitet, bedömdes den samlade evidensen vara av måttlig kvalitet eftersom det endast förelåg en studie. Studier av strokeincidens publicerade efter WHO:s systematiska granskning rapporterade blandade resultat, med fyra studier som pekade på vissa samband med vägtrafikbuller och två som inte gjorde det (Eriksson m.fl. 2021).

Nyligen har en stor och välgjord studie om trafikbuller och strokeincidens publicerats (Roswall m.fl. 2021). Den baseras på en kombinerad analys av nio kohorter från Danmark och Sverige, omfattande drygt 11 000 strokefall under uppföljningstiden. Exponering för vägtrafikbuller var knuten till en riskökning för stroke, med en relativ risk (hazard ratio) på 1,06 (95 % KI 1,03–1,08) per 10 dB L_{den} under 5 år före insjuknandet. Sambandet följde en nära linjär exponering-responsrelation från referenskategori på 40 dB L_{den} .

Sammanfattningsvis har underlaget stärkts rörande sambandet mellan exponering för vägtrafikbuller risken för stroke. Tolkningen av orsakssamband stöds av fynd rörande trafikbuller och förmaksflimmer som utgör en viktig riskfaktor för stroke. En omfattande skandinavisk studie av hög kvalitet visade på en riskökning för stroke på 6 procent per 10 dB L_{den} exponering för vägtrafikbuller under 5 år före insjuknandet. Vi föreslår att denna kvantitativa riskbedömning används för beräkning av antalet fall av stroke knutna till exponering för vägtrafikbuller med utnyttjande av samma metodik som ovan beskrivits för IHD. Dock skiljer sig riskökningen per 10 dB L_{den} (6 procent för stroke och 8 procent för IHD) liksom startpunkten för beräkningen (>40 dB L_{den} för stroke respektive >53 dB L_{den} för IHD).

Buller från andra trafikslag

I underlaget för WHO:s Guidelines saknades epidemiologiskt stöd för att exponering för spårtrafikbuller ökar risken för IHD/hjärtinfarkt eller stroke. Fynden i nytillkomna studier tyder inte heller på sådana samband (Eriksson m.fl. 2021). En förhållandevis låg befolkningsexponering kan bidra till avsaknaden av samband i studierna. Antalet epidemiologiska studier av hjärt-kärleffekter knutna till exponering för spårtrafikbuller är litet vilket gör tolkningen av underlaget osäker.

Då det gäller flygbuller angavs evidensen ha mycket låg kvalitet både rörande IHD och stroke i underlagsrapporten för WHO:s Guidelines av van Kempen m.fl. (2018). Sedan dess har tre longitudinella studier vardera publicerats avseende flygbuller och IHD/hjärtinfarkt (Seidler m.fl. 2016, Dimakopoulou m.fl. 2017, Pyko m.fl. 2019) respektive stroke (Seidler m.fl. 2018, Pyko m.fl. 2019, Roswall m.fl. 2021). Inga entydiga samband framkom för något av utfallen. En nyligen publicerad studie visade på samband mellan flygbullernivåer och akut dödlighet i hjärt-kärlsjukdom inom två timmar, vilket antyder att korttidsexponering för flygbuller kan vara av betydelse (Saucy m.fl. 2021).

Det föreligger inte tillräckligt underlag för en kvantitativ riskbedömning avseende IHD eller stroke relaterat till exponering för tåg- eller flygbuller.

Övriga hälsoeffekter

Försenad läsförmåga och muntlig förståelse hos barn

I WHO:s Guidelines bedömdes evidensen vara av måttlig kvalitet rörande samband mellan exponering för flygbuller och försenad läsförmåga samt muntlig förståelse hos barn. Bedömningen baserades på en systematisk litteraturgenomgång av Clark och Paunovic (2018). I underlaget ingick 14 publikationer, varav endast fyra utgjorde longitudinella studier och resten tvärsnittsstudier. Flera av publikationerna omfattade samma studiepopulationer, huvudsakligen från Europa. I regel baserades exponeringsbedömningen på beräknade bullernivåer utomhus vid skolorna. Statistiskt säkerställda samband förelåg i tio av studierna.

