

Trafikbuller i befolkningen

Exponering, utsatta grupper och besvär



Charlotta Eriksson, Andrei Pyko, Tomas Lind, Göran Pershagen
och Antonis Georgelis

Rapport från Centrum för arbets- och miljömedicin
2020:03
ISBN:



 **Centrum för arbets- och miljömedicin**
REGION STOCKHOLM

**Trafikbuller i befolkningen -
Exponering, utsatta grupper och besvär**

Charlotta Eriksson, Andrei Pyko, Tomas Lind, Göran Pershagen och Antonis Georgelis

Centrum för arbets- och miljömedicin • Solnavägen 4 • 113 65 Stockholm
tel 08-123 400 00 • camm.slso@sll.se
Rapporten finns även på vår webbplats camm.sll.se

ISSN: 1651-0321

	HÄLSORELATERAD MILJÖÖVERVAKNING	ÄRENDENUMMER	NV-01449-18
	PÅ UPPDRAG AV NATURVÅRDSVERKET	AVTALSNUMMER	215-18-007
		PROGRAMOMRÅDE	Hälsorelaterad miljöövervakning
		DELPROGRAM	Fysikaliska mätdata

Trafikbuller i befolkningen – Exponering, utsatta grupper och hälsa

Rapportförfattare Charlotta Eriksson, Andrei Pyko, Tomas Lind, Göran Pershagen och Antonis Georgelis Centrum för arbets- och miljömedicin, Miljömedicinska enheten, Region Stockholm	Utgivare Centrum för arbets- och miljömedicin (Camm), Region Stockholm Postadress Centrum för arbets- och miljömedicin Solnavägen 4, 113 65 Stockholm Websidan www.camm.sll.se
Rapporttitel och undertitel Trafikbuller i befolkningen – Exponering, utsatta grupper och hälsa	Beställare Naturvårdsverket 106 48 Stockholm Finansiering Hälsorelaterad miljöövervakning, Fysikaliska mätdata
Nyckelord för plats Stockholms län	
Nyckelord för ämne Trafikbuller, exponering, besvär, tidstrender, utsatta grupper	
Tidpunkt för insamling av underlagsdata 2018	
Sammanfattning Denna studie syftade till att beräkna antal och andel trafikbullerexponerade vid olika ljudnivåer i befolkningen i Stockholms län, både i nuläget och över tid. Ett annat syfte var att undersöka om det finns grupper i befolkningen som är särskilt utsatta för trafikbuller. Slutligen avsåg undersökningen även att studera samband mellan trafikbuller och livskvalitet samt olika former av besvär. Resultaten visar att en stor andel av befolkningen i Stockholms län utsätts för trafikbuller som kan vara potentiellt skadligt för välbefinnande och hälsa. Totalt beräknas att 395 000 personer, motsvarande 17,7 procent av länets befolkning, exponeras för ljudnivåer från trafik (väg- spår- eller flygtrafik) som överstiger 55 dB $L_{Aeq,24h}$. Utgår man istället från WHO:s riktvärden, som är strängare än de svenska riktvärdena och satta enbart utifrån ett hälsoperspektiv, beräknas 926 000 personer (motsvarande 41,6 procent av befolkningen) utsättas för minst en bullerkälla vid bostaden. Rapporten visar också att det finns grupper i befolkningen som är särskilt utsatta vad gäller buller. Till exempel var det framför allt yngre personer (18-39 år), personer födda i övriga Europa/Världen, ogifta, de med högskoleutbildning, låginkomsttagare och personer boende i flerfamiljshus som var mest utsatta för ljudnivåer från vägtrafik som överstiger WHO:s riktvärde (53 dB L_{den}). Bilden ser dock lite olika ut beroende på hur man väljer att definiera exponeringen samt på trafikslag. Slutligen, trafikbuller var i denna undersökning associerat med försämrad talförståelse och kommunikation, allmän bullerstörning och sömnstörning, men inte med livskvalitet.	

Förord

Den omgivande miljön är en av många faktorer som påverkar hälsa och välbefinnande. En god hälsa grundar sig till exempel i tillgång till rent vatten, frisk luft, giftfri mat, god inomhusmiljö och säkra produkter. Andra faktorer som bidrar till en god folkhälsa är utformningen av närmiljön, med kollektivtrafik, vägar, gångvägar, cykelbanor och parker.

Mätt som medellivslängd, och i likhet med övriga Sverige, är folkhälsan i Stockholms län mycket god. Den förväntade livslängden på 85 år för kvinnor och 81 år för män är den högsta någonsin i Stockholms län. Trots detta förekommer fortfarande stora skillnader i både hälsa och livslängd mellan olika befolkningsgrupper. Eftersom länet är segregerat, och segregationen ökar, uppstår även tydliga geografiska skillnader i hälsa.

Tillsammans med ärftlighet och levnadsvanor, samt sociala och ekonomiska förhållanden, är miljön viktig när det gäller förutsättningarna för en god hälsa. Från det att vi föds påverkas vi dagligen av den miljö vi befinner oss i; i hemmet, i förskolan/skolan, på arbetet, i offentliga miljöer och utomhus. Hur våra städer och bostadsområden utformas är en viktig del i sammanhanget. Omgivningsmiljön och miljön i bostaden har därför stor betydelse för folkhälsan. Dessa miljöer ser olika ut för olika grupper i befolkningen vilket skapar ojämlika förutsättningar för en god hälsa.

Trafikbuller i befolkningen – Exponering, utsatta grupper och besvär kartlägger exponering för trafikbuller i Stockholms läns befolkning och redovisar ojämlikheter i exponering samt påverkan på livskvalitet och hälsorelaterade besvär inom befolkningen. Resultaten är baserade dels på populationsdata för hela länet, dels på Miljöhälsoenkät 2015 (MHE 15). Studien är finansierad av Naturvårdsverket inom programområdet för hälsorelaterad miljöövervakning (HÄMI).

Är du beslutsfattare eller handläggare inom stadsplanering, miljö- och hälsoskydd eller hälso- och sjukvård? Eller jobbar du på något annat sätt med frågor kring miljö och hälsa? Då innehåller den här rapporten viktig kunskap för ditt fortsatta arbete.

Antonios Georgelis
Enhetschef Miljömedicinska enheten

Innehåll

FÖRORD.....	3
INNEHÅLL	5
SAMMANFATTNING	6
BAKGRUND OCH SYFTE	9
METOD	12
Studiepopulation	12
Exponeringsbedömning	12
Statistiska analyser	13
RESULTAT	15
Exponering i befolkningen, nuläge	15
Vägtrafik	16
Spårtrafik	17
Flygtrafik	18
Exponering i befolkningen, förändring	
över tid	19
Vägtrafik	19
Spårtrafik	21
Flygtrafik	23
Trafikbuller från multipla källor	25
Särskilt utsatta grupper	27
Buller och besvärsrapportering	31
Livskvalitet	31
Talförståelse och kommunikation	32
Allmän störning	34
Sömnstörning	40
DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	44
REFERENSER	48

Sammanfattning

Trafikbuller är en vanligt förekommande miljöexponering som kan påverka både välbefinnande och hälsa. Nationellt sett utsätts cirka 2 miljoner människor för bullernivåer från trafik som överstiger 55 dB dygnsekvivalent ljudnivå ($L_{Aeq,24h}$), men för Stockholms län har det till dags dato saknats uppgifter om hur många som utsätts. Någon klar definition av vad som menas med att vara ”exponerad” finns inte, därför presenteras i denna underökning resultat för ett antal olika riktvärdesnivåer som används i Sverige och av Världshälsoorganisationen (WHO). Internationella undersökningar visar att den miljörelaterade ohälsan är ojämnt fördelad inom befolkningen och att det är personer med låg socioekonomisk status som är mest sårbara och även mest utsatta för olika miljöföroreningar. I Stockholms län förekommer stora skillnader i både hälsa och medellivslängd och segregationen ökar. Men vilka grupper som är mest utsatta för olika miljöföroreningar, däribland trafikbuller, är inte klarlagt. Miljöhälsorapport 2017 för Stockholms län visar att besvär till följd av trafikbuller är vanligt förekommande. Sambanden mellan den faktiska ljudnivån utomhus vid bostaden och rapporterade besvär har dock inte undersökts.

Denna studie syftade till att beräkna antal och andel trafikbullerexponerade vid olika ljudnivåer i befolkningen i Stockholms län, både i nuläget (baserat på senast tillgängliga data) och sett över tid, från 1990/-95 till 2015. Ett annat syfte var att undersöka om det finns grupper i befolkningen som är särskilt utsatta för trafikbuller, avseende faktorer såsom t.ex. kön, ålder, födelseland, civilstånd, utbildningsnivå och inkomst. Slutligen avsåg undersökningen även att studera samband mellan trafikbuller och livskvalitet samt olika former av besvär, däribland försämrad talförståelse och kommunikation, allmän bullerstörning och sömnstörning.

För studiens två första syften, dvs. att undersöka hur många som utsätts för trafikbuller i nuläge och sett över tid, kombinerades populationsdata för hela Stockholms län från Statistiska Centralbyrån (SCB) med en databas för beräkning av trafikbuller som administreras av Institutet för Miljömedicin (IMM) vid Karolinska Institutet (KI). Databasen innehåller en mängd uppgifter från olika nationella och regionala myndigheter, däribland laserscannad terräng (Lantmäteriet), trafikflöden och hastigheter på vägar (SLB Analys) och spår (Trafikverket och Trafikförvaltningen), uppgifter om bullerskärmar och vallar samt konturer för flygbuller runt Arlanda och Bromma (Swedavia). För studiens övriga syften, dvs. att studera särskilt utsatta grupper och besvärsförekomst kopplat till trafikbuller, användes ett urval av Stockholms läns befolkning från den nationella miljöhälsoenkäten 2015 (MHE 15). Totalt 12 360 personer besvarade enkäten i Stockholms län och har också gett sitt tillstånd att använda adressens geografiska koordinat. För dessa personer genomfördes exponeringsskattningar för samtliga trafikslag baserat på data i IMMs bullerdatabas. Exponeringen vid bostadens adresspunkt kopplades sedan till personernas svar i MHE 15, t.ex. angående livskvalitet, bullerstörning och sömnstörning.

Resultaten visar att en stor andel av befolkningen i Stockholms län utsätts för trafikbuller som kan vara potentiellt skadligt för välbefinnande och hälsa. Totalt beräknas att 395 056 personer, motsvarande 17,7 procent av länets befolkning, exponeras för ljudnivåer från något av trafikslagen som överstiger 55 dB $L_{Aeq,24h}$ (FBN för flygtrafik), vilket är det svenska riktvärdet för vägtrafikbuller vid befintlig bebyggelse. Flest personer exponeras för buller från vägtrafik (332 999 personer, motsvarande 15,0 procent av befolkningen), följt av spårtrafik (66 650 personer, 3,0 procent) och flygtrafik (11 015 personer, 0,5 procent). Utgår man istället från WHO:s riktvärden (53

dB L_{den} för vägtrafik, 54 dB L_{den} för spårtrafik och 45 dB L_{den} för flygtrafik), som är strängare än de Svenska riktvärdena och satta enbart utifrån ett hälsoperspektiv, är en betydligt större del av länets population utsatt för buller. Totalt utsätts då 926 127 personer, motsvarande 41,6 procent av befolkningen, för minst en bullerkälla vid bostaden motsvarande WHO:s riktvärde eller högre. Antalet som exponeras för trafikbuller har ökat kraftigt för samtliga trafikslag från 1990-talet fram till idag. Till exempel ökade antalet som exponeras för vägtrafikbuller över 55 dB $L_{Aeq,24h}$ med 120 074 personer under denna tid, från 226 832 personer år 1990 till 346 906 år 2015 (motsvarande 53 procents ökning). Ökningarna kan till största delen knytas till den ökning av totalbefolkningen som skett under motsvarande tidsperiod. Sett till andelen i befolkningen som exponeras för trafikbuller ses en ökning för vägtrafik och i viss mån även för flygtrafik. För spårtrafik ses dock snarare en tendens till minskning.

Grupper som är särskilt utsatta för vägtrafikbuller är i denna undersökning yngre personer (18-39 år), de med högskoleutbildning, personer boende i flerfamiljshus och ogifta. För födelseland och hushållets inkomst ses inga entydiga resultat. Baserat på de lägre riktvärdesnivåerna, dvs. det svenska riktvärdet för befintlig bebyggelse och WHO:s riktvärde (≥ 55 dB $L_{Aeq,24h}$ respektive ≥ 53 dB L_{den}) ses en tendens till att personer födda i Europa och övriga världen samt de med lägst hushållsinkomst är de som är mest utsatta. Denna skillnad finns dock inte för de högre riktvärdesnivåerna, dvs. de svenska riktvärdena för nybyggda bostäder (≥ 60 respektive 65 dB $L_{Aeq,24h}$). För spårtrafik är det tydligt att personer boende i flerfamiljshus är de som är värst utsatta. Det finns också tendenser till att yngre personer (18-39 år), personer födda i övriga världen (dvs. utanför Europa), ogifta eller skilda personer och de med låg inkomst är mer exponerade för tågbuller, men här är sambanden inte statistiskt säkerställda i alla riktvärdesnivåer. För flygbuller ses inga statistiskt säkerställda mellan grupperna om man utgår ifrån den svenska riktvärdesnivån, 55 dB FBN. Används istället WHO:s hälsobaserade riktvärde (45 dB L_{den}) fångas en större del av den grupp i befolkningen som utsätts för flygbuller och skillnader i exponeringen framträder. Mest utsatta för flygbuller är då personer födda i övriga Norden/Världen, ogifta eller skilda, låginkomsttagare (0-299 999 SEK) och personer i flerfamiljshus. Inom ramen för denna undersökning har det inte varit möjligt att undersöka samvariation mellan de olika faktorerna och resultaten ska därför tolkas med viss försiktighet.

Trafikbuller var i denna undersökning inte associerat med en lägre livskvalitet. Däremot sågs samband mellan bullernivå vid bostaden och försämrad talförståelse och kommunikation, allmän bullerstörning och sömnstörning. Vad gäller talförståelse och kommunikation fanns statistiskt säkerställda samband med buller från samtliga trafikslag, även efter justering för faktorer så som kön, ålder och socioekonomi. Med ökande ljudnivå ökar således även andelen i befolkningen som rapporterar försämrad talförståelse och kommunikation. För samtliga tre trafikslag fanns även tydliga exponering-responssamband mellan ljudnivån utanför bostaden och andel mycket eller väldigt mycket bullerstörda i populationen. Analyserna visar att WHO:s kritiska effekt om 10 procent bullerstörda i detta svenska urval nås vid 52 dB L_{den} (cirka 49 dB $L_{Aeq,24h}$) för vägtrafik, vid 61 dB L_{den} (cirka 55 dB $L_{Aeq,24h}$) för spårtrafik och vid 44 dB L_{den} (cirka 44 dB FBN) för flygtrafik. Vad gäller buller från väg- och flygtrafik överensstämmer data från Stockholms län således i detta avseende väl med de nivåer som beräknades av WHO (53 respektive 45 dB L_{den}). För spårtrafik ligger ~~vad~~ Stockholm dock lägre i störningsgrad än vad WHO uppskattat (10 procent störda vid 54 dB L_{den}). Stratifierade analyser indikerar dock att det finns skillnader i störningsrapportering beroende på bostadstyp, byggnadsår och om bostaden är vänd mot en bullerutsatt sida eller ej. Resultaten för sömn visar att andelen sömnstörda i MHE 15 Stockholms län var cirka 3,5 procent vid ljudnivåer mellan 55-60 dB

$L_{Aeq,24h}$, cirka 5 procent mellan 60-65 dB och cirka 8 procent mellan 65-70 dB $L_{Aeq,24h}$. Personer som hade sitt sovrum i ett bullerutsatt läge rapporterade genomgående en högre grad av sömnstörning än de som inte hade sovrummet mot en bullerutsatt sida.

Faktaruta:

Olika mått på trafikbuller

Ett ljuds styrka, dvs. ljudnivån (L), mäts i decibel (dB). Decibelskalan är en logaritmisk skala som beskriver ljudets styrka i förhållande till en referensnivå, motsvarande det svagaste ljud en normalhörande människa kan uppfatta.

dBA är den A-vägda ljudstyrkan vilken tar hänsyn till hur vår hörsel uppfattar ljud vid olika frekvenser.

I Sverige används ofta $L_{Aeq,24h}$ som ett mått på buller. Det är den A-vägda ekvivalenta ljudnivån under 24 timmar, eller enklare uttryckt medelljudnivån under ett dygn.

För flygtrafik används Flygbullernivå (FBN). FBN är medelljudnivån där kvällshändelser (kl. 19.00–22.00) värderas som tre daghändelser och en natthändelse (kl. 22.00–07.00) värderas som tio daghändelser.

