



SOLLENTUNA KOMMUN



Buller i Silverdal 2016



Buller i Silverdal 2016” är resultatet av ett forskningsuppdrag finansierat av Sollentuna kommun. Projektet utfördes under 2015 och 2016 av forskare på Marcus Wallenberglaboratoriet på Kungliga tekniska högskolan i Stockholm, samt på Södertörns Högskola.

Buller i Silverdal 2016

Jesper Alvarsson^{1,2}, *Amra Imamovic*¹, *Karl Bolin*¹.

¹ Kungliga Tekniska Högskolan, ² Södertörns Högskola

Sammanfattning

Forskning visar att buller orsakar ohälsa för många medborgare både i Europa generellt, och i Sverige. De två viktigaste negativa hälsoeffekterna av buller är försämrad sömn och bullerstörning. Trafikbuller är den främsta orsaken till dessa effekter.

I denna studie användes enkäter samt data från bullerkartor för att undersöka bullerstörning från trafik. Av de 1168 personerna i urvalet deltog 678 personer. Deltagarna svarade på 39 frågor rörande: buller, hälsa, rekreativt beteende, luftkvalitétupplevelse samt demografi.

Studiens första syfte var att undersöka bullerstörning från vägtrafik och spårtrafik, hos boende i Silverdal. Resultatet visade att de boende i Silverdal är mer störda av buller än genomsnittet i Sverige, men även jämfört med de beräknade störningsnivåerna från bullerkartorna. Faktorerna som starkast påverkade störning från vägtrafik var: upplevda vibrationer, den upplevda luftkvalitén hemma, utbildningsnivå, om sovrumsfönstret vetter mot en lokalgata samt attityd till vägtrafik. Motsvarande faktorer för spårtrafik var: upplevda vibrationer, sovrumsfönster mot spår samt utbildningsnivå.

Studiens andra syfte undersökte upplevelse av rekreativt beteende och rekreativt beteende. Resultatet visade att majoriteten av deltagarna upplever mycket bra möjligheter till rekreation. Områden, nära hemmet, med natur samt med lägre nivåer av bullernivåer, var mest besökta.

Studiens tredje syfte var att undersöka hur boende i Silverdal upplevde luftkvalitén. Resultatet visar att utomhusluften är det som upplevs mest problematiskt, medan färre upplever inomhusluften som dålig.

Studien visar att många boende i Silverdal är störda av buller, både jämfört med nationella undersökningar, men även i relation till den beräknade bullerstörningsnivån från bullerkartor. Rekreativ miljö i området upplevs som relativt god och luftkvalitén upplevs som ett relativt mindre problem jämfört med bullret. Utomhusmiljön är den miljö som upplevs som är mest problematiskt för boende. Bulleråtgärder utomhus längs bullerkällornas sträckning rekommenderas, dels eftersom de efterfrågas av de boende, del för att de minskar bullret både utomhus och inomhus.

Inledning

I samhället finns många riskfaktorer som kan försämra vår hälsa och välmående, samhällskostnaderna för dessa är höga [1]. Vissa hälsoförsämrande miljörelaterade riskfaktorer skapas på grund av mänsklig aktivitet i närmiljön. Världshälsoorganisationen uppskattar att mellan 3-7 procent av den totala sjukdomsburden i Europa orsakas av dessa miljörelaterade faktorer. Den viktigaste riskfaktorn är partiklar ($PM_{2.5}$) som orsakar 68 procent av den totala hälsopåverkan av miljöfaktorer. Buller orsakar 8 procent, vilket är jämförbart med riskfaktorer som radon (8 %) och passiv rökning (7 %) [2]. Buller i Europa påverkar hälsa negativt på framförallt två sätt: försämrad sömn ($903\,000\text{ DALY}^1$) och störningsupplevelser² ("annoyance", $654\,000\text{ DALY}^1$). Andra negativa hälsoutfall, med relativt mindre påverkan är: hjärtinfarkt ($66\,000\text{ DALYs}$), kognitiv nedsättning hos barn ($45\,000\text{ DALY}$) samt tinnitus ($22\,000\text{ DALY}$) [3].

För att enhetligt mäta bullerpåverkan i Europa initierades ett EU-direktiv år 2002. I direktivet fastslås att samtliga medlemsländer skall upprätta bullerkartor över städer med mer än 100.000 invånare [4]. Direktivet regleras i Sverige i "förordningen om omgivningsbuller", som fastställer att bullerexponeringen i samhället skall sammanställas genom bullerkartläggningar [5]. Vanligen presenteras dessa i så kallade bullerkartor. I bullerkartorna mäts buller med flera olika mått, det mest använda är L_{Aeq} ³. Oftast används dock värdet L_{DEN} , vilket är en modifierad variant av L_{Aeq} . Mätningar och beräkningar för L_{DEN} sammanställs per dygn. Mätvärden under kvällstid ökas med 5 dB (18-22, E, "evening"). Mätvärden under natt ökas med 10 dB (22-06, N, "night"). De värden som uppmätts under dagtid (06-18, D, "day") korrigeras dock inte [6]. Justering av L_{Aeq} värdena motiveras genom att fler människor störs i hemmet under kvällstid och på natten [7]. Två viktiga orsakerna till den högre störningsnivån att, vi oftare är hemma på kvällen och natten, (ökad risk för störning), samt att vi sover på natten (ökad risk för sömnstörning). L_{DEN} värden används för att föreskriva riktlinjer och gränsvärden för samhällsbuller. I svensk lag föreskrivs att samhällsbuller vid nybyggnation av bostäder skall understiga $55\ L_{Aeq,DEN}$ [8] (dBA) vid ett bostadshus fasad. Den 1 juni 2015 gjordes dock ett tillägg i regelverket som gör att buller upp till $60\ L_{Aeq,DEN}$ tillåts om bostaden är på 35 kvadratmeter eller mindre [6]. En viktig anledning till att tillägget gjordes är den stora bostadsbristen i