Inga detaljerade kvantitativa samband mellan flygbullerexponering och försenad läsförmåga samt muntlig förståelse redovisas i litteraturgenomgången av Clark och Paunovic (2018). I WHO:s Guidelines anges dock att en månads försening förelåg vid en exponering av 55 dB L_{den} . Det framgår tyvärr inte hur denna siffra erhöles eller på vad den baserades. Publikationer efter WHO:s Guidelines medger inte heller en kvantitativ riskbedömning specifikt knuten till exponering för flygbuller hos barn (Thompson m.fl. 2022).

Då det gäller väg- och tågbuller var evidensen avseende läsförmåga och muntlig förståelse hos barn av lägre kvalitet än för flygbuller enligt WHO:s Guidelines. Denna bedömning står sig även med hänsyn till senare publicerade studier (Thompson m.fl. 2022)

Vi anser att det inte finns tillräckligt underlag för en beräkning av försening i läsförmåga och muntlig förståelse knuten till exponering för flygbuller eller för väg- och tågbuller.

Typ 2 diabetes

För typ 2 diabetes inkluderades en stor dansk kohortstudie på vägtrafikbuller i WHO:s granskning. Trots att denna studie var välgjord bedömdes evidensen sammantaget vara av måttlig kvalitet beroende på att endast en studie förelåg. Sedan dess har det tillkommit handfull studier, varav flertalet bedömts ha relevans i en svensk kontext (Eriksson m.fl. 2021). Sammantaget har evidensen stärkts för ett samband mellan vägtrafikbuller och insjuknande i typ 2 diabetes. Flertalet av studierna visade på samband i ojusterade modeller, vissa dock enbart i ett urval av populationen. Justering för levnadsvanor och luftföroreningar ledde i några av studierna till reducerade estimat, medan andra visade kvarstående samband. Fler högkvalitativa studier behövs för att kunna dra säkra slutsatser om ett eventuellt orsakssamband.

Vad gäller spårtrafikbuller och typ 2 diabetes identifierades tre publikationer rörande kohortstudier av relevans för Sverige, varav två baserades på samma kohort (Eriksson m.fl. 2021). Ingen av dessa studier visade på samband mellan buller från spårtrafik och insjuknande i diabetes. För flygbuller föreligger tre studier som inte som inte entydigt visar på samband med incidens av typ 2 diabetes (Eriksson m.fl. 2014, Dimakopoulou m.fl. 2017, Eze m.fl. 2017).

Vi bedömer att det inte finns tillräckligt underlag för att motivera en kvantitativ beräkning av risken för typ 2 diabetes kopplad till exponering för vägbuller eller för tåg- och flygbuller.

Övervikt

I WHO:s Guidelines ingick endast en longitudinell studie om buller och markörer för övervikt. Den baserades på en kohort från Stockholms län där ett samband observerades mellan flygbullerexponering och midjemått. Trots att denna studie bedömdes som välgjord angavs evidenskvalitén som måttlig beroende på avsaknaden av bekräftande studier. Vad gäller överviktsmarkörer (exempelvis BMI och bukomsfång) har flera studier på vägtrafikbuller tillkommit sedan WHO:s sammanställning och dessa tyder på samband (Eriksson m.fl. 2021). Underlaget är dock fortfarande begränsat och studierna visar inte ett helt konsistent mönster. Endast ett fåtal studier har genomförts på spårtrafikbuller och överviktsmarkörer. Inga tydliga samband kan ses baserat på de totala populationerna, dock finns vissa indikationer på samband vid högre ljudnivåer och i några specifika undergrupper. För flygbuller visar nytillkomna studier inte på entydiga samband med överviktsmarkörer (Pyko m.fl. 2017, Foraster m.fl. 2018).

Vi anser att underlaget inte är tillräckligt för att motivera kvantitativa beräkningar av sambandet mellan exponering för trafikbuller från olika källor och överviktsmarkörer.

Tillämpningsområden

Ett av det föreliggande uppdragets syften var att beskriva den nationella bullerkartläggningens tillämpningsområden och inventera olika myndigheters behov av populationsbaserade skattningar av antal bullerexponerade och relaterad hälsopåverkan. I detta syfte genomfördes en mindre enkätundersökning bland berörda myndigheter, med fokus på dem som ingår i den nationella bullersamordningen (Naturvårdsverket, Folkhälsomyndigheten, Boverket, Trafikverket, Transportstyrelsen och Trafikanalys). Undersökningen följdes också upp av ett möte dit representanter från de olika myndigheterna bjöds in. Nedan följer en redogörelse för de viktigaste aspekterna som framkom via enkätsvar och de samtal som fördes under mötet.