Internationellt sett används ofta L_{den} , eller dag-, kväll-, nattnivå. Det är medelljudnivån ($L_{Aeq,24h}$) under ett dygn där kvällshändelser (kl. 19.00–23.00) straffas med 5 dB och natthändelser (kl. 23.00–07.00) straffas med 10 dB.

Bakgrund och syfte

En majoritet av Sveriges befolkning (cirka 85 procent) bor idag i tätorter och andelen ökar (SCB). Förtätning och ökade transporter bidrar till att många människor dagligen utsätts för olika urbana miljöfaktorer som kan påverka hälsa och välbefinnande, däribland trafikbuller. Miljöhälsorapport 2017 visar att besvärssrapporteringen till följd av flera miljöfaktorer kan variera mycket inom befolkningen, bland annat beroende på olika sociodemografiska bestämningsfaktorer såsom kön, ålder, födelseland, utbildning, inkomst, bostadstyp och kommungrupp (Folkhälsomyndigheten 2017). Det finns således indikationer på att det förekommer en ojämlikhet i befolkningens exponering för dessa faktorer, och därmed också risk för ojämlikheter i hälsoeffekter kopplat till respektive miljöfaktor. Även internationella undersökningar visar att den miljörelaterade ohälsan är ojämnt fördelad inom befolkningen och att det är personer med låg socioekonomisk status som är mest sårbara och även mest utsatta för olika miljöföroreningar (EEA 2018, WHO 2019).

Cirka 2 miljoner människor i Sverige, motsvarande ca 20 procent av befolkningen, utsätts idag för någon form av trafikbuller (väg-, spår- eller flygbuller) som överstiger 55 dBA dygnsekvivalent ljudnivå, $L_{Aeq,24h}$ (Sweco 2014). Det är sannolikt att andelen som utsätts för trafikbuller i befolkningen kommer att öka, inte minst på grund mer tillåtande riktvärden för väg- och spårtrafikbuller vid nybyggnation av bostäder (Förordning om trafikbuller SFS 2015:216, ändrad i SFS 2017:359). I dagsläget finns ingen entydig definition av vad som menas med att vara exponerad. I tidigare nationella sammanräkningar presenteras ofta andelen som exponeras för buller som överstiger 55 dB $L_{Aeq,24h}$ då detta har varit den mest etablerade riktvärdesnivån. Även idag gäller 55 dB $L_{Aeq,24h}$ som riktvärde för vägtrafikbuller vid befintliga bostäder. I och med den nya trafikbullerförordningen höjdes dock riktvärdena för väg- och spårtrafikbuller till 60 dB $L_{Aeq,24h}$ generellt och till 65 dB $L_{Aeq,24h}$ för bostäder som är mindre än 35 m². Dessa riktvärden gäller vid planläggning och nybyggnation av bostäder. Bilden kompliceras av att Världshälsoorganisationen (WHO) 2018 publicerade hälsobaserade riktvärden för trafikbuller som är betydligt strängare än de riktvärden som tillämpas i Sverige (se faktaruta "WHOs hälsobaserade rekommendationer för trafikbuller; jämförelse med svenska riktvärden"). Dessa riktvärden uttrycks i L_{den} , dag-, kväll och nattnivå, där bullerhändelser under kvälls- och nattetid viktats upp, till skillnad från dygnsekvivalent ljudnivå som, i huvudsak, används i Sverige (se även faktaruta om olika mått på trafikbuller). Regionspecifika siffror för hur många som exponeras för trafikbuller i Stockholms län saknas liksom en analys av hur exponeringen för trafikbuller i länet har förändrats över tid. Att känna till bullerexponeringen i befolkningen i nuläget och hur den förändrats över tid är viktigt för att kunna följa upp trender i framtiden samt för att bedöma hur folkhälsan påverkas.

Buller förknippas i allt högre utsträckning med försämrat välbefinnande och hälsa. Från att tidigare setts mest som ett komfortproblem finns idag allt mer bevis för att trafikbuller kan orsaka en rad allvarliga sjukdomstillstånd, däribland hjärtkärlsjukdom och metabola sjukdomar. Särskilt stark är evidensen för vägtrafikbuller och hjärntinfarkt (van Kempen 2018). Resultat ifrån den regionala miljöhälsorapporten för Stockholms län 2017 visade att de som besvärades av trafikbuller skattade sin livskvalitet något lägre än genomsnittet (CAMM 2017). På en så kallad Visuell Analog Skala (VAS) från 0 till 100 (där 0 innebär sämsta tänkbara livskvalitet och 100 står för bästa tänkbara livskvalitet) skattade de som var bullerstörda sin livskvalitet till i genomsnitt 70, i jämförelse med genomsnittet på 74,1. Sambandet mellan den faktiska ljudnivån vid bostaden och upplevd livskvalitet har dock inte analyserats i detalj där hänsyn kunnat tas till andra faktorer som kan påverka sambanden, t.ex. ålder och socioekonomiska förhållanden.

Andra besvär som kan förekomma i bullerutsatta grupper är svårigheter att kommunicera, allmän bullerstörning och sömnstörning (Miljöhälsorapport 2017). Försämrade talförståelse kan till exempel ta sitt uttryck i att buller gör det svårare att höra vad som sägs på radio och TV, att tala i telefon eller att föra ett normalt samtal. I Miljöhälsorapport 2017 uppgav ca 1-2 procent att trafikbuller påverkar talförståelse och kommunikation. I vissa grupper var dock besvärssrapporteringen betydligt högre, t.ex. bland personer som bor i storstadskommuner och i flerbostadshus. Sambandet mellan ljudnivån vid bostaden och andelen som upplever försämrade talförståelse och kommunikation till följd av trafikbuller har dock inte studerats.

Andelen mycket eller väldigt mycket störda av trafikbuller används ofta som en indikator för hur mycket ett område eller en population påverkas av buller. Om andelen bullerstörda är hög ökar risken att det också förekommer andra typer av besvär och hälsoproblem kopplat till bullret. Ofta förekommer så kallade exponering-respons-samband mellan ljudnivån utomhus och andelen bullerstörda i en befolkning, dvs. om ljudnivån ökar så ökar även andelen bullerstörda. Enligt WHO:s sammanställning av forskningsstudier på omgivningsbuller och störning finns en tydlig koppling mellan ljudnivån utomhus vid bostadens fasad och andelen bullerstörda i befolkningen (Guski 2017). Hur sambandet ser ut beror dock på vilken bullerkälla som studeras. Generellt genererar flygbuller en högre andel bullerstörda än väg- och spårtrafikbuller. I WHO:s Environmental Noise Guidelines for the European Region används 10 procent mycket bullerstörda som kritisk effekt och underlag för rekommendationer om ljudnivåer som inte bör överskridas. För vägtrafik nås 10 procent mycket störda vid 53 dB L_{den} (cirka 50 dB $L_{Aeq,24h}$), för spårtrafik vid 54 dB L_{den} (cirka 48 dB $L_{Aeq,24h}$) och för flygtrafik vid 45 dB L_{den} (cirka 45 dB FBN). Hur stor andel som besväras kan också variera beroende på andra faktorer än den direkta ljudnivån. Några exempel kan vara byggnadstyp, byggnadsår, om det genomförts bullerdämpande åtgärder i bostaden och om bostaden är vänd mot en bullerutsatt sida eller ej. De sammanvägda exponering-responskurvorna för trafikbuller och störning kritiserar ibland för att inte ta hänsyn till faktorer som dessa. Synpunkter har bland annat framförts att vi i Sverige har en genomgående bättre bostadsstandard och att kurvorna därför inte gäller för svenska förhållanden. Det finns således ett behov att undersöka hur sambandet mellan buller från väg-, spår- och flygtrafik och störningsgrad ser ut i ett urval av Sveriges befolkning, hur dessa samband förhåller sig till de Europeiska standardkurvorna samt hur störningsgraden modifieras av andra faktorer än den faktiska ljudnivån.

Trafikbuller påverkar även hur bra vi sover. En sammanställning från WHO pekar på väckningseffekter mellan 33-38 dB $L_{Amax,inomhus}$ (beroende på bullerkälla) om man utsätts för buller nattetid (Basner 2018). Bullret kan leda till att det tar längre tid att somna, att vi vaknar fler gånger under natten och även vaknar för tidigt. Totalt sett förkortas därmed den totala sömnperioden. Även sömnens olika stadier påverkas och sönmönstret blir mer fragmenterat med kortare sammanhängande perioder av djup- och drömsömn. Också för sömnstörning finns belegg för exponering-respons-samband mellan ljudnivån utomhus nattetid och andelen sömnstörda i befolkningen. Vid samma ljudnivå ger flygbuller upphov till den högsta andelen sömnstörda följt av spår- och vägtrafikbuller (Basner 2018). Men försämrade sömn ökar även risken för fler allvarliga sjukdomstillstånd, däribland hjärt- och kärlsjukdom och metabola rubbningar så som övervikt, bukfetma och vuxendiabetes.

Då data om trafikbullerexponering hittills saknats för Stockholms län finns ett tydligt behov att kartlägga hur många som utsätts för trafikbuller från olika källor, samt att studera hur exponeringen förändrats över tid. Det är även av stor vikt att studera ojämlikheter i Stockholmarnas exponering för trafikbuller, och se om det finns grupper som är särskilt utsatta. Slutligen är det även viktigt att studera kopplingen mellan trafikbuller och livskvalitet samt besvärssrapportering inom befolkningen.

Föreliggande studies specifika syften var att:

- Beräkna antal och andel bullerexponerade vid olika ljudnivåer i befolkningen i Stockholms län i nuläget (baserat på senast tillgängliga data)
- Beräkna hur antal och andel bullerexponerade vid olika ljudnivåer i befolkningen i Stockholms län har förändrats över tid (femårsintervaller från 1990/-95 till 2015)
- Undersöka om det finns grupper i befolkningen som är särskilt utsatta för trafikbuller, avseende faktorer såsom kön, ålder, födelseland, civilstånd, utbildningsnivå, inkomst och bostadstyp
- Undersöka samband mellan trafikbuller och livskvalitet samt olika former av besvär, däribland försämrad talförståelse och kommunikation, allmän bullerstörning och sömnstörning.

Faktaruta:

WHOs hälsobaserade rekommendationer för trafikbuller; jämförelse med svenska riktvärden			
	Vägtrafikbuller	Spårtrafikbuller	Flygtrafikbuller
WHOs rekommendationer om ljudnivåer utomhus från trafik vid bostäders fasad	53 dB L_{den} Motsvarar ca 50 dB $L_{Aeq,24h}$	54 dB L_{den} motsvarar ca 48 dB $L_{Aeq,24h}$	45 dB L_{den} motsvarar ca 45 dB FBN
Svenska riktvärden om ljudnivåer utomhus från trafik vid bostäders fasad vid nybyggnation (SFS 2015:216, ändrad i SFS 2017:359)	60 dB $L_{Aeq,24h}$ 65 dB $L_{Aeq,24h}$ för en bostad om högst 35 m ²	60 dB $L_{Aeq,24h}$ 65 dB $L_{Aeq,24h}$ för en bostad om högst 35 m ²	55 dB FBN
Svenska riktvärden om ljudnivåer utomhus från trafik vid bostäders fasad vid befintlig bebyggelse (Infrastrukturpropositionen 1996/97:53)	55 dB $L_{Aeq,24h}$	60 dB $L_{Aeq,24h}$	55 dB FBN

Metod

Studiepopulation

I denna studie används två olika studiepopulationer. För studiens två första syften, dvs. att beräkna antal och andel bullerexponerade vid olika ljudnivåer i befolkningen i Stockholms län och undersöka förändringar över tid, har vi använt populationsdata för hela Stockholms län med upplösning 100x100m. Dessa data har inhämtats från SCB för åren 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 och 2015. För studiens övriga syften, dvs. att undersöka om det finns särskilt utsatta grupper befolkningen samt sambandet mellan trafikbuller och livskvalitet och besvär, har vi använt oss av redan insamlade data från den nationella miljöhälsoenkäten 2015 (MHE 15). Denna enkät omfattade 72 frågor om olika miljöfaktorer, upplevda besvär och hälsotillstånd. För Stockholms län finns 12 360 besvarade enkäter där deltagarna också givit sitt tillstånd att använda deras geografiska adresskoordinat för att koppla enkätsvaren till omgivningsfaktorer. Målbefolkningen för enkäten var alla personer bosatta i Stockholms län i åldrarna 18-84 år som varit folkbokförda i Sverige i minst fem år, motsvarande 1 560 318 personer (i januari 2015). I samarbete med Statistiska Centralbyrån (SCB) skickades enkäten till 35 000 slumpvalda personer ur målbefolkningen, varav totalt 14 464 (41 procent) personer svarade. Undersökningen kompletterades av SCB med uppgifter om kön, ålder, län, kommun, församling, födelseland och civilstånd från registret över totalbefolkningen, samt med uppgifter om utbildning från utbildningsregistret och om inkomst från inkomst- och taxeringsregistret. Alla data levererades i avidentifierad form vilket innebär att enskilda individer inte kan spåras.

Tabell 1. Information om Miljöhälsoenkät 2015, urval Stockholms län.

Antal skickade enkäter	35 000
Antal besvarade enkäter	14 464
Antal besvarade enkäter med tillstånd*	12 360
Svarsfrekvens	41 procent
Svarsfrekvens med tillstånd**	35 procent
Målbefolkning	1,56 miljoner personer

* Antal svarande som också gett sitt tillstånd att använda bostadens geografiska adresskoordinat.

** Andel (procent) svarande som också gett sitt tillstånd att använda bostadens geografiska adresskoordinat.

Exponeringsbedömning

Exponeringsberäkningarna i denna studie baseras på en databas med till övervägande del redan insamlade data för beräkning av bullernivåer inom Stockholms län. Databasen administreras av Institutet för Miljömedicin (IMM), Karolinska Institutet (KI), och innehåller offentliga data så som terräng (3D laserskannad), markyta (hård/mjuk), trafikflöden på vägar (>1000 fordon/dygn) och spår, skyltad hastighet, fastigheter, bullerskärmar och vallar (enbart för år 2015) samt konturer för flygbuller runt Arlanda och Bromma (modellerade av Swedavia utifrån radarspår). En uppdatering av databasen gjordes för år 2015 där nya data inhämtades från berörda myndig-

heter, däribland SLB Analys, Lantmäteriet (Metria), Trafikverket och Trafikförvaltningen. För väg- och spårtrafik har exponeringen beräknats utifrån en förenklad version av den Nordiska beräkningsmodellen (Ögren 2016). Exponeringen har beräknats 2m över mark i den exakta adresspunkten i $L_{Aeq,24h}$. Skärmning och reflexer från byggnader har beräknats utifrån ett så kallat Ground Space Index som utgår ifrån bebyggelsens täthet. Ljudnivåerna har även transformerats från $L_{Aeq,24h}$ till L_{den} för att möjliggöra internationella jämförelser. Vid denna transformering användes schablonvärden (i huvudsak baserat på dygnsfördelning i trafikflöden) motsvarande +3,4 dB för vägtrafik och +6,0 dB för spårtrafik (Jonasson 2005).

För beräkning av befolkningens exponering för trafikbuller i nuläget och bakåt i tiden kombinerades populationsdata från SCB med indata i IMMs databas för åren 1990, -95, 2000, -05, -10 och -15. Inom varje 100-metersruta gjordes fyra skattningar av bullernivån och utifrån dessa beräknades ett medelvärde som attribuerades till antalet personer i den specifika rutan. För 2015 beräknades ljudnivåer både med och utan bullerskärmar. Då byggnadsår saknades för en majoritet av bullerskärmar var det dock inte möjligt att ta med skärmning vid beräkningar av exponeringen före år 2015. Resultaten presenteras som antalet och andelen exponerade, dels inom varje femdecibelsintervall från ≤ 45 dB till ≥ 70 dB $L_{Aeq,24h}$, dels baserat på de olika riktvärdesnivåer som används för trafikbuller i Sverige, dvs. ≥ 55 dB, ≥ 60 dB samt ≥ 65 dB $L_{Aeq,24h}$ (≥ 55 dB FBN för flygtrafik). För ytterligare jämförelse presenteras även resultat utifrån WHO's hälsobaserade riktvärden för trafikbuller, dvs. 53 dB L_{den} för vägtrafik, 54 dB L_{den} för spårtrafik och 45 dB L_{den} för flygtrafik.

För exponeringsskattningen av deltagare inom MHE 15 användes varje individs adresskoordinat i kombination med indata från IMMs databas för år 2015 (alternativt senast tillgängliga data) för att skatta ljudnivån från respektive trafikslag vid bostaden. I dessa beräkningar har dämpning av ljudnivån från bullerskärmar och vallar tagits med. Skillnader i deltagarnas exponering undersöks utifrån de riktvärdesnivåer som presenterats ovan.