På frågan *”Vad är nyttan för er myndighet med en nationell bullerkartläggning?”* fanns en konsensus mellan myndigheterna att nationella kartläggningar av trafikbuller är viktiga för att följa upp den långsiktiga utvecklingen över tid, t.ex. uppföljning av nationella miljömål för buller och det transportpolitiska hänsynsmålet. Det framkom även att data från tidigare kartläggningar har använts som underlag i fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålet *God bebyggd miljö* samt att kartläggningen även fortsättningsvis ses som ett bra underlag för analyser av hälsopåverkan. Vidare svarade ett par av myndigheterna att kartläggningarna kan utgöra underlag vid stadsbyggnadsplanering och för analyser av exempelvis samhällsekonomiska konsekvenser av trafikbuller. En myndighet lyfte även nyttan att kunna göra åtgärdsanalyser, t.ex. vid mer omfattande fordons- och hastighetsåtgärder.

I syfte att särskilja nyttan med den nationella bullerkartläggningen gentemot den strategiska bullerkartläggning som genomförs till följd av EU:s bullerdirektiv (END) ställdes frågan *”Hur stor del av kartläggningsbehovet täcks redan idag av EU-kartläggningen via omgivningsbullerdirektivet (END)?”* samt följdfrågorna *”Vilka delar saknas?”* samt *”Använder ni dessa data idag?”*. Svaren visar att nyttan med den strategiska kartläggningen är begränsad i ett nationellt (svenskt) perspektiv. Bland annat beskrivs kartläggningen som alltför översiktlig och generell, samt att den inte är heltäckande då den exempelvis endast omfattar 5 procent av det statliga vägnätet och 10 procent av det statliga järnvägsnätet (beräknat i km). En myndighet gör bedömningen att ca 70 procent av Sveriges befolkning som bor längs väg saknas i kartläggningen. Vidare uppger myndigheterna att de inte använder END för åtgärdsplanering, bland annat pga. dess bristande omfång (bullernivåer under 55 dB L_{den} kartläggs ej) och noggrannhet men också för att man i den strategiska kartläggningen använder andra mått än i Sverige (L_{den} i stället för $L_{Aeq,24h}$ och L_{night} i stället för L_{Amax} nattetid). En generell uppfattning är att den strategiska bullerkartläggningen inte används annat än för att vart femte år övergripande beskriva bullerproblemets omfattning i Sverige, t.ex. för att se trender och förändringar över tid, samt gentemot övriga länder i EU. Även det har dock varit svårt då metodiken och de områden som kartläggs har ändrats för varje ny kartläggning.

Bland de övriga tillämpningsområden som identifierats inom ramen för det föreliggande uppdraget bör nämnas att nationella beräkningar av befolkningens exponering för trafikbuller kan ge möjlighet att identifiera särskilt utsatta områden och grupper i befolkningen där riktade preventiva åtgärder behöver vidtas. Ojämligheter i den miljörelaterade ohälsan har dokumenterats både mellan och inom europeiska medlemsländer (EEA 2018) men är otillräckligt undersökt i den svenska populationen.

Nationella beräkningar av bullerexponering kan även användas som underlag för forskning, exempelvis för analyser av orsakssamband mellan trafikbuller och olika störningar eller sjukdomar i befolkningen. I exempelvis Danmark har en rad forskningsstudier baserade på den totala befolkningen kunnat genomföras tack vare nationella karteringar av trafikbuller som bygger på detaljerade trafikdata insamlade från landets kommuner (se exempelvis Thacher m.fl. 2020 och Sørensen m.fl. 2021). Ur forskningssynpunkt vore det önskvärt att vi i Sverige inför ett liknande arbetssätt.

Sammantaget har det föreliggande projektet identifierat en rad tillämpningsområden för nationella kartläggningar av befolkningens exponering för trafikbuller och dess hälsokonsekvenser som inte täcks av de kartläggningar som redan görs, exempelvis inom ramen för EU:s bullerdirektiv, och som motiverar uppföljning av trafikbuller inom HÄMI. Tydliga styrkor med de nationella bullerkartläggningarna, under förutsättning att de genomförs med en standardiserad och reproducerbar metodik, är att de omfattar hela Sveriges befolkning, att de även omfattar lägre ljudnivåer (under 55 dB L_{den}), samt att de möjliggör analys av tidstrender både avseende antal exponerade och hälsopåverkan. Kartläggningens mest centrala tillämpningsområden omfattar således bland annat möjligheter att:

- följa upp utvecklingen över tid avseende antal/andel exponerade för trafikbuller i Sveriges befolkning, exempelvis som en del av miljömålsarbetet och det transportpolitiska hänsynsmålet
- följa upp utvecklingen över tid avseende hälsopåverkan och sjukdomsburda av trafikbuller i befolkningen
- ge underlag för analyser av ojämlikheter i den bullerrelaterade ohälsan i befolkningen och därmed ge stöd för riktade preventiva åtgärder
- ge underlag för beräkningar av samhällsekonomiska konsekvenser av trafikbuller och dess hälsopåverkan
- ge underlag för kostnad-nyttoanalyser av övergripande nationella insatser för att minska buller
- ge underlag för prognoser vid regionala och nationella utvecklingsplaner
- ge underlag för forskning om trafikbuller och olika störningar samt sjukdomar i befolkningen.

Slutsatser

- Att på regelbunden basis göra nationella kartläggningar av trafikbuller och dess hälsopåverkan med en standardiserad och reproducerbar metodik är viktigt som underlag för bedömningar av trafikbuller som folkhälsoproblem. En rekommendation är att detta görs minst vart femte år.
- Beslut om vilka hälsoutfall som ska inkluderas i beräkningar av hälsopåverkan av trafikbuller bör baseras på aktuell vetenskaplig evidens om föreliggande orsakssamband. Likaså bör beräkningarna av hälsopåverkan baseras på aktuell och evidensbaserad kunskap om så kallade exponering-respons samband, dvs. kvantitativa samband mellan källspecifika bullernivåer (väg-, spår- och flygtrafik) och respektive hälsoutfall. En rekommendation är att primärt beräkna hälsopåverkan utifrån de utfall som av WHO graderas ha en hög eller måttlig vetenskaplig evidens. Den totala hälsopåverkan är dock sannolikt större än detta, och uppskattningen kan komma att öka när evidensen stärks för ytterligare hälsoutfall.
- Indata för beräkning av hälsopåverkan av trafikbuller bör baseras på aktuella uppgifter om antalet personer som exponeras för olika källspecifika ljudnivåer utomhus vid bostäders fasad utifrån en beräkningsmetod som är öppet tillgänglig och så långt som möjligt följer nationella och europeiska rekommendationer. Beräknade bullerindikatorer bör i första hand vara L_{den} och L_{night} eftersom dessa används i de flesta hälsostudier internationellt. Som underlag för beräkningarna krävs heltäckande trafikdata och i första hand bör fullständiga beräkningar göras, dvs. utifrån individuella adresskoordinater för hela populationen. Omfattningen av de exponeringsintervall som används bör följa aktuella exponering-respons samband och noggrannheten bör minst uppgå till exponeringsintervall om 5 dB.
- För beräkningar av hälsopåverkan i form av allmän störning rekommenderas effektmåttet *antal fall av mycket störda* av buller från väg-, spår- respektive flygtrafik. Detaljerade beräkningar av antalet fall av mycket störda av trafikbuller kan göras utifrån källspecifik information om antal exponerade personer i olika bullerintervall i kombination med aktuella exponering-responsfunktioner mellan trafikbuller och andel mycket störda (eng. "Highly Annoyed", %HA).
- Sammantaget bedömer vi att det för nationella beräkningar av antalet mycket störda av trafikbuller i Sveriges befolkning är motiverat att utgå ifrån exponering-respons samband framtagna i ett svenskt populationsurval. Här kan de nationella miljöhälsoenkäterna utgöra ett viktigt underlag, under förutsättning att de omfattar tillräckligt många individer och är regelbundet återkommande.
- För beräkningar av hälsopåverkan i form av sömnstörning rekommenderas effektmåttet *antal fall av mycket sömnstörda* av buller från väg-, spår- respektive flygtrafik. Detaljerade beräkningar av antalet fall av mycket sömnstörda av trafikbuller kan skattas utifrån källspecifik information om antal exponerade personer i olika bullerintervall i kombination med exponering-responsfunktioner mellan trafikbuller och andel mycket störda.