Statistiska analyser

För att undersöka om exponeringen förändrats över tid användes ett Chi2-test för att jämföra andel exponerade vid första respektive sista beräkningsåret.

I syfte att undersöka om det finns grupper i befolkningen som är särskilt utsatta för trafikbuller genomfördes stratifierade analyser baserat på olika riktvärdesnivåer där skillnaden mellan grupperna analyserades med wald-test. Stratifieringsvariabler inkluderade *kön* (kvinna/man), *ålder* (18-39 år, 40-59 år, 60-84 år), *födelseland* (Sverige, Övriga Norden, Övriga Europa, Övriga världen), *civilstånd* (Gift, Ogift, Skild, Änka/Änkling), *Utbildningsnivå* (Grundskola, Gymnasium, Högskola), *hushållets inkomst* (0-299 999, 300 000-599 999, 600 000-) samt *bostadstyp* (Småhus, Flerfamiljshus).

Livskvalitet mättes i MHE 15 med hjälp av en *visuell analog skala (VAS)* från 0-100. Sambandet mellan trafikbuller och livskvalitet analyserades med linjär regression och har justerats för kön, ålder, födelseland, civilstånd, utbildningsnivå och hushållets inkomst. Resultaten presenteras som medelvärde i VAS för de olika riktvärdesnivåerna samt som beta koefficienter med tillhörande 95 % konfidensintervall (KI) för respektive trafikslag.

Försämrad *talförståelse och kommunikation* definierades som andelen som svarat att de *dagligen* eller *varje vecka året runt* har svårt att höra radio/TV, har svårt att föra

ett telefonsamtal eller svårt att föra ett vanligt samtal. Samband med trafikbuller analyserades med logistisk regression och justerades för ovan nämnda störfaktorer. Resultaten presenteras som Oddskvoter (OR) med tillhörande 95% konfidensintervall (KI) kopplat till ljudnivån utomhus vid bostaden för respektive trafikslag.

Allmän störning definierades som de som *besvärades mycket eller väldigt mycket* av buller från vägtrafik, tågtrafik eller flygtrafik i eller i närheten av bostaden. Resultaten presenteras som observerat antal och andel mycket eller väldigt mycket besvärade av trafikbuller i eller i närheten av bostaden uppdelat för olika ljudnivåer i femdecibelsintervall från 40 till ≥ 70 dB $L_{Aeq,24h}$ (FBN för flygtrafik) för respektive trafikslag. Det görs även en jämförelse mellan störningsnivåerna i MHE 15 och WHO:s standardkurvor för trafikbuller och störning som presenterades i WHO:s Environmental Noise Guidelines for the European Region (WHO 2018, Guski 2018). I denna jämförelse modelleras exponering-responssambanden mellan buller och störning med logistisk regression samt med restricted cubic splines i de fall sambanden inte var logit-linjära. Utöver detta undersöks hur sambanden mellan ljudnivå och störning påverkas av byggnadstyp (Flerfamiljshus, Småhus), byggnadsår (Före 1941, 1941-76, 1976-), om det genomförts åtgärder i bostaden för att minska bullernivån, t.ex. komplettering av befintliga fönster med extra ljudruta, byte av fönster och/eller friskluftsventiler eller isolering av fasad och/eller tak (Ja, Nej) och huruvida bostaden är vänd mot en bullerutsatt sida eller ej, definierat som att bostaden har fönster direkt vänt mot en större gata eller trafikled, järnväg, industri eller industriområde (Ja, Nej). Skillnader mellan olika strata testades genom ett log-likelihood ratio test.

Sömnstörning definierades som de som *dagligen eller varje vecka året runt* a) har svårt att somna, b) blir väckt eller c) upplever en försämrad sömnkvalitet till följd av trafikbuller i eller i närheten av bostaden (Ja, Nej). Tyvärr saknas frågor i MHE 15 som kan koppla sömnstörning till respektive trafikslag vilket gör att resultaten för sömn inte kan presenteras källspecifikt. Resultaten presenteras därför som observerat antal och andel sömnstörda (a, b och c separat) i relation till en sammanvägd exponering för väg- och spårtrafik uppdelat i olika ljudnivåer i femdecibelsintervall från 40 till ≥ 70 dB $L_{Aeq,24h}$. I dessa analyser har personer som exponeras för flygbuller ≥ 40 dB FBN exkluderats ($n=1\,243$) på grund av att flygbuller inte mäts med samma indikator (FBN) som väg- och spårtrafikbuller ($L_{Aeq,24h}$) och således inte går att väga samman med övriga källor. Det görs även en analys av exponering-responssambandet mellan ljudnivån vid bostaden (väg- och spårtrafik sammanvägt) och den totala andelen sömnstörda, dvs. där variablerna svårt att somna, blir väckt och försämrad sömnkvalitet har slagits ihop. För dessa analyser användes logistisk regression samt restricted cubic splines i de fall sambanden inte var logit-linjära. Slutligen undersöktes om rapporteringen av sömnstörning till följd av trafikbuller skiljer sig åt beroende på om man sover med öppet fönster eller ej samt om sovrummet är placerat mot en bullerutsatt sida eller inte. Skillnader mellan olika strata testades genom ett log-likelihood ratio test.

Stockholms regionala etikprövningsnämnd har godkänt genomförande av detta projekt (Dnr: 2018/1597-31/5).

Resultat

Exponering i befolkningen, nuläge

Resultaten från våra beräkningar visar att totalt 395 056 personer, motsvarande 17,7 procent av länets befolkning, exponeras för ljudnivåer från något av trafikslagen som överstiger 55 dB $L_{Aeq,24h}$ (FBN för flygtrafik). Flest personer exponeras för buller från vägtrafik (332 999 personer, motsvarande 15,0 procent av befolkningen), följt av spårtrafik (66 650 personer, 3,0 procent) och flygtrafik (11 015 personer, 0,5 procent).

Utgår man istället från WHO:s hälsobaserade riktvärden (53 dB L_{den} för vägtrafik, 54 dB L_{den} för spårtrafik och 45 dB L_{den} för flygtrafik) är en betydligt större del av länets population utsatt för buller som kan vara potentiellt skadligt för hälsan. Totalt utsätts då 926 127 personer, motsvarande 41,6 procent av befolkningen, för minst en bullerkälla vid bostaden motsvarande WHO:s riktvärde eller högre. Flest exponeras för buller från vägtrafik (658 682 personer, motsvarande 29,6 procent av befolkningen), följt av flygtrafik (250 799 personer, 11,3 procent) och spårtrafik (180 607 personer, 8,1 procent).

Det finns överlappningar i exponering mellan de olika trafikslagen, på grund av att vissa är exponerade för mer än en bullerkälla, vilket gör att andelen totalt exponerade blir lägre än en summering av andelen exponerade för respektive trafikslag. I nedanstående avsnitt redovisas antal och andel exponerade separat för respektive bullerkälla.

Vägtrafik

I tabell 2 redovisas antal och andel av befolkningen i Stockholms län som exponeras för vägtrafikbuller i olika ljudnivåer beräknat för år 2015 (senaste tillgängliga data), med respektive utan bullerskärmar. Resultaten visar att bullerskärmar ger skydd till 18 610 personer (0,8 procent av befolkningen i Stockholms län) bland de som är exponerade över 50 dB $L_{Aeq,24h}$.

Tabell 2. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för vägtrafikbuller av olika ljudnivåer, med respektive utan bullerskärmar. Baserat på trafikflödesuppgifter från år 2015.

Ljudnivå, dB $L_{Aeq,24h}$	Utan bullerskärmar n (%)	Med bullerskärmar n (%)
<45	1 120 076 (50,3)	1 133 683 (50,9)
45-49	428 083 (19,2)	433 085 (19,5)
50-54	330 385 (14,8)	325 683 (14,6)
55-59	200 632 (9,0)	190 746 (8,6)
60-64	101 696 (4,6)	98 543 (4,4)
65-69	35 220 (1,6)	34 632 (1,6)
≥70	9 359 (0,4)	9 078 (0,4)
Svenska riktvärdesnivåer, dB $L_{Aeq,24h}$		
≥55	346 906 (15,6)	332 999 (15,0)
≥60	146 274 (6,6)	142 253 (6,4)
≥65	44 578 (2,0)	43 710 (2,0)
WHOs hälsobaserade rikt- värde, dB L_{den}		
≥53	677 291 (30,4)	658 682 (29,6)

*Baserat på befolkningsmängden i Stockholms län för år 2015 (2 225 450).

Spårtrafik

I tabell 3 redovisas antal och andel av befolkningen i Stockholms län som exponeras för spårtrafikbuller i olika ljudnivåer, beräknat för år 2012 (senaste tillgängliga data), med respektive utan bullerskärmar.

Tabell 3. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för spårtrafikbuller av olika ljudnivåer (med respektive utan bullerskärmar). Baserat på trafikflödesuppgifter från år 2012.

Ljudnivå, dB $L_{Aeq,24h}$	Utan bullerskärmar n (%)	Med bullerskärmar n (%)
<45	1 978 339 (88,9)	1 983 784 (89,1)
45-49	100 749 (4,5)	94 020 (4,2)
50-54	72 004 (3,2)	80 996 (3,6)
55-59	41 988 (1,9)	38 571 (1,7)
60-64	18 492 (0,8)	14 989 (0,7)
65-69	8 358 (0,4)	9 149 (0,4)
≥70	5 520 (0,2)	3 941 (0,2)
Svenska riktvärdesnivåer, dB $L_{Aeq,24h}$		
≥55	74 358 (3,3)	66 650 (3,0)
≥60	32 370 (1,5)	28 079 (1,3)
≥65	13 878 (0,6)	13 090 (0,6)
WHOs hälsobaserade rikt- värde, dB L_{den}		
≥54	183 458 (8,2)	180 607 (8,1)

*Baserat på befolkningmängden i Stockholms län för år 2015 (2 225 450).

Flygtrafik

I tabell 4 redovisas antal och andel i befolkningen i Stockholms län som exponeras för flygtrafikbuller i olika ljudnivåer, beräknat för år 2013 (senaste tillgängliga data).

Tabell 4. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för flygtrafikbuller av olika ljudnivåer. Baserat på bullerkonturer runt Arlanda och Bromma för år 2013.

Ljudnivå, dB FBN	n (%*)
<45	1 983 742 (89,1)
45-49	194 184 (8,7)
50-54	36 514 (1,6)
55-59	10 612 (0,5)
≥60	398 (0,0)
Svensk riktvärdesnivå, dB FBN	
≥55	11 015 (0,5)
WHOs hälsobaserade riktvärde dB L_{den}	
≥45	250 799 (11,3)

*Baserat på befolkningsmängden i Stockholms län för år 2015 (2 225 450).

Exponering i befolkningen, förändring över tid

Vägtrafik

I tabell 5 redovisas antal och andel i befolkningen i Stockholms län som exponerats för vägtrafikbuller vid olika ljudnivåer över tid, beräknat för år 1990, -95, 2000, -05, -10 och -15. Då information om byggnadsår för bullerskärmar saknas bakåt i tiden redovisas här alla beräkningar utan hänsyn till bullerskärmar.

Tabell 5. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för vägtrafikbuller vid olika ljudnivåer för tidsperioden 1990-2015.

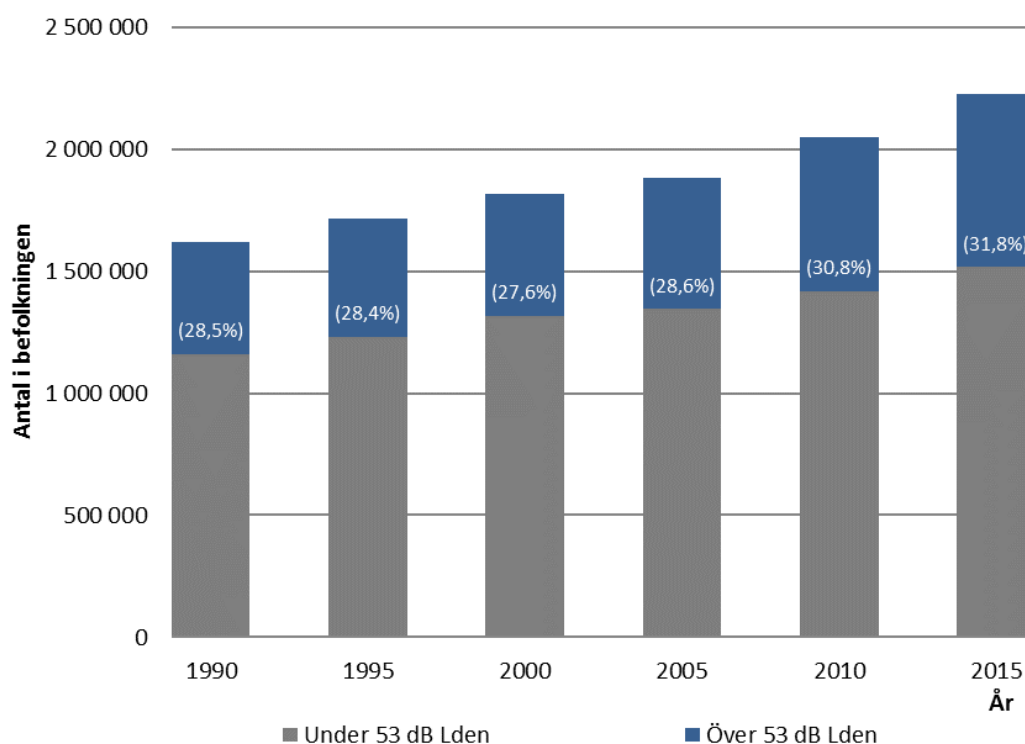
Ljud- nivå, dB <i>L_{Aeq,24h}</i>	År					
	1990 n (%)	1995 n (%)	2000 n (%)	2005 n (%)	2010 n (%)	2015 n (%)
<45	878 737 (54,2)	930 473 (54,2)	1 015 037 (55,8)	1 026 933 (54,5)	1 073 959 (52,4)	1 120 076 (50,3)
45-49	301 840 (18,6)	323 254 (18,8)	323 563 (17,8)	342 255 (18,2)	371 042 (18,1)	428 083 (19,2)
50-54	213 456 (13,2)	224 407 (13,1)	231 229 (12,7)	247 840 (13,1)	291 295 (14,2)	330 385 (14,8)
55-59	125 183 (7,7)	134 544 (7,8)	144 571 (8,0)	153 407 (8,1)	176 410 (8,6)	200 632 (9,0)
60-65	71 480 (4,4)	75 702 (4,4)	69 770 (3,8)	78 323 (4,2)	91 311 (4,5)	101 696 (4,6)
65-69	24 132 (1,5)	23 989 (1,4)	27 940 (1,5)	30 256 (1,6)	35 474 (1,7)	35 220 (1,6)
≥70	6 038 (0,4)	5 884 (0,3)	6 173 (0,3)	6 203 (0,3)	10 172 (0,5)	9 359 (0,4)
Total bef.	1 620 865	1 718 253	1 818 283	1 885 215	2 049 662	2 225 450

Tabell 6. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för vägtrafikbuller över olika svenska riktvärdesnivåer för tidsperioden 1990-2015.

Ljud- nivå, dB <i>L_{Aeq,24h}</i>	År					
	1990 n (%)	1995 n (%)	2000 n (%)	2005 n (%)	2010 n (%)	2015 n (%)
≥55 dB	226 832 (14,0)	240 120 (14,0)	248 454 (13,7)	268 188 (14,2)	313 367 (15,3)	346 906 (15,6)
≥60 dB	101 650 (6,3)	105 575 (6,1)	103 884 (5,7)	114 781 (6,1)	136 957 (6,7)	146 274 (6,6)
≥65 dB	30 170 (1,9)	29 873 (1,7)	34 114 (1,9)	36 459 (1,9)	45 645 (2,2)	44 578 (2,0)

Antalet personer som exponeras för buller från vägtrafik har ökat kraftigt mellan åren 1990 och 2015. Till exempel ökade antalet som exponeras över 55 dB $L_{Aeq,24h}$ med 120 074 personer under denna tid, från 226 832 personer år 1990 till 346 906 år 2015 (motsvarande 53 procents ökning) (tabell 6).

Sett till andelen i befolkningen som exponeras för vägtrafikbuller ses också en ökning över tid, om än inte lika tydlig. Till exempel ökade andelen som exponeras över 55 dB $L_{Aeq,24h}$ från 14,0 procent år 1990 till 15,6 procent år 2015. Andelen som exponeras över WHO:s hälsobaserade riktvärde (53 dB L_{den}) gick under samma tidsperiod från 28,5 till 31,8 procent (figur 1).



Figur 1. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för vägtrafikbuller över WHO:s hälsobaserade riktvärde (53 dB L_{den}) för tidsperioden 1990-2015.