- Sammantaget anser vi det motiverat att för nationella beräkningar av antalet mycket sömnstörda i befolkningen utgå ifrån de av WHO och EU rekommenderade exponering-responsfunktionerna för respektive trafikslag. Alternativt skulle beräkningar dock också kunna göras baserat på de nationella miljöhälsoenkäterna, under förutsättning att sömnstörning av trafik efterfrågas källspecifikt (något som inte varit fallet hittills).
- För beräkningar av hälsopåverkan i form av hjärt-kärlsjukdom rekommenderas beräkning av antalet fall av ischemisk hjärtsjukdom och stroke relaterat till buller från vägtrafik. Underlaget för beräkning av andra hjärt-kärlsjukdomar samt metabola utfall (främst övervikt och Typ 2 diabetes) liksom för effekter av buller från övriga trafikslag bedöms inte som tillräckligt.
- Det föreliggande projektet har identifierat en rad tillämpningsområden för nationella kartläggningar av befolkningens exponering för trafikbuller och dess hälsokonsekvenser som inte täcks av de kartläggningar som redan görs och som motiverar uppföljning av trafikbuller inom HÄMI.

Referenser

Andersson EM, Ögren M, Molnár P et al. Road traffic noise, air pollution and cardiovascular events in a Swedish cohort. *Environ Res.* 2020, 185:109446.

Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *Int J Environ Res Public Health.* 2018, 15 (3);519.

Dimakopoulou K, Koutentakis K, Papageorgiou I et al. Is aircraft noise exposure associated with cardiovascular disease and hypertension? Results from a cohort study in Athens, Greece. *Occup Environ Med.* 2017, 74(11):830–7.

EEA. Unequal exposure and unequal impacts: social vulnerability to air pollution, noise and extreme temperatures in Europe. EEA Report No 22/2018. European Environment Agency, Luxembourg, 2018.

EEA. Environmental Noise in Europe – 2020. EEA Report No 22/2019. European Environment Agency, Luxembourg, 2020.

Eriksson C, Hilding A, Pyko A et al. Long-term aircraft noise exposure and body mass index, waist circumference, and type 2 diabetes: a prospective study. *Environ Health Perspect.* 2014, 122(7):687-94.

Eriksson C, Bodin T, Selander J. Burden of disease from road traffic and railway noise – a quantification of healthy life years lost in Sweden. *Scand J Work Environ Health.* 2017, 43(6):519-525.

Eriksson C, Pyko A, Lind T m.fl. Trafikbuller i befolkningen – Exponering, utsatta grupper och besvär. Rapport 2020:03. Centrum för Arbets- och miljömedicin, Region Stockholm, 2020.

Eriksson C, Selander J, Stucki L, Pershagen G. WHO Environmental Noise Guidelines i en svensk kontext. Institutet för miljömedicin, Karolinska Institutet. Stockholm, 2021.

EU. Kommissionens direktiv (EU) 2020/367 av den 4 mars 2020 om ändring av bilaga III till Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49/EG vad gäller fastställande av bedömningsmetoder för skadliga effekter av omgivningsbuller. Europeiska Unionens officiella tidning 2020, L67/132-136.

Eze IC, Foraster M, Schaffner E et al. Long-term exposure to transportation noise and air pollution in relation to incident diabetes in the SAPALDIA study. *Int J Epidemiol.* 2017, 46(4):1115-1125.

Folkhälsomyndigheten 2017. Miljöhälsorapport 2017. Stockholm, 2017.

Foraster M, Eze IC, Vienneau D et al. Long-term exposure to transportation noise and its association with adiposity markers and development of obesity. *Environ Int.* 2018, 121(Pt 1):879-889

Guski R, Schreckenber D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *Int J Environ Res Public Health* 2017, 14:1539.

ISO TS 15666. Acoustics—Assessment of Noise Annoyance by Means of Social and Socio-Acoustic Surveys; ISO: Geneva, Switzerland, 2003.

Jonasson H. Svenska riktvärden och L_{den} . Rapport ETaP404604 ver. 3. SP Akustik. Borås 2005.

Lim YH, Jørgensen JT, So R et al. Long-term exposure to road traffic noise and incident myocardial infarction. *Environ Epidemiol*. 2021, 5(3):e148.

Naturvårdsverket. Sömnstörningar från flygbuller i en svensk kontext. Rapport 6970, februari 2021.

Naturvårdsverket. Websida om programområdet Hälsorelaterad miljöövervakning: [Hälsorelaterad miljöövervakning \(naturvardsverket.se\)](https://naturvardsverket.se/halsorelaterad-miljo-overvakning). Datum: 20211005.

Naturvårdsverket. Websida om antal störda och exponerade för skadligt buller: [Undersökningar av hur många som är störda av buller \(naturvardsverket.se\)](https://naturvardsverket.se/undersokningar-av-hur-manga-som-ar-storda-av-buller). Datum: 20220105.

Pyko A, Eriksson C, Lind T et al. Long-Term Exposure to Transportation Noise in Relation to Development of Obesity—a Cohort Study. *Environ Health Perspect*. 2017, 125(11):117005.

Pyko A, Andersson N, Eriksson C et al. Long-term transportation noise exposure and incidence of ischemic heart disease and stroke – a cohort study. *Occup Environ Med*. 2019, 76(4):201-7.

Roswall N, Pyko A, Ögren M et al. Long-term exposure to transportation noise and risk of incident stroke: a pooled study of nine Scandinavian cohorts. *Environ Health Perspect*. 2021, 129(10):107002.

Saucy A, Schäffer B, Tangermann L et al. Does night-time aircraft noise trigger mortality? A case-crossover study on 24 886 cardiovascular deaths. *Eur Heart J*. 2021, 42(8):835-843.

Seidler A, Wagner M, Schubert M et al. Myocardial Infarction Risk Due to Aircraft, Road, and Rail Traffic Noise. *Dtsch Arztebl Int*. 2016, 113(24):407-14.

Seidler AL, Hegewald J, Schubert M et al. The effect of aircraft, road, and railway traffic noise on stroke - results of a case-control study based on secondary data. *Noise Health*. 2018, 20(95):152-61.

SOU. Samordnade bullerregler för att underlägga bostadsbyggandet. Delbetänkande av Bullersamordningsutredningen. SOU 2013:57. Statens Offentliga Utredningar, Stockholm 2013.

SS-ISO 17534-1:2015. Akustik - Mjukvara för beräkning av ljud utomhus - Del 1: Kvalitetskrav och kvalitetssäkring (ISO 17534-1:2015, IDT).

Sørensen M, Poulsen AH, Hvidtfelt UA et al. Transportation noise and risk of stroke: a nationwide prospective cohort study covering Denmark. *Int J Epidemiol*. 2021, 50(4):1147-1156.

Sveriges Riksdag. Förordning om trafikbuller vid bostadsbyggnader. SFS 2015:216, ändrad t.o.m. SFS 2017:359. Finansdepartementet, 2015.

Thacher JD, Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O et al. High-resolution assessment of road traffic noise exposure in Denmark. *Environ Res.* 2020, 182:109051.

Thompson R, Smith RB, Bou Karim Y et al. Noise pollution and human cognition: An updated systematic review and meta-analysis of recent evidence. *Environ Int.* 2021, 158:106905.

Van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Cardiovascular and Metabolic Effects: A Summary. *Int J Environ Res Public Health.* 2018, 15(2):379.

WHO. Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. World Health Organization, Regional Office for Europe, 2011.

WHO. Environmental Noise Guidelines for the European Region. World Health Organization, Regional Office for Europe, 2018.

WSP, Umeå Universitet och Karolinska Institutet. Metod för DALY-beräkningar i transportsektorn. Uppdragsrapport för Trafikverket, 2017.

Ögren M, Gustafson A, Stockfelt L. Bullerkartläggning inom den miljörelaterade hälsoövervakningen (HÄMI). Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Samhällsmedicin och folkhälsa. Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum. Göteborg, 2022.