Spårtrafik

I tabell 7 redovisas antal och andel av befolkningen i Stockholms län som exponerats för spårtrafikbuller vid olika ljudnivåer över tid, beräknat för åren 1995, 2000, -05, -10 och -15. Då information om byggnadsår för bullerskärmar saknas redovisas här alla beräkningar utan hänsyn till bullerskärmar.

Tabell 7. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för spårtrafikbuller vid olika ljudnivåer för tidsperioden 1995-2015.

Ljudnivå, dB $L_{Aeq,24h}$	År				
	1995 ¹ n (%)	2000 n (%)	2005 n (%)	2010 n (%)	2015 ² n (%)
<45	1 501 226 (87,4)	1 597 736 (87,9)	1 648 151 (87,4)	1 825 750 (89,1)	1 978 339 (88,9)
45-49	90 808 (5,3)	94 393 (5,2)	100 236 (5,3)	93 087 (4,5)	100 749 (4,5)
50-54	62 127 (3,6)	61 617 (3,4)	65 595 (3,5)	63 978 (3,1)	72 004 (3,2)
55-59	33 307 (1,9)	34 527 (1,9)	37 349 (2,0)	38 820 (1,9)	41 988 (1,9)
60-65	18 461 (1,1)	18 965 (1,0)	20 573 (1,1)	15 665 (0,8)	18 492 (0,8)
65-69	7 949 (0,5)	6 670 (0,4)	8 003 (0,4)	7 035 (0,3)	8 358 (0,4)
≥70	4 376 (0,3)	4 375 (0,2)	5 309 (0,3)	5 329 (0,3)	5 520 (0,2)
Total bef.	1 718 253	1 818 283	1 885 215	2 049 662	2 225 450

¹ Baserat på exponeringsdata för 1998.

² Baserat på exponeringsdata för 2012.

Tabell 8. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för spårtrafikbuller över olika svenska riktvärdesnivåer för tidsperioden 1995-2015.

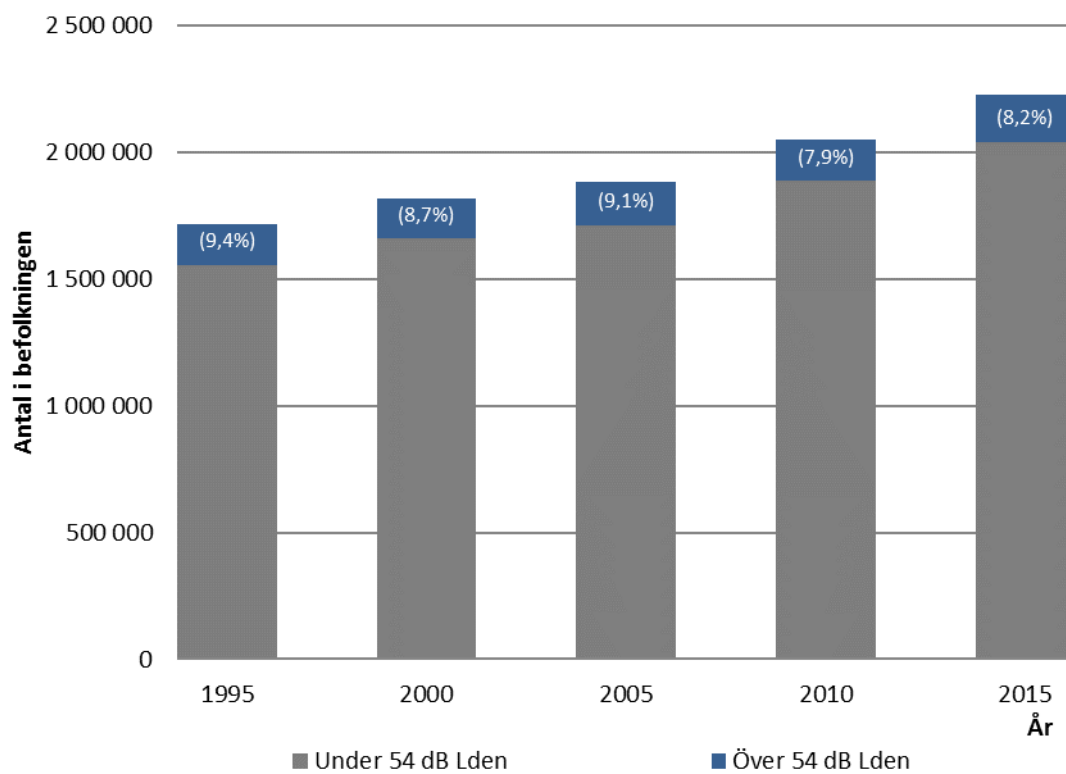
Ljudnivå, dB $L_{Aeq,24h}$	År				
	1995 ¹ n (%)	2000 n (%)	2005 n (%)	2010 n (%)	2015 ² n (%)
≥55 dB	64 092 (3,7)	64 537 (3,5)	71 233 (3,8)	66 848 (3,3)	74 358 (3,3)
≥60 dB	30 785 (1,8)	30 010 (1,7)	33 885 (1,8)	28 028 (1,4)	32 370 (1,5)
≥65 dB	12 325 (0,7)	11 046 (0,6)	13 312 (0,7)	12 364 (0,6)	13 878 (0,6)

¹ Baserat på exponeringsdata för 1998.

² Baserat på exponeringsdata för 2012.

Antalet personer som exponeras för buller från spårtrafik har ökat mellan åren 1995 och 2015. Till exempel ökade antalet som exponeras över 55 dB $L_{Aeq,24h}$ med 10 266 personer under denna tid, från 64 092 personer år 1995 till 74 358 år 2015 (motsvarande 16 procents ökning) (tabell 8).

Sett till andelen i befolkningen som exponeras för spårtrafikbuller ses ingen ökning över tid, snarare en tendens till minskning. Till exempel var andelen som exponerades över 55 dB $L_{Aeq,24h}$ 3,7 procent år 1995 och 3,3 procent år 2015. Andelen som exponeras över WHO:s hälsobaserade riktvärde (54 dB L_{den}) gick under samma tidsperiod från 9,4 till 8,2 procent (figur 2).



Figur 2. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för spårtrafikbuller över WHO's hälsobaserade riktvärde (54 dB L_{den}) för tidsperioden 1995-2015.

Flygtrafik

I tabell 9 redovisas antal och andel i befolkningen i Stockholms län som exponerats för flygtrafikbuller vid olika ljudnivåer över tid, beräknat för åren 1995, 2000, -05, -10 och -15.

Tabell 9. Antal och andel (procent) i befolkningen i Stockholms län som exponeras för flygtrafikbuller vid olika ljudnivåer för tidsperioden 1995-2015.

Ljudnivå, dB FBN	År				
	1995 n (%)	2000 n (%)	2005 n (%)	2010 n (%)	2015 ¹ n (%)
<45	1 590 542 (92,6)	1 673 548 (92,0)	1 734 689 (92,0)	1 870 494 (91,3)	1 983 742 (89,1)
45-49	83 357 (4,9)	108 213 (6,0)	113 347 (6,0)	134 325 (6,6)	194 184 (8,7)
50-54	39 129 (2,3)	30 220 (1,7)	30 198 (1,6)	34 451 (1,7)	36 514 (1,6)
55-59	5 001 (0,3)	5 985 (0,3)	6 750 (0,4)	9 954 (0,5)	10 612 (0,5)
≥60	251 (0,01)	321 (0,02)	232 (0,01)	450 (0,02)	403 (0,02)
Total bef.	1 718 253	1 818 283	1 885 215	2 049 662	2 225 450

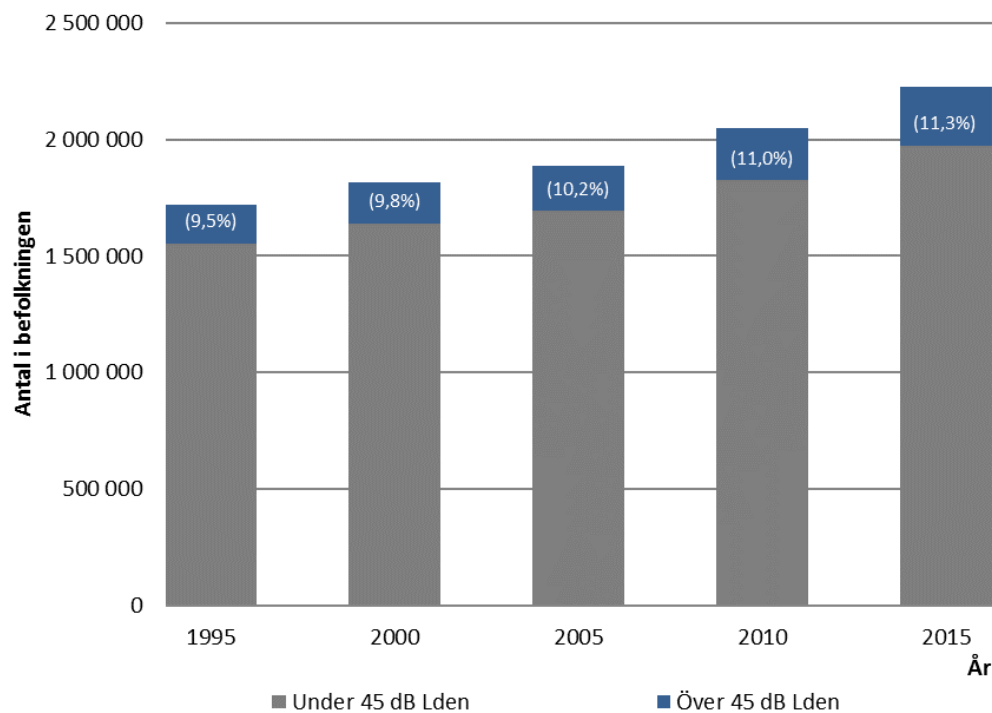
¹ Baserat på exponeringsdata för 2013.

Tabell 10. Antal och andel (procent) i befolkningen i Stockholms län som exponeras för flygtrafikbuller över riktvärdet 55 dB FBN för tidsperioden 1995-2015.

Ljudnivå, dB FBN	År				
	1995 n (%)	2000 n (%)	2005 n (%)	2010 n (%)	2015 n (%)
≥55 dB	5 252 (0,3)	6 306 (0,3)	6 982 (0,4)	10 403 (0,5)	11 015 (0,5)

Antalet personer som exponeras för buller från flygtrafik har ökat mellan åren 1995 och 2015. Till exempel ökade antalet som exponeras över 55 dB FBN med 5 763 personer under denna tid, från 5 252 personer år 1995 till 11 015 år 2015 (motsvarande 110 procents ökning) (tabell 10).

Sett till *andelen i befolkningen* som exponeras för flygtrafikbuller ses också en tendens till ökning över tid. Till exempel var andelen som exponerades över 55 dB FBN 0,3 procent år 1995 och 0,5 procent år 2015. Andelen som exponeras över WHO:s hälsobaserade riktvärde (45 dB L_{den}) gick under samma tidsperiod från 9,5 till 11,3 procent (figur 3).



Figur 3. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för flygtrafikbuller över WHO:s hälsobaserade riktvärde (45 dB L_{den}) för tidsperioden 1995-2015.

Trafikbuller från multipla källor

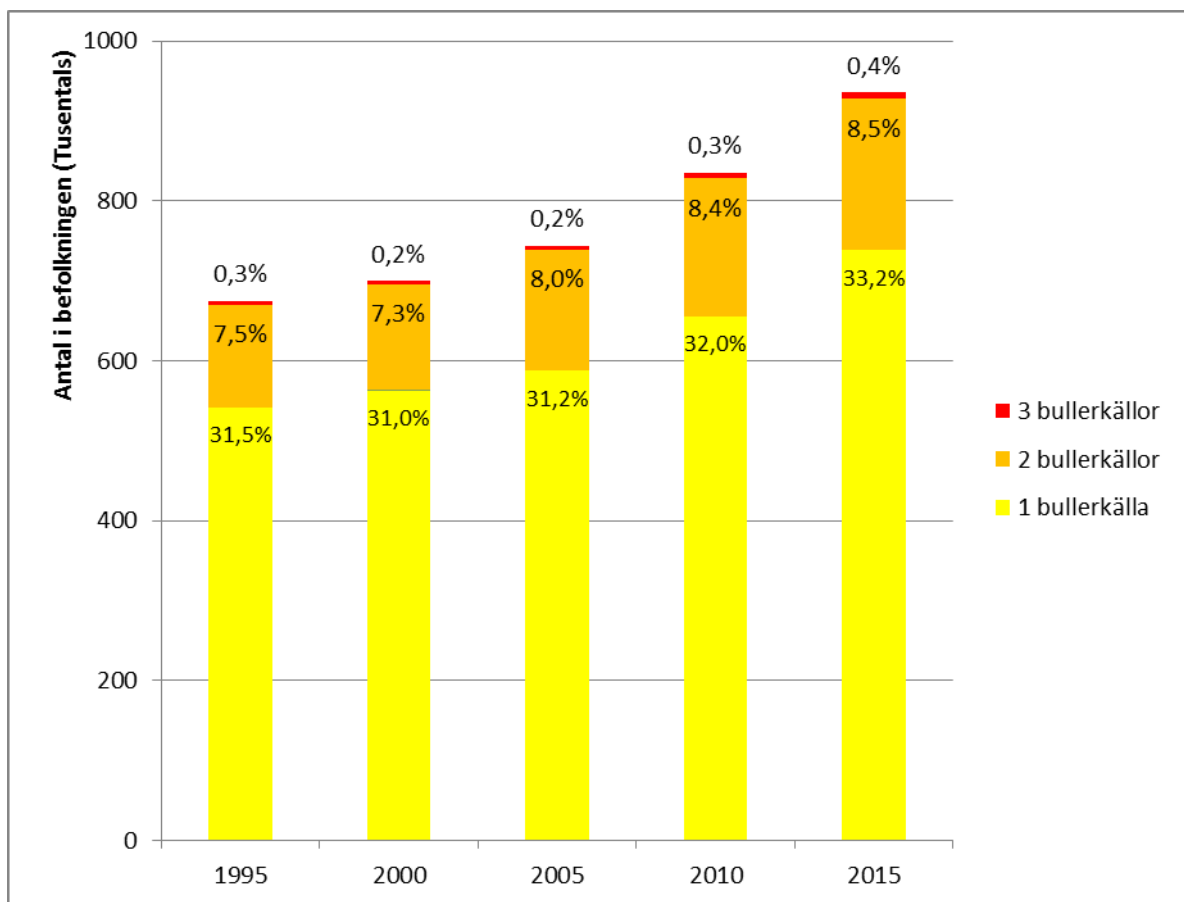
I tabell 11 redovisas antal och andel i befolkningen i Stockholms län som exponeras för ingen, en, två eller tre bullerkällor över WHO:s hälsobaserade riktvärden, dvs. 53 L_{den} för vägtrafikbuller, 54 för spårtrafikbuller och 45 dB L_{den} för flygtrafikbuller, för tidsperioden 1995-2015.

Tabell 11. Antal och andel (procent) i befolkningen i Stockholms län som exponeras för ingen, en, två eller tre bullerkällor från väg-, spår eller flygtrafik över WHO:s hälsobaserade riktvärden för tidsperioden 1995-2015.

Antal källor	År				
	1995 n (%)	2000 n (%)	2005 n (%)	2010 n (%)	2015 n (%)
Ingen	1 043 927 (60,8)	1 118 962 (61,5)	1 142 237 (60,6)	1 215 087 (59,3)	1 290 498 (58,0)
En	541 399 (31,5)	562 759 (31,0)	587 347 (31,2)	655 157 (32,0)	738 238 (33,2)
Två	128 453 (7,5)	132 878 (7,3)	151 108 (8,0)	172 585 (8,4)	188 823 (8,5)
Tre	4 475 (0,3)	3 684 (0,2)	4 524 (0,2)	6 833 (0,3)	7 891 (0,4)
Total bef.	1 718 253	1 818 283	1 885 215	2 049 662	2 225 450

Antalet personer som exponeras för mer än en bullerkälla över WHO:s hälsobaserade riktvärde har ökat mellan åren 1995 och 2015. Till exempel ökade antalet som exponeras för två bullerkällor med 60 370 personer under denna tid, från 128 453 personer år 1995 till 188 823 år 2015 (motsvarande 47 procents ökning) (tabell 11).

Även andelen som exponeras för trafikbuller från multipla källor har ökat något under denna tidsperiod, från 7,7 procent till 8,8 procent (figur 4).



Figur 4. Antal och andel (procent) av befolkningen i Stockholms län som exponeras för en, två eller tre bullerkällor som överstiger WHO:s hälsobaserade riktvärden för tidsperioden 1995-2015.

Särskilt utsatta grupper

Analyserna av särskilt utsatta grupper i befolkningen baserar sig som tidigare nämnts enbart på det urval av Stockholms läns befolkning som svarat på MHE 15 (n=12 360). Andelen exponerade vid olika riktvärdesnivåer skiljer sig därför åt från analyserna som baserats på den totala befolkningen. Storleken på det statistiska urvalet bedöms dock som tillräcklig för att kunna dra slutsatser om eventuella skillnader inom respektive stratifieringsvariabel.

För vägtrafikbuller ses statistiskt säkerställda skillnader i andelen som exponeras över samtliga ritvärdesnivåer för ålder, civilstånd, utbildningsnivå och bostadstyp (tabell 12). Personer i den yngsta åldersgruppen (18-39 år), de med högskoleutbildning, personer boende i flerfamiljshus och ogifta är de som exponeras mest. För födelseland är andelen som exponeras över WHO:s hälsobaserade riktvärde högst bland personer födda i övriga världen, men för de svenska riktvärdesnivåerna ses ingen skillnad. För hushållets inkomst ses skillnader för den lägsta svenska riktvärdesnivån (55 dB $L_{Aeq,24h}$) och för WHO:s riktvärde, där de med lägst inkomst (0-299 999 SEK) är överrepresenterade. Baserat på de högre svenska riktvärdesnivåerna finns dock ingen skillnad. Ingen tydlig skillnad i exponeringen kan ses mellan män och kvinnor.

För spårtrafik är skillnaderna inte lika tydliga (tabell 13). Endast för bostadstyp ses statistiskt säkerställda skillnader i andelen som exponeras över samtliga ritvärdesnivåer, där de som bor i flerfamiljshus är mer utsatta än de i småhus. Det finns dock en tendens till att yngre personer (18-39 år) är mer utsatta för spårbuller, liksom de som är födda i övriga Europa/världen och personer med låg inkomst. För civilstånd är andelen som exponeras över WHO:s hälsobaserade riktvärde lägst bland gifta personer, men för de svenska riktvärdesnivåerna ses ingen skillnad. För kön och utbildningsnivå ses inga direkta trender.

Vad gäller flygbuller ses inga statistiskt säkerställda skillnader i exponeringen baserat på den svenska riktvärdesnivån, annat än en tendens till att personer i åldersgruppen 40-59 år är något mer exponerade (tabell 14). Ser vi däremot till WHO:s riktvärdesnivå finns statistiskt säkerställda skillnader för ålder, födelseland, civilstånd, hushållets inkomst och bostadstyp. Personer födda i övriga Norden och övriga Världen samt de som bor i flerfamiljshus är generellt sett mest exponerade medan gifta och änkor/änklingar samt de med högst inkomst exponeras i mindre grad.

Tabell 12. Andel (procent) av de svarande i MHE 15 från Stockholms län som exponeras för vägtrafikbuller över olika riktvärdesnivåer år 2015, totalt och uppdelat på olika sociodemografiska faktorer.

Riktvärdesnivå	Andel exponerade (%)			
	≥ 55 dB L_{aeq}	≥ 60 dB L_{aeq}	≥ 65 dB L_{aeq}	≥ 53 dB L_{den}
Totalt (n=12 360)	8,6	2,8	0,4	21,7
Kön				
Kvinna (n=6 663)	8,5	2,6	0,5	22,1
Man (n=5 697)	8,7	3,0	0,4	21,3
(p-värde)	(0,704)	(0,252)	(0,48)	(0,279)
Ålder				
18-39 år (n=2 685)	11,5	4,5	0,7	27,2
40-59 år (n=4 449)	7,8	2,6	0,4	19,4
60-84 år (n=5 226)	7,7	2,0	0,3	20,8
(p-värde)	(<0,001)	(<0,001)	(0,024)	(<0,001)
Födelseland				
Sverige (n=10 632)	8,7	2,8	0,4	21,4
Övriga Norden (n=574)	6,4	1,6	0,0	20,2
Övriga Europa (n=527)	9,3	2,7	0,4	23,3
Övriga Världen (n=612)	8,5	2,9	0,7	26,1
(p-värde)	(0,289)	(0,335)	(0,35)	(0,028)
Civilstånd				
Gift (n=6 621)	6,3	2,0	0,3	17,2
Ogift (n=3 570)	12,2	4,6	0,7	27,8
Skild (n=1 658)	9,3	2,4	0,4	25,3
Änka/Änkling (n=511)	10,8	1,8	0,2	25,6
(p-värde)	(<0,001)	(<0,001)	(0,012)	(<0,001)
Utbildningsnivå				
Grundskola (n=1 391)	5,6	0,9	0,1	17,2
Gymnasium (n=5 571)	7,4	2,3	0,3	20,7
Högskola (n=5 367)	10,5	3,8	0,7	23,9
(p-värde)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)
Hushållets inkomst (SEK)				
0 – 299 999 (n=3 019)	10,8	3,0	0,4	27,7
300 000 – 599 999 (n=4 612)	8,7	3,0	0,4	21,5
600 000 - (n=4 729)	7,0	2,5	0,4	18,1
(p-värde)	(<0,001)	(0,259)	(0,986)	(<0,001)
Bostadstyp				
Småhus (n=6 509)	1,8	0,3	0,0	8,8
Flerfamiljshus (n=5 801)	16,2	5,6	0,8	36,2
(p-värde)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)

Tabell 13. Andel (procent) av de svarande i MHE 15 från Stockholms län som exponeras för spårtrafikbuller över olika riktvärdesnivåer år 2012, totalt och uppdelat på olika sociodemografiska faktorer.

Riktvärdesnivå	Andel exponerade (%)			
	≥55 dB L _{aeq}	≥60 dB L _{aeq}	≥65 dB L _{aeq}	≥54 dB L _{den}
Totalt (n=12 360)	2,2	0,6	0,2	7,0
Kön				
Kvinna (n=6 663)	2,3	0,8	0,2	7,2
Man (n=5 697)	2,0	0,4	0,1	6,9
(p-värde)	(0,351)	(0,01)	(0,084)	(0,572)
Ålder				
18-39 år (n=2 685)	2,3	0,9	0,3	8,2
40-59 år (n=4 449)	2,1	0,6	0,1	6,5
60-84 år (n=5 226)	2,1	0,5	0,1	6,9
(p-värde)	(0,847)	(0,236)	(0,025)	(0,03)
Födelseland				
Sverige (n=10 632)	2,1	0,6	0,2	7
Övriga Norden (n=574)	0,9	0,3	0,0	5,9
Övriga Europa (n=527)	3,8	0,8	0,0	7,6
Övriga Världen (n=612)	2,8	1,0	0,3	7,7
(p-värde)	(0,006)	(0,569)	(0,405)	(0,631)
Civilstånd				
Gift (n=6 621)	1,9	0,6	0,2	5,7
Ogift (n=3 570)	2,4	0,7	0,1	8,7
Skild (n=1 658)	2,8	0,9	0,2	8,8
Änka/Änkling (n=511)	1,8	0,2	0,2	7,6
(p-värde)	(0,104)	(0,29)	(0,731)	(<0,001)
Utbildningsnivå				
Grundskola (n=1 391)	2,5	0,3	0,1	7,8
Gymnasium (n=5 571)	1,8	0,6	0,1	6,7
Högskola (n=5 367)	2,4	0,8	0,2	7,2
(p-värde)	(0,078)	(0,099)	(0,717)	(0,323)
Hushållets inkomst (SEK)				
0 – 299 999 (n=3 019)	3,1	0,9	0,2	9,7
300 000 – 599 999 (n=4 612)	2,0	0,7	0,1	6,4
600 000 - (n=4 729)	1,8	0,5	0,1	5,9
(p-värde)	(<0,001)	(0,069)	(0,451)	(<0,001)
Bostadstyp				
Småhus (n=6 509)	1,1	0,3	0,0	3,6
Flerfamiljshus (n=5 801)	3,3	1,1	0,3	10,9
(p-värde)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)	(<0,001)

Tabell 14. Andel (procent) av befolkningen i Stockholms län (baserat på MHE 15) som exponeras för flygtrafikbuller över olika svenska riktvärdesnivåer år 2013, totalt och uppdelat på olika sociodemografiska faktorer.

Riktvärdesnivå	Andel exponerade (%)	
	≥55 dB FBN	≥45 dB L_{den}
Totalt (n=12 360)	0,4	9,0
Kön		
Kvinna (n=6 663)	0,4	9,0
Man (n=5 697)	0,4	10,0
(p-värde)	(0,787)	(0,458)
Ålder		
18-39 år (n=2 685)	0,4	10,0
40-59 år (n=4 449)	0,6	9,0
60-84 år (n=5 226)	0,3	10,0
(p-värde)	(0,055)	(0,025)
Födelseland		
Sverige (n=10 632)	0,4	9,0
Övriga Norden (n=574)	1,0	14,0
Övriga Europa (n=527)	0,4	8,0
Övriga Världen (n=612)	0,5	12,0
(p-värde)	(0,125)	(<0,001)
Civilstånd		
Gift (n=6 621)	0,4	8,0
Ogift (n=3 570)	0,5	12,0
Skild (n=1 658)	0,5	10,0
Änka/Änkling (n=511)	0,2	8,0
(p-värde)	(0,505)	(<0,001)
Utbildningsnivå, grupperat		
Grundskola (n=1 391)	0,3	9,0
Gymnasium (n=5 571)	0,4	9,0
Högskola (n=5 367)	0,5	10,0
(p-värde)	(0,55)	(0,611)
Hushållets inkomst (SEK)		
0 – 299 999 (n=3 019)	0,5	11,0
300 000 – 599 999 (n=4 612)	0,4	10,0
600 000 - (n=4 729)	0,4	8,0
(p-värde)	(0,738)	(<0,001)
Bostadstyp		
Småhus (n=6 509)	0,4	5,0
Flerfamiljshus (n=5 801)	0,4	14,0
(p-värde)	(0,888)	(<0,001)

Buller och besvärssrapportering

Livskvalitet

Livskvaliteten i urvalet från MHE 15 var i medeltal 75,6 på VAS-skalan baserat på de 12 286 personer som besvarat frågan. I tabell 15 presenteras medel på VAS-skalan för respektive trafikslag uppdelat på de olika riktvärdesnivåerna.

Tabell 15. Livskvalitet uttryckt som medel på en VAS-skala för respektive trafikslag, uppdelat på de olika riktvärdesnivåerna.

Ljudnivå	VAS ¹ (medelvärde)		
	Vägtrafik	Spårtrafik	Flygtrafik
Svenska riktvärdesnivåer, dB L_{Aeq,24h}			
≥55	75,9	74,2	76,6
≥60	76,7	75,2	- ²
≥65	77,5	75,7	- ²
WHOs hälsobaserade riktvärden, dB L_{den}			
≥54, ≥53 respektive ≥45	80,6	76,6	75,1

¹ Visuell Analog Skala (VAS) från 0 till 100 där 0 innebär sämsta tänkbara livskvalitet och 100 står för bästa tänkbara livskvalitet

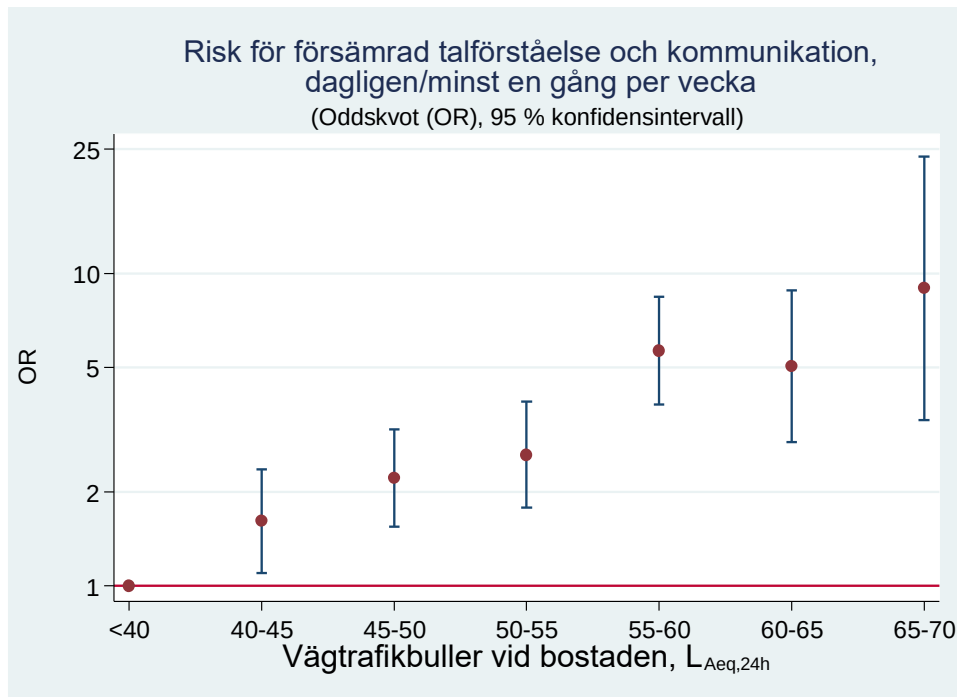
² För få observationer.

Resultaten från regressionsanalysen visade på ett samband mellan stigande vägtrafikbuller och försämrad livskvalitet, dvs. lägre skattning på VAS-skalan ($\beta_{VAS} = -0,39$; 95 % KI -0,69 till -0,08, per 10 dB ökning), då ingen hänsyn togs till olika stör-faktorer. Efter justering för kön, ålder, civilstånd, utbildning och hushållets inkomst **var** dock sambandet inte längre statistiskt säkerställt ($\beta_{VAS} = -0,13$; 95 % KI -0,44 till 0,18, per 10 dB ökning). För spår- och flygtrafik observerades inte heller några statistiskt säkerställda samband mellan ljudnivå och upplevd livskvalitet ($\beta_{VAS} = -0,17$; 95 % KI -0,47 till 0,12 för spårtrafik och $\beta_{VAS} = -0,11$; 95 % KI -0,54 till 0,32, per 10 dB ökning per 10 dB ökning).

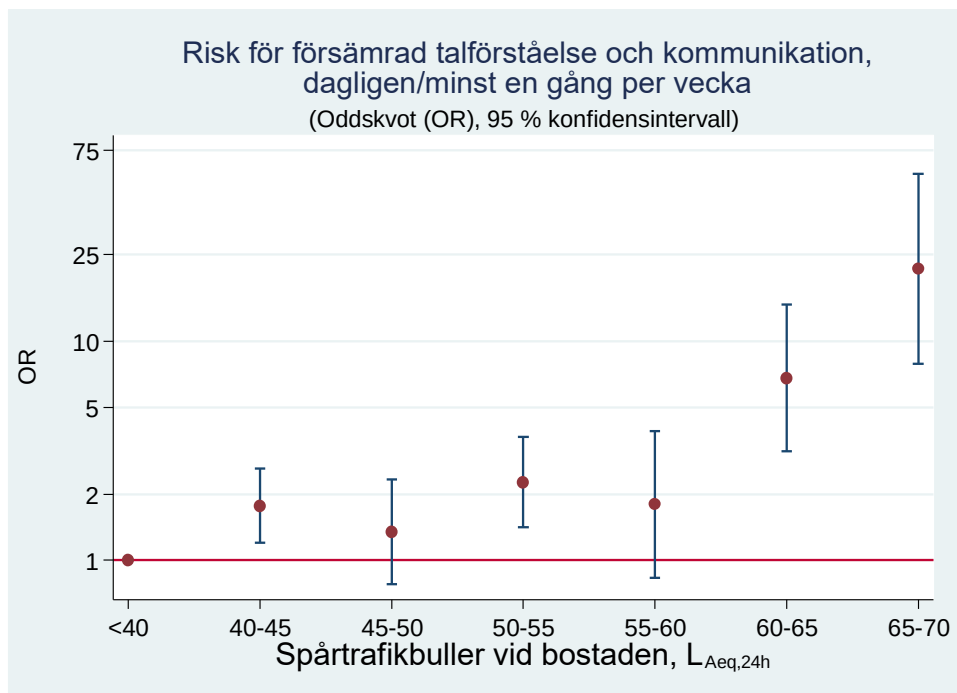
Talförståelse och kommunikation

Totalt 288 personer, motsvarande 2,4 procent av de 12 252 personer i MHE 15 som besvarat frågan upplevde att de dagligen eller varje vecka året runt hade en försämrad talförståelse eller kommunikation till följd av buller i eller i närheten av sin bostad. Resultaten från regressionsanalysen visade på statistiskt säkerställda samband mellan stigande ljudnivå och en försämrad talförståelse och kommunikation för samtliga tre trafikslag, även efter justering för kön, ålder, civilstånd, utbildning och hushållets inkomst (figur 5 a-c).

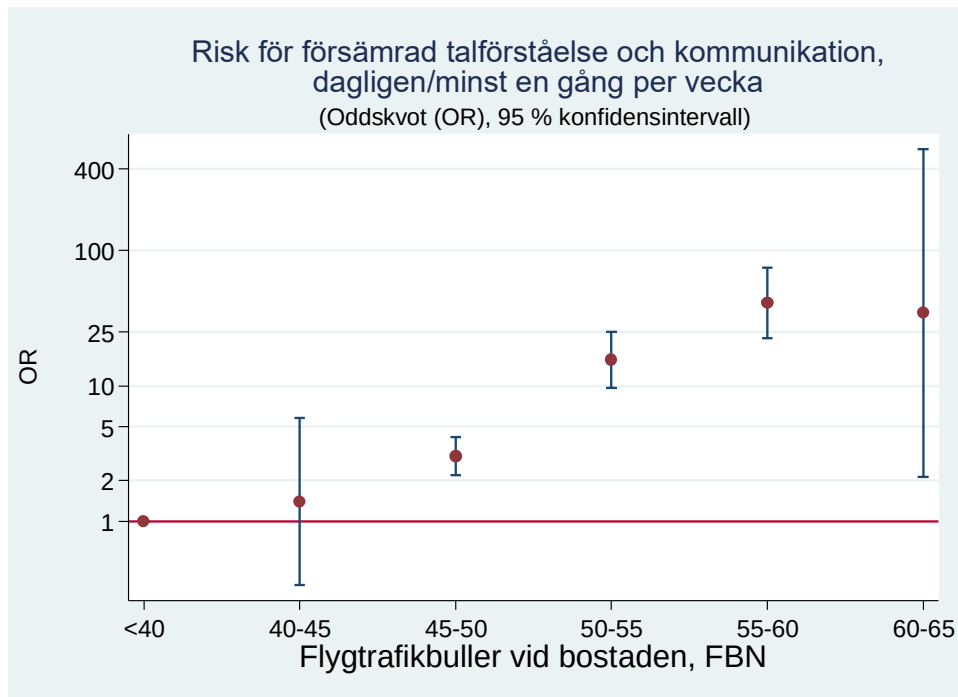
a.



b.



c.



Figur 5. Risk (OR) för försämrad talförståelse och kommunikation i relation till ljudnivån utomhus vid bostaden för a) vägtrafik, b) spårtrafik och c) flygtrafik.

Allmän störning

Totalt var 770 personer (6,3 procent) mycket eller väldigt mycket störda av buller från vägtrafik i MHE 15 Stockholms län, baserat på de 12 245 personer som besvarat frågan. För spårtrafik och flygtrafik var motsvarande siffror 151 (1,2 procent) och 413 (3,4 procent). I tabell 16 presenteras observerat antal och andel mycket eller väldigt mycket besvärade av trafikbuller uppdelat för olika ljudnivåer i femdecibelsintervall från <40 till ≥70 dB $L_{Aeq,24h}$. Vid en jämförelse av de tre trafikslagen är flygbuller den bullerkälla som ger upphov till den högsta andelen bullerstörda vid samma ljudnivå.

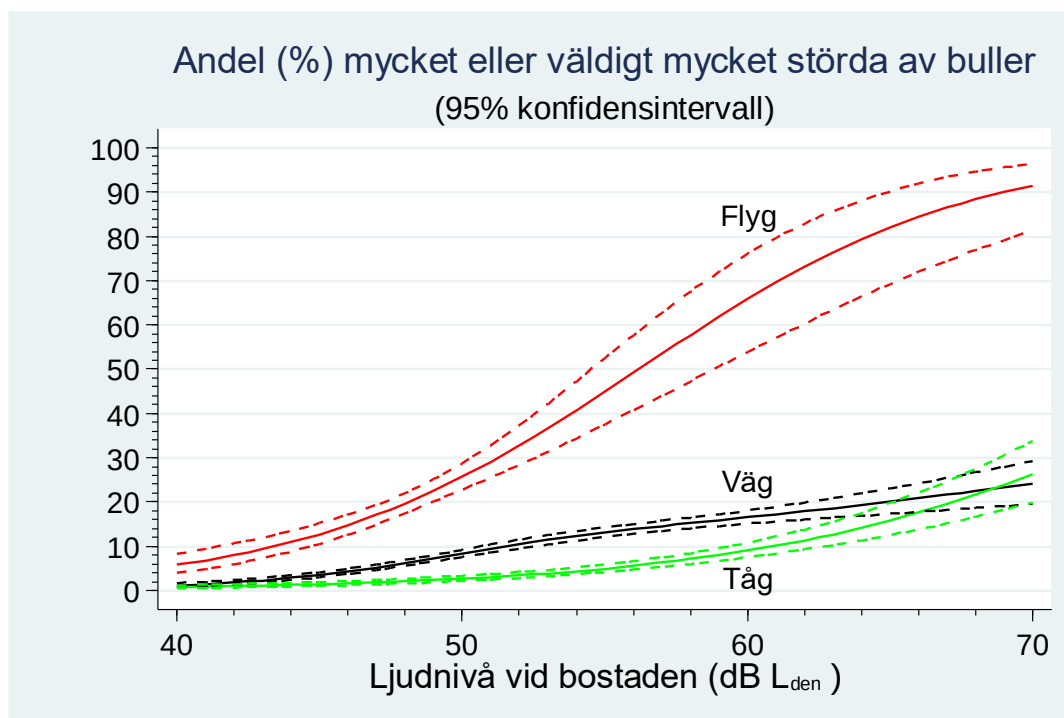
Tabell 16: Antal och andel (%) mycket eller väldigt mycket bullerstörda i MHE15 Stockholms län, uppdelat på olika ljudnivåintervall från 40 till 70 dB $L_{Aeq,24h}$ för respektive trafikslag.

Ljudnivå dBA ¹	Mycket eller väldigt mycket bullerstörd n (%)		
	Vägtrafik (N=12 245)	Spårtrafik (N=12 221)	Flygtrafik (N=12 221)
<40	76 (1,5)	37 (0,4)	163 (1,5)
40-45	98 (4,0)	18 (2,1)	11 (16,2)
45-50	194 (8,6)	16 (3,2)	168 (17,1)
50-55	211 (14,7)	40 (9,5)	40 (33,6)
55-60	128 (18,2)	25 (13,4)	30 (60,0)
60-65	50 (17,2)	10 (17,5)	- ²
65-70	10 (21,7)	5 (27,8)	- ²
≥70	- ²	- ²	- ²
Totalt	770 (6,3)	151 (1,2)	413 (3,4)

¹För väg- och spårtrafik avses $L_{Aeq,24h}$ och för flygtrafik avses FBN.

² -För få observationer

I figur 6 presenteras *modellerade* exponering-responskurvor mellan bullernivån vid bostaden uttryckt i L_{den} och andelen mycket eller väldigt mycket störda för respektive trafikslag. I detta svenska urval nås WHO:s kritiska effekt 10 procent bullerstörda vid 52 dB L_{den} (cirka 49 dB $L_{Aeq,24h}$) för vägtrafik, vid 61 dB L_{den} (cirka 55 dB $L_{Aeq,24h}$) för spårtrafik och vid 44 dB L_{den} (cirka 44 dB FBN) för flygtrafik.



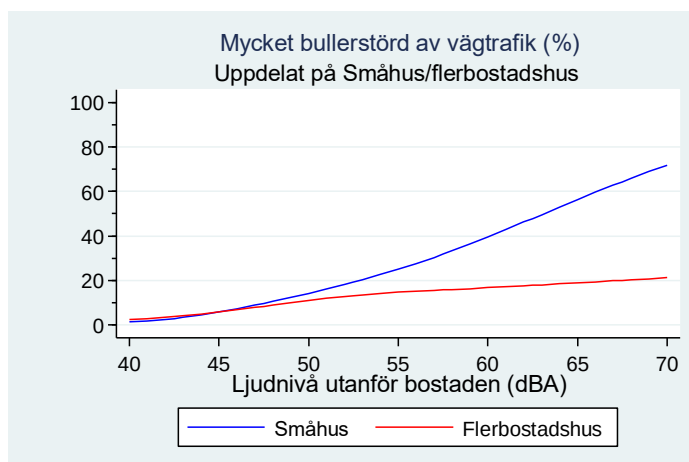
Figur 6: Modellerade exponering-responskurvor mellan bullernivån vid bostaden uttryckt i L_{den} och andelen mycket eller väldigt mycket störda för respektive trafikslag.

Nedan presenteras exponering-responssamband mellan trafikbuller (L_{den}) och andel mycket eller väldigt mycket störda uppdelat på byggnadstyp, byggnadsår, om det genomförts bullerdämpande åtgärder i bostaden eller ej och om bostaden vetter mot en bullerutsatt sida eller ej.

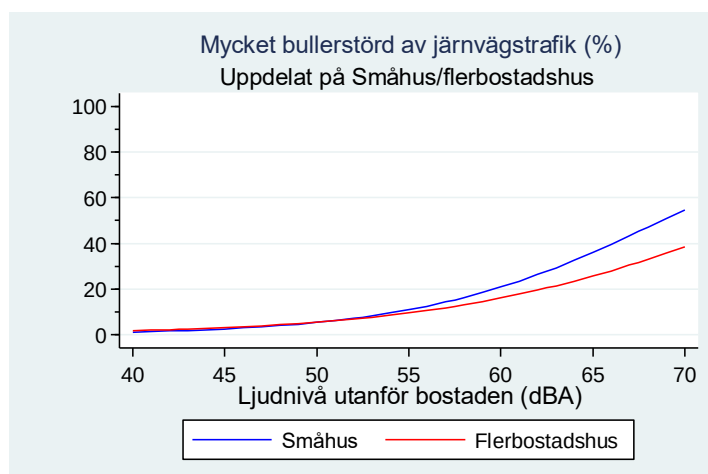
Byggnadstyp

Resultaten visar en statistiskt säkerställd skillnad i störningsgrad beroende på byggnadstyp för både buller från vägtrafik och flygtrafik (figur 7). Andelen mycket eller väldigt mycket bullerstörda var högre vid samma ljudnivå bland de som bodde i småhus jämfört med personer i flerfamiljshus. Till exempel var andelen störda av vägtrafik 40 procent vid ljudnivån 60 dB $L_{Aeq,24h}$ bland personer i småhus och bara 18 procent bland de i flerfamiljshus. För buller från spårtrafik sågs dock ingen statistiskt säkerställd skillnad.

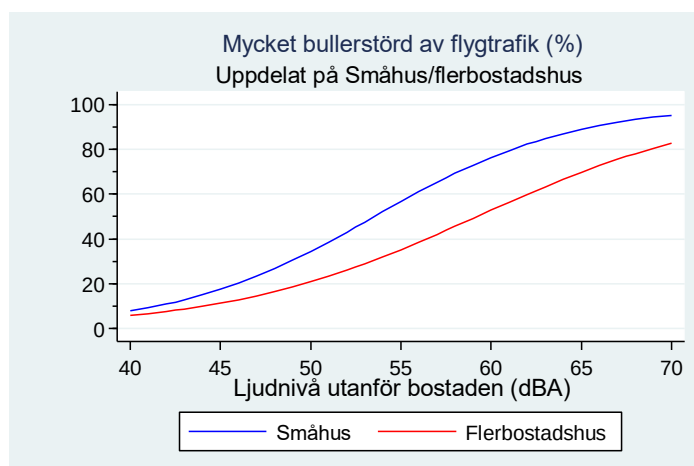
a.



b.



c.

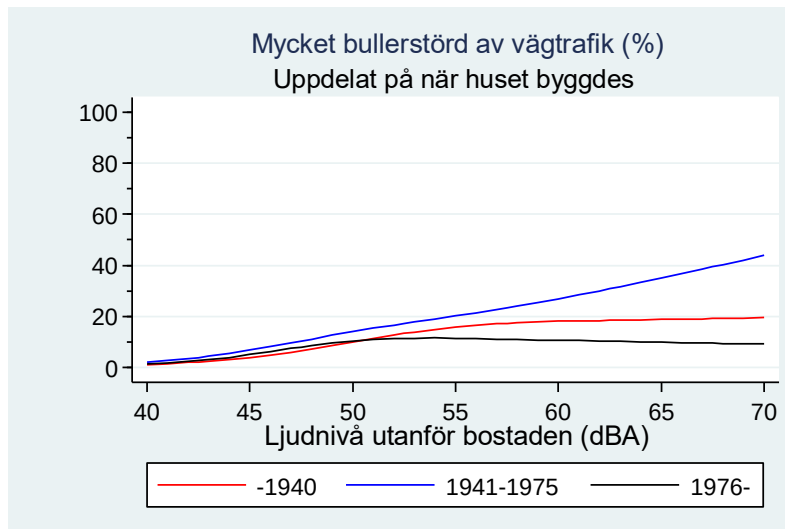


Figur 7. Bullerstörning beroende på byggnadstyp för a) vägtrafik ($p=0,0001$), b) spårtrafik ($p=0,3222$) och c) flygtrafik ($p<0,0001$).

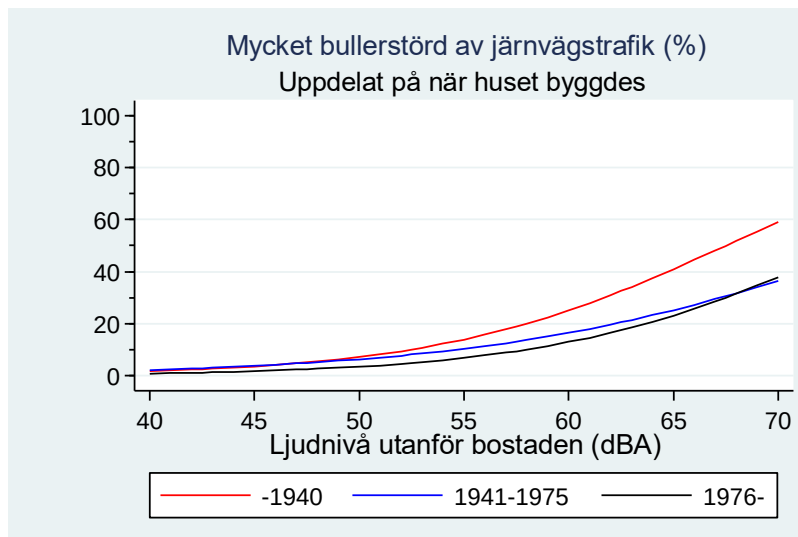
Byggnadsår

Andelen mycket eller väldigt mycket störda av vägtrafikbuller var som högst i bostäder byggda mellan åren 1941-1975 och som lägst i bostäder byggda efter 1976 (figur 8). Denna skillnad var särskilt tydlig vid ljudnivåer över 55 dB. För spår- och flygtrafikbuller observerades den högsta andelen bullerstörda för byggnader som byggdes före 1941, men skillnad var bara statistik säkerställd för flygtrafik.

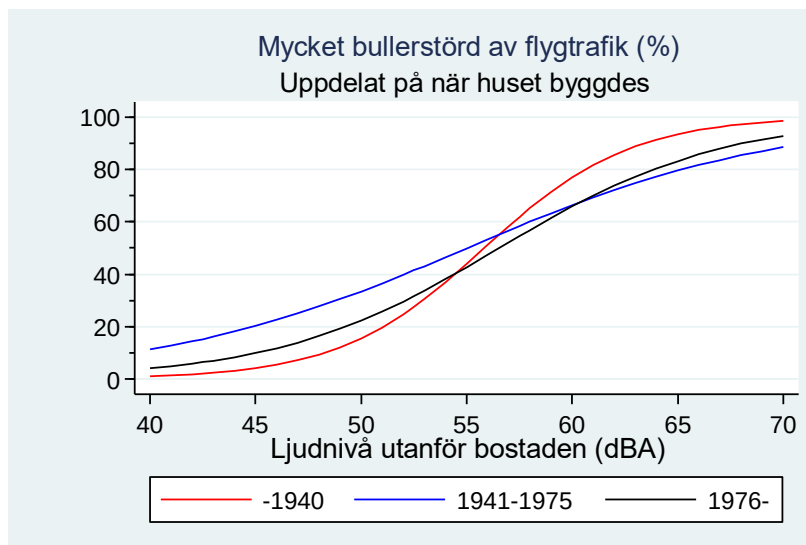
a.



b.



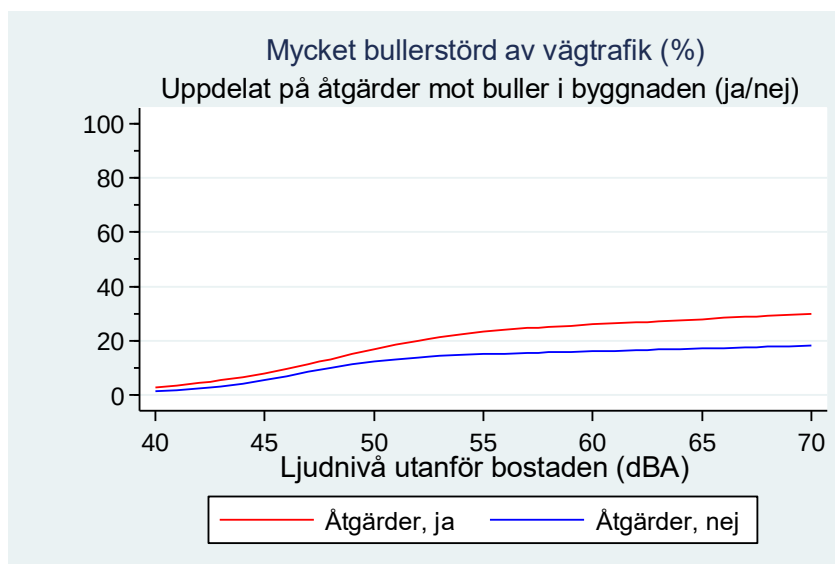
c.



Figur 8. Bullerstörning till följd av (a) vägtrafik ($p=0,0517$), (b) spårtrafik ($p=0,5130$) och (c) flygtrafik ($p=0,0299$) beroende på byggnadsår.

Bullerreducerande åtgärder i bostaden

För vägtrafikbuller observerades en något högre andel störda bland personer som bor i bostäder där det genomförts åtgärder för att reducera bullernivån inomhus. Skillnaden var dock inte statistiskt säkerställd (figur 9). För spår- och flygtrafik sågs ingen signifikant skillnad beroende på om åtgärder utförts i bostaden eller ej ($p=0,4518$ respektive $0,6322$, data visas ej).

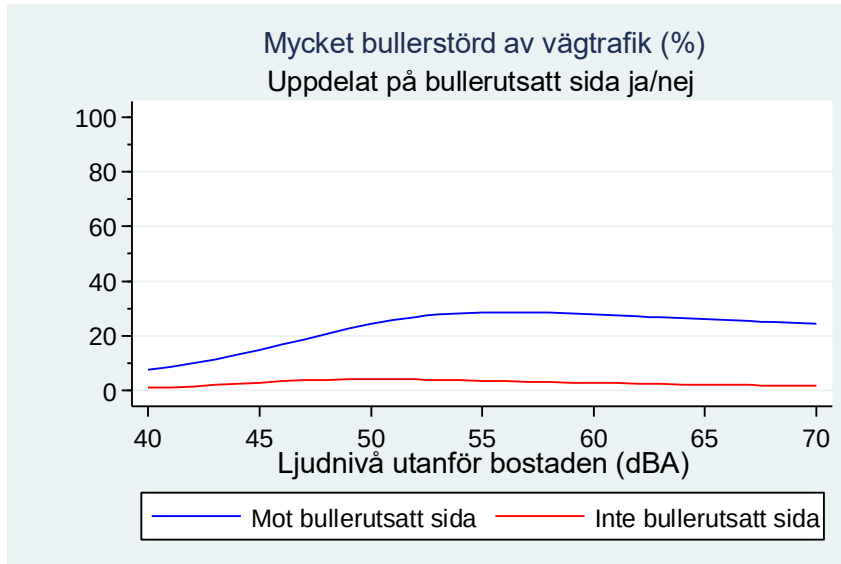


Figur 9. Bullerstörning till följd av vägtrafikbuller ($p=0,5349$) beroende på om de genomförts åtgärder för att minska bullret inomhus i bostaden eller ej.

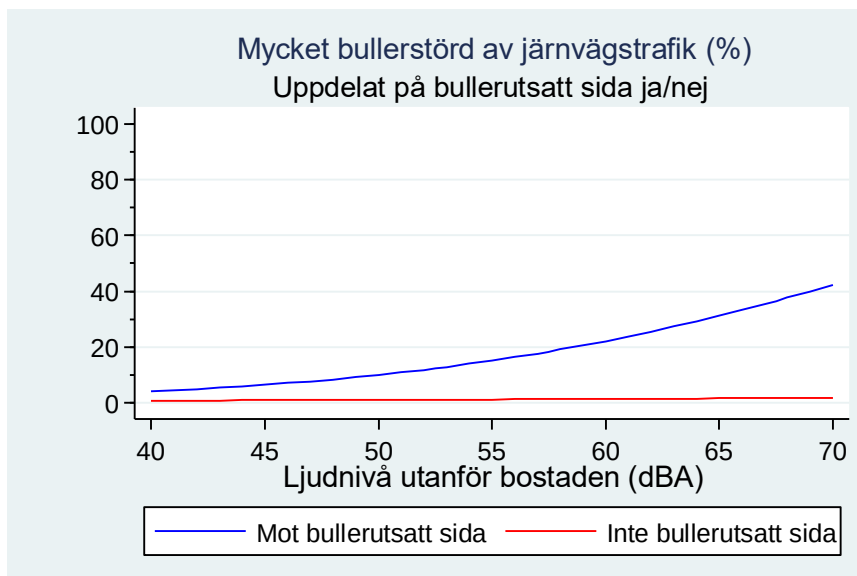
Bostad mot bullerutsatt sida

Dessa analyser gäller enbart väg- och spårtrafikbuller. För såväl väg- som spårtrafik visar resultaten en högre andel bullerstörda bland personer som bor i bostäder med fönster mot bullerutsatt sida (figur 10).

a.



b.



Figur 10. Bullerstörning till följd av (a) vägtrafik ($p < 0,0001$) och (b) spårtrafik ($p < 0,0001$) beroende på om bostaden är vänd mot en bullerutsatt sida eller ej.

Sömnstörning

Totalt rapporterade 495 personer (4,0 procent) att de dagligen eller varje vecka året runt har svårt att somna, blir väckta eller upplever en försämrad sömnkvalitet till följd av trafikbuller (källan ej specificerad) i MHE 15 för Stockholms län, baserat på de 12 265 personer som besvarat frågan.

I tabell 17 presenteras andelen som rapporterar sömnstörning till följd av trafikbuller uppdelat för olika ljudnivåer i femdecibelsintervall från <45 till 70 dB $L_{Aeq,24h}$. I dessa analyser har personer som exponeras för flygbuller ≥ 40 dB FBN exkluderats (n=1 243) på grund av att flygbuller inte mäts med samma indikator (FBN) som väg- och spårtrafikbuller ($L_{Aeq,24h}$). Av samma skäl har ljudnivån vid bostaden summerats endast för väg- och spårtrafik. Vid ljudnivåer mellan 55-60 dB $L_{Aeq,24h}$ var andelen sömnstörda i MHE 15 cirka 3,5 procent, mellan 60-65 dB cirka 5 procent och mellan 65-70 dB ca 8 procent.

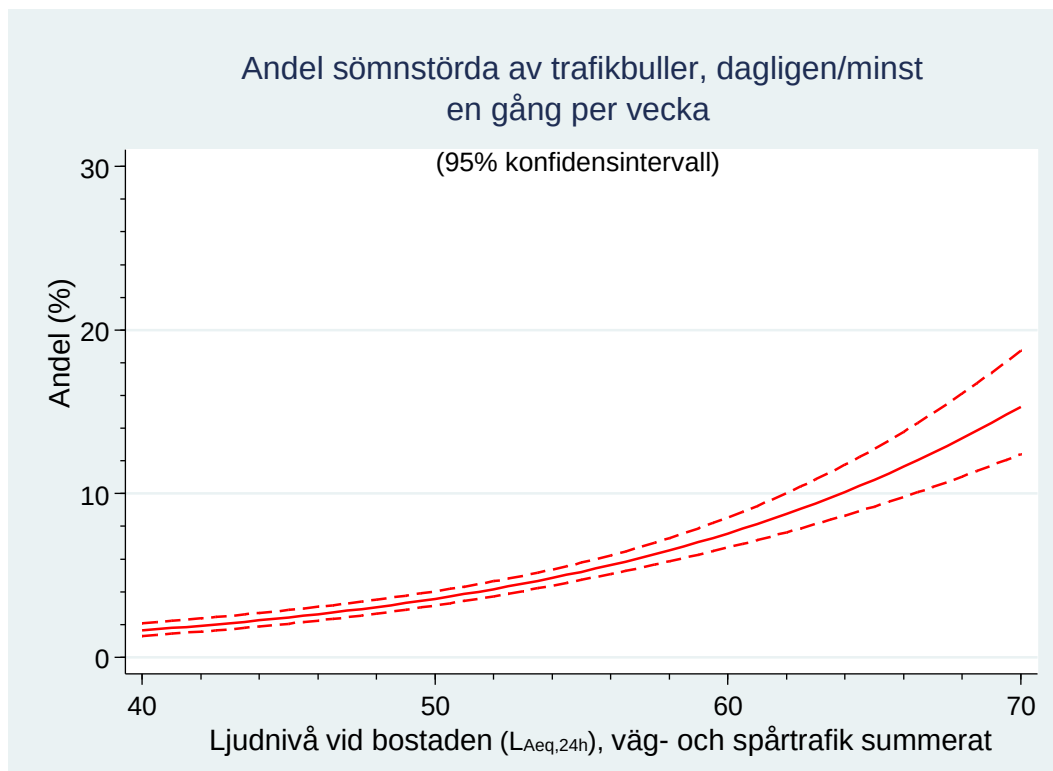
Tabell 17: Antal och andel (%) av de svarande i MHE 15 för Stockholms län som rapporterar sömnstörning till följd av trafikbuller uppdelat för olika ljudnivåer.

Ljudnivå dB $L_{Aeq,24h}$ ²	Sömnstörda till följd av trafikbuller ¹		
	Svårt att somna (n=10 854)	n (%) Blir väckt (n=10 842)	Försämrad sömnkvalitet (n=10 806)
<40	13 (0,5)	16 (0,6)	16 (0,6)
40-45	12 (0,6)	17 (0,9)	19 (1,0)
45-50	29 (1,4)	34 (1,6)	39 (1,9)
50-55	37 (1,9)	36 (1,8)	41 (2,1)
55-60	41 (3,1)	40 (3,0)	51 (3,9)
60-65	29 (4,1)	31 (4,4)	40 (5,7)
65-70	18 (6,8)	21 (7,9)	23 (8,7)
Totalt	179 (1,6)	195 (1,8)	229 (2,1)

¹ I dessa analyser har personer som exponeras för flygbuller ≥ 40 dB FBN exkluderats (n=1 243). Detta för att flygbuller inte mäts med samma indikator som väg- och spårtrafikbuller.

² Ljudnivå vid bostaden för summan av de antilogaritmerade ljudnivåerna från väg- och spårtrafik.

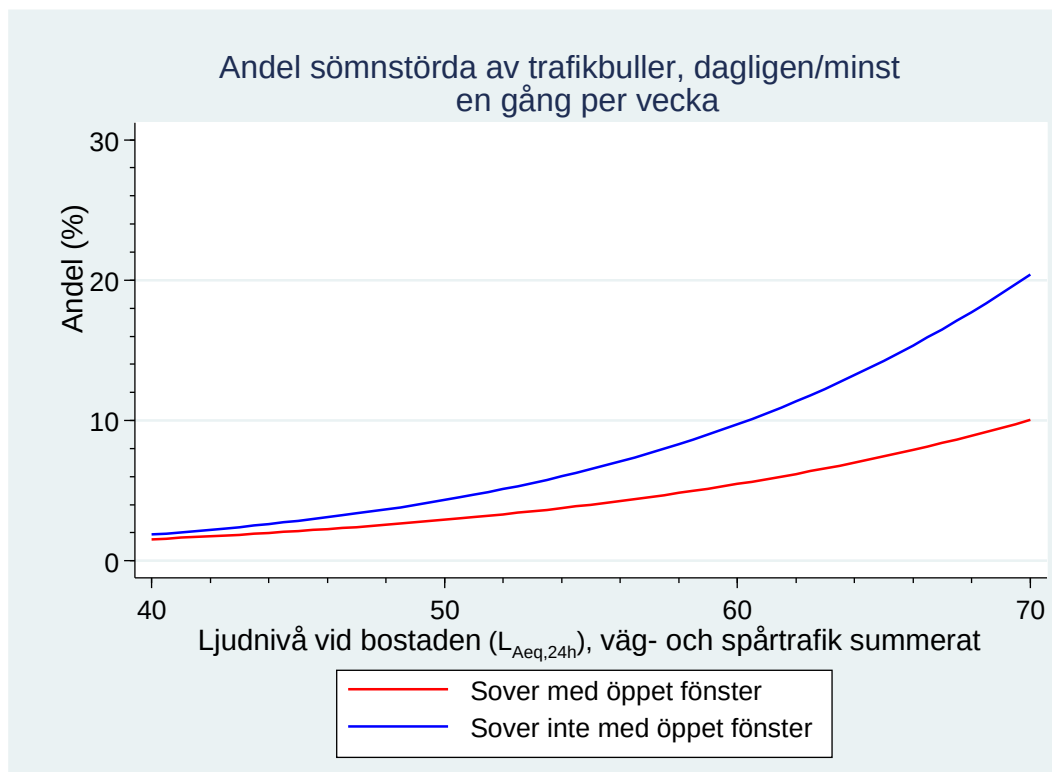
I figur 11 redovisas modellerade exponering-responssamband mellan den sammanlagda ljudnivån från väg- och spårtrafik utomhus vid bostaden och andel följd av trafikbuller (personer som exponeras för flygbuller ≥ 40 dB FBN exkluderade). Resultaten visar på en ökande grad av sömnstörning i befolkningen med ökande bullernivå. Figur 12 och 13 visar hur sambandet ser ut beroende på fönsteröppningsvanor och sovrummets lokalisering gentemot bullerutsatt sida eller ej. För båda faktorerna fanns statistiskt säkerställda skillnader mellan grupperna.



Figur 11: Exponering-responssamband mellan ljudnivå från väg- och spårtrafik utomhus vid bostaden och andel (%) i MHE 15 Stockholms län som minst en gång per vecka upplever sömnstörning till följd av trafikbuller (personer som exponeras för flygbuller ≥ 40 dB FBN exkluderade).

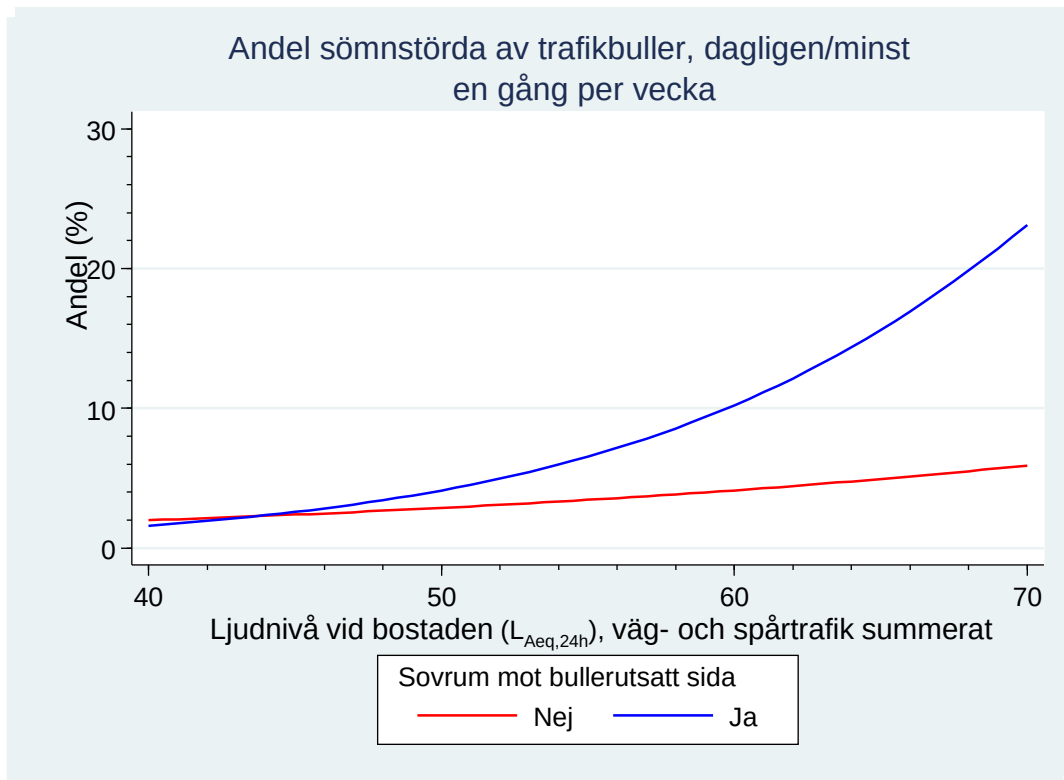
Nedan presenteras exponering-responssamband mellan ljudnivå från väg- och spårtrafik utomhus vid bostaden och andel (%) i MHE 15 Stockholms län som minst en gång per vecka upplever sömnstörning till följd av trafikbuller uppdelat på om man sover med öppet fönster eller ej samt om sovrummet är vänt mot en bullerutsatt sida eller inte.

Sover med öppet fönster



Figur 12: Exponering-responssamband mellan ljudnivå från väg- och spårtrafik utomhus vid bostaden och andel (%) i MHE 15 Stockholms län som minst en gång per vecka upplever sömnstörning till följd av trafikbuller (personer som exponeras för flygbuller ≥ 40 dB FBN exkluderade), uppdelat på om man sover med öppet fönster eller ej ($p < 0,0001$).

Sovrum mot bullerutsatt sida



Figur 13: Exponering-responssamband mellan ljudnivå från väg- och spårtrafik utomhus vid bostaden och andel (%) i MHE 15 Stockholms län som minst en gång per vecka upplever sömnstörning till följd av trafikbuller (personer som exponeras för flygbuller ≥ 40 dB FBN exkluderade), uppdelat på om sovrummet är vänt mot en bullerutsatt sida eller ej ($p < 0,0001$).

Diskussion och slutsatser

Resultaten från denna rapport visar att sammanlagt 395 056 personer, motsvarande 17,6 procent av Stockholms läns befolkning, utsätts för någon form av trafikbuller som överstiger 55 dB dygnsekvivalent ljudnivå. Flest personer exponeras för buller från vägtrafik (332 999 personer, motsvarande 15,0 procent av befolkningen), följt av spårtrafik (66 650 personer, 3,0 procent) och flygtrafik (11 015 personer, 0,5 procent). Antalet och andelen exponerade varierar dock kraftigt beroende på vilken ljudnivå som används för att definiera den exponerade gruppen. För att ge en så komplett bild som möjligt har vi i denna rapport därför gjort beräkningar utifrån ett antal olika definitioner som utgår dels ifrån våra Svenska riktvärdesnivåer (SFS 2015:216, SFS 2017:359), dels ifrån WHO:s hälsobaserade riktvärden (WHO 2018). Då WHO:s riktvärden (se faktaruta) används för att definiera den exponerade gruppen beräknas att 42 procent av länets befolkning utsätts för någon form av trafikbuller (väg-, spår eller flygtrafik) som överstiger den rekommenderade nivån.

Sett över tid har det skett en kraftig ökning av antalet som utsätts för trafikbuller i Stockholms län. Mellan åren 1990 och 2015 ökade till exempel antalet som exponeras för vägtrafikbuller över 55 dB $L_{Aeq,24h}$ med 120 074 personer (motsvarande 53 procents ökning). Under motsvarande period ökade antalet som exponeras för spårtrafikbuller med 10 266 personer (16 procent) och för flygtrafik med 5 763 personer (110 procent). En viss del av de ökningarna som observeras kan bero på en bättre noggrannhet i data på senare år, till exempel på grund av digitalisering och att fler vägar inkluderats i trafiknätet. Den största delen av ökningen kan dock tillskrivas den ökning av totalbefolkningen som skett inom länet under den aktuella perioden. Stockholms läns befolkning ökade från ca 1,6 miljoner år 1990 till ca 2,2 miljoner år 2015 (SCB). Sett till andelen i befolkningen som utsätts för trafikbuller har det också skett vissa ökningarna, dock inte lika markanta för alla trafikslag. För vägtrafik ökade andelen som exponeras över 55 dB $L_{Aeq,24h}$ från 14,0 procent år 1990 till 15,6 procent år 2015. Andelen som exponerades för spårtrafik minskade under samma period något, från 3,7 procent till 3,3 procent, men vad gäller flygtrafik sågs en tendens till ökning, från 0,3 procent till 0,5 procent.

Analyserna av särskilt utsatta grupper i befolkningen vad gäller exponering för trafikbuller baserades på ett urval av befolkningen i Stockholms län, närmare bestämt de personer som besvarat Miljöhälsoenkät 2015 ($n=12\,360$). Inom ramen för denna undersökning har det inte varit möjligt att undersöka samvariation mellan de olika faktorerna utan de undersöks endast var för sig. Resultaten ska därför tolkas med viss försiktighet men kan ändå ge ledning om vilka grupper som är mest utsatta. För vägtrafikbuller sågs statistiskt säkerställda skillnader för ålder, civilstånd, utbildningsnivå och bostadstyp. Särskilt utsatta för buller var yngre personer (18-39 år), ogifta, de med högskoleutbildning och personer boende i flerfamiljshus. För födelseland och hushållets inkomst är resultaten inte entydiga. Baserat på de lägre riktvärdesnivåerna (≥ 55 dB $L_{Aeq,24h}$ och ≥ 53 dB L_{den}) ses en tendens till att personer födda i Europa och övriga världen samt de med lägst hushållsinkomst är överrepresenterade. Denna skillnad finns dock inte för de högre riktvärdesnivåerna (≥ 60 respektive 65 dB $L_{Aeq,24h}$). För spårtrafik är det tydligt att personer boende i flerfamiljshus är de som är värst utsatta. Det finns också tendenser till att yngre personer (18-39 år), personer födda i övriga världen, ogifta eller skilda personer och de med låg inkomst är mer exponerade för tågbuller, men här är sambanden inte statistiskt säkerställda i alla riktvärdesnivåer. Vad gäller utbildning och kön ses inga tydliga skillnader i exponeringen. För flygbuller ses inga statistiskt säkerställda mellan grupperna om man utgår ifrån den svenska riktvärdesnivån, 55 dB FBN. Med denna definition är andelen som klassas

som exponerad dock mycket liten (endast 0,4 procent) vilket gör det svårt att dra slutsatser om eventuella skillnader. Används istället WHO:s hälsobaserade riktvärde (45 dB L_{den}) fångas en större del av den grupp i befolkningen som utsätts för flygbuller (9 procent). Baserat på detta riktvärde framträder skillnader i exponeringen beroende på födelseland, civilstånd, hushållets inkomst och bostadstyp. Mest utsatta är personer födda i övriga Norden/Världen, ogifta eller skilda personer, låginkomsttagare (0-299 999 SEK) och personer i flerfamiljshus.

Flera rapporter har under senare tid visat att den miljörelaterade hälsan är ojämnt fördelad bland olika befolkningsgrupper och att exponering för skadliga miljöfaktorer är högst i urbana områden (EEA 2018, WHO 2019). Grupper av lägre socioekonomisk status, t.ex. arbetslösa, låginkomsttagare och de med lägre utbildning, tenderar att vara de mest utsatta, både till följd av en högre exponering och beroende på en generellt sett högre sårbarhet. Även äldre, barn och personer med dålig hälsa ses som särskilt sårbara grupper. Resultaten från den föreliggande rapporten tyder på att Stockholms Region inte är undantaget denna typ av ojämlikheter. Bullerexponeringen för samtliga trafikslag är genomgående högre för flerfamiljshus än för småhus vilket talar för att urbana områden är de mest utsatta. För samtliga trafikslag tenderar också låg inkomst att vara relaterat till en högre utsatthet för buller. Även yngre, ogifta och skilda personer tenderar att vara mer utsatta. Resultaten är dock inte helt entydiga vad gäller koppling mellan bullerexponering och socioekonomisk status. För vägtrafikbuller till exempel, är andelen som utsätts för buller över riktvärdesnivåerna genomgående högre bland de med högskoleutbildning i jämförelse med de med lägre utbildning. Några definitiva slutsatser om utsatta grupper ska dock inte dras från denna undersökning då urvalet inte tillfullo representerar totalbefolkningen. Vid en undersökning av svarsfrekvensen i olika grupper i MHE 15 framkom att svarsfrekvensen var lägre än genomsnittet bland män, yngre personer, ej gifta, lågutbildade, låginkomsttagare och personer födda utanför Norden (Miljöhälsorapport Stockholms län 2017). I den föreliggande undersökningen observerades även en skillnad i andelen som exponeras för trafikbuller i MHE 15 jämfört med analyserna av hela befolkningen. Till exempel var andelen som utsätts för vägtrafikbuller ≥ 55 dB $L_{Aeq,24h}$ 15,0 procent baserat på hela befolkningen och endast 8,6 procent i urvalet från MHE 15. Det finns således en kraftig underrepresentation av exponerade personer med låg socioekonomisk status i MHE 15 jämfört med Stockholms Region som helhet.

Vi fann i denna undersökning att ljudnivån för trafikbuller utanför bostaden inte var relaterat till upplevd livskvalitet, men däremot till försämrad talförståelse och kommunikation, allmän bullerstörning och sömnstörning. För livskvalitet fanns ett samband med vägtrafikbuller då ingen hänsyn till olika störfaktorer togs. Efter justering för kön, ålder, födelseland, civilstånd, utbildningsnivå och hushållets inkomst var dock sambandet inte statistiskt säkerställt, något som tyder på att livskvalitet i högre utsträckning förklaras av dessa variabler än bullerexponering. Vad gäller talförståelse och kommunikation fanns dock statistiskt säkerställda samband med buller från samtliga trafikslag, även efter justering för ovannämnda faktorer. Med ökande ljudnivå ökar således även andelen i befolkningen som rapporterar försämrad talförståelse och kommunikation.

För samtliga tre trafikslag fanns även tydliga exponering-responssamband mellan ljudnivån utanför bostaden och andel mycket eller väldigt mycket bullerstörda i populationen. Vid samma ljudnivå var andelen bullerstörda högst för flygtrafik, följt av väg- och spårtrafik. I syfte att jämföra resultaten med de exponering-responssamband som tagits fram av WHO (Guski 2018, WHO 2018) modellerades exponering-responskurvor mellan bullernivån vid bostaden uttryckt i L_{den} och andelen mycket eller väldigt mycket störda för respektive trafikslag utifrån data i MHE 15 (figur 6). Resultaten visar att WHO:s kritiska effekt om 10 procent bullerstörda i detta svenska urval

nås vid 52 dB L_{den} (cirka 49 dB $L_{Aeq,24h}$) för vägtrafik, vid 61 dB L_{den} (cirka 55 dB $L_{Aeq,24h}$) för spårtrafik och vid 44 dB L_{den} (cirka 44 dB FBN) för flygtrafik. Vad gäller buller från väg- och flygtrafik överensstämmer data från Stockholms län således i detta avseende väl med de nivåer som beräknats av WHO (53 respektive 45 dB L_{den}). För spårtrafik ligger vi i Stockholm dock lägre i störningsgrad än vad WHO uppskattat (10 procent störda vid 54 dB L_{den}). Vidare undersöktes även hur sambanden modifierades beroende på byggnadstyp, byggnadsår, om det genomförts åtgärder i bostaden för att minska bullret inomhus och om bostaden är vänd mot en bullerutsatt sida eller ej. Dessa analyser ska tolkas med försiktighet då vi enbart studerat en faktor i taget och inte kunnat genomföra komplexare analyser av hur faktorerna samvarierar. Resultaten indikerar dock att det finns skillnader i störningsrapportering beroende på bostadstyp, byggnadsår och om bostaden är vänd mot en bullerutsatt sida eller ej, men inte vad gäller åtgärder. Småhusägare rapporterade mer störning till följd av buller från både väg- och flygtrafik. Orsakerna till detta är oklar och kan inte förklaras inom ramen för denna studie. Vidare indikerar resultaten att bostadens byggnadsår kan inverka på de boendes störningsgrad. För vägtrafik rapporterade personer boende i bostäder byggda mellan åren 1941-75 störning i högre utsträckning, en tidsperiod då många bostäder med en relativt låg ljudstandard byggdes (Carlsson 2012). För flyg- och spårtrafik var dock störningsgraden högst bland personer i hus byggda före 1941 (om än bara statistiskt säkerställd skillnad för flyg). För att reda ut orsakerna till dessa skillnader behövs en mer komplett analys av byggnadernas fasadkonstruktion under olika tidsperioder kopplat till störningsgrad. Slutligen visar resultaten om störning att personer som bor i bostäder som är vända mot en bullerutsatt sida rapporterar en betydligt högre grad av störning än de som inte bor mot en bullerutsatt sida. Att utforma bostäder så att de vänds mot en bullerskyddad/tyst sida kan således vara ett effektivt sätt att minska bullerstörning i befolkningen.

Självrapporterad sömnstörning till följd av trafikbuller kunde i denna undersökning kopplas till den faktiska ljudnivån utanför bostaden (väg- och spårtrafik sammanvägt). Resultaten visar att andelen sömnstörda i MHE 15 Stockholms län var cirka 3,5 procent vid ljudnivåer mellan 55-60 dB $L_{Aeq,24h}$, cirka 5 procent mellan 60-65 dB och cirka 8 procent mellan 65-70 dB $L_{Aeq,24h}$. Jämförelser med internationella standardkurvor för trafikbuller och sömnstörning har inte kunnat genomföras då en annan indikator används internationellt (L_{night}). Förvånande nog var andelen sömnstörda genomgående högre för personer som inte sover med öppet fönster. Detta skulle till exempel kunna ha att göra med individuell bullerkänslighet, där de mer bullerkänsliga i högre utsträckning håller fönster stängda och samtidigt rapporterar störning i högre utsträckning. Personer som hade sitt sovrum i ett bullerutsatt läge rapporterade genomgående en högre grad av sömnstörning än de som inte hade sovrummet mot en bullrig sida. Sovrummets lokalisering är därför viktig för att undvika sömnstörning till följd av trafikbuller i en befolkning. Sömnstörning till följd av trafikbuller är en av de allvarligaste störningseffekterna då långvarigt försämrad sömn satts i samband med många allvarliga sjukdomstillstånd, däribland hjärtinfarkt, stroke och diabetes.

I och med de förändringar som genomförts i regelverket för buller och höjningen av riktvärdena för trafikbuller vid nybyggnation finns en risk att andelen som utsätts för potentiellt hälsoskadliga nivåer av trafikbuller i befolkningen kommer att öka. Denna studie är den första som kartlägger bullerexponering i Stockholms län, både i nuläge och historiskt. Resultatet utgör därmed en viktig startpunkt för uppföljningar av i trender i exponeringen i framtiden. En klar styrka är att beräkningarna gjorts för hela länets befolkning. Vad gäller analyserna av särskilt utsatta grupper och besvärssrapportering är en begränsning att de baseras på ett urval av länets befolkning som inte till fullo är representativt för länet som helhet. Ytterligare en svaghet är att detta är en tvärsnittsundersökning där exponering och utfall mätts vid samma tidpunkt. Utifrån

denna typ av undersökning är möjligheterna begränsade att dra slutsatser om eventuella orsakssamband.

Sammanfattningsvis visar denna rapport att en stor andel av befolkningen i Stockholms län utsätts för trafikbuller som kan vara potentiellt skadligt för välbefinnande och hälsa. Antalet som exponeras för trafikbuller har ökat kraftigt för samtliga trafikslag från 1990-talet fram till idag. Ökningarna kan till största delen knytas till den ökning av totalbefolkningen som skett under motsvarande tidsperiod. Sett till andelen i befolkningen som exponeras för trafikbuller ses en ökning för vägtrafik och i viss mån flygtrafik. För spårtrafik ses dock snarare en tendens till minskning. Särskilt utsatta grupper i länet är personer som bor i flerfamiljshus, yngre, ogifta eller skilda personer och de med låg inkomst. Trafikbuller var i denna undersökning inte associerat med en lägre livskvalitet. Däremot sågs samband mellan bullernivå vid bostaden och försämrad talförståelse och kommunikation, allmän bullerstörning och sömnstörning.

Referenser

Basner M, Mc Guire 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.

Carlsson K, Grundfelt G. Estimating the insulation of exterior walls regarding traffic noise in the City of Stockholm. Conference proceedings, Euronoise Prague 2012.

Centrum för arbets- och miljömedicin (CAMM), Stockholms läns landsting, 2017. Miljöhälsorapport 2017 Stockholms län.

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

Folkhälsomyndigheten, 2017. Miljöhälsorapport 2017.

Guski R, Schreckenberg 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(12), 1539.

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

Näringsdepartementet. Sveriges Riksdag. Förordning om trafikbuller vid bostadsbyggnader. SFS nr 2015:216.

Sweco/Naturvårdsverket, 2014. Kartläggning av antalet överexponerade för buller.

Van Kempen E, Casas M, Pershagen P, 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.

World Health Organization (WHO), 2018. Environmental Noise Guidelines for the European Region.

World Health Organization (WHO), 2019. Environmental Health inequalities in Europe. Second assessment report. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

Ögren M, Barregard L. Road Traffic Noise Exposure in Gothenburg 1975-2010. *PloS one*. 2016;11, e0155328.