¹ Disability-Adjusted Life Year (DALY) är ett mått på antal år som går förlorade på grund av ohälsa, jämfört med ett idealt hälsotillstånd utan påverkan. Detta innefattar flera hälsoeffekter som för tidig död, sjukfrånvaro och sänkt produktivitet. Måttet används för att kunna jämföra påverkan från olika typer av hälsoeffekter, för att generera ett underlag för beslutsfattande om resursfördelning och juridik.

² I internationell litteratur motsvarar det svenska begreppet störning det engelska begreppet "annoyance". För bullerstörning används begreppet "noise annoyance".

³ L_{Aeq} är i denna rapport synonymt med dBA som används i SFS (2015:2016). Måttet är medelnivå per dygn över ett år mätt i frifält (L) med ett A-vägt frekvensfilter (A) som justerar ljudtrycksnivåerna i olika frekvensband för att efterlikna den mänskliga hörseln. L_{Aeq} mäts i decibel (dB), som är en logaritmisk skala som utgår från den lägsta nivå som en människa kan höra en ton på 1000 Hz.

svenska tätorter, där mycket av den byggbara marken i områden är bullerutsatt. Det finns därmed motstridiga behov i samhället, dels behövs mer bostäder i tätorter, dels behövs det en minskning av de negativa folkhälsoeffekterna av samhällsbuller. Beslutet från den 1 juni 2015 innebär en prioritering av bostadsbyggandet framför minskning av negativa bullereffekter.

Samhällsbuller är inte ett enhetligt begrepp utan innefattar olika former av buller: från trafik, byggnation, industri, mänsklig aktivitet, samt olika typer av tekniska system inomhus (hiss, ventilation m.m.). Trafikbuller är den viktigaste formen av samhällsbuller och innefattar buller från: vägtrafik, spårtrafik samt flygtrafik. Bland dessa trafikslag är vägtrafik det som har störst negativ samhällspåverkan. I Europa beräknas vara 125 miljoner personer som utsätts för vägtrafikbuller över 55 $L_{Aeq,DEN}$ [9]. Även i Sverige är vägtrafik den mest framträdande bullerkällan. Mellan 1.2 och 1.8 miljoner svenskar beräknas vara utsatta för bullernivåer över gränsvärdet [10]. Störningen från vägtrafikbuller i Sverige visar också på en ökande trend. I miljöhälsorapporten 1999 rapporterades det att 8.8 procent var störda av vägtrafikbuller, samma siffra 2007 var 12.0 procent. För spårtrafik är motsvarande siffra 2.7 procent bullerstörda 1999 och 2.8 procent 2007 [10]. För spårtrafik rapporteras alltså både en generellt sett lägre störning, dessutom är den ökande trenden över tid är svagare jämfört med vägtrafikbuller.

För att minska buller kan två huvudsakliga åtgärder utföras, åtgärder på källan, samt åtgärder som minskar ljudutbredning. För vägtrafik och spårtrafik kan åtgärder på bullerkällan vara: smalare hjul på bilar, diskbromsar på tåg, samt spårslipning. Åtgärder som minskar ljudutbredningen kan vara: tyst asfalt, bullerskärmar, mjuk mark, växtlighet, samt ljudisolering av fastigheter [11, 12]. För att bulleråtgärder skall vara effektiv behöver reduktionen i ljudeffekt vara större än 3 L_{Aeq} [13].

Denna studie undersöker området Silverdal i Sollentuna kommun. Området blev storskaligt bebyggt under början 2000-talet. I Silverdal finns det två huvudsakliga bullerkällor, vägtrafik och spårtrafik. Vägtrafikbullret i kommer framför allt från Europaväg 4 (E4) som trafikeras av cirka 100.000 fordon per dygn (2015). Trafikmängden på E4 har ökat över tid. Under perioden 2011-2015 har det skett en ökning med i genomsnitt 2.4 procent per år [14]. Utöver trafiken på E4 uppkommer även buller från trafik på lokalgator inom området, samt från Sollentunavägen. Spårtrafikbuller i Silverdal kommer från Ostkustbanan, där trafiken till skillnad från E4 legat på en på en relativt stabil nivå mellan 2013-2015. I genomsnitt passerar 492 tåg per dag. [15].

Geografiskt är avståndet mellan vägarna och spåren till de närmsta bostäderna kort. Mellan E4 och de närmsta bostäder är avståndet cirka 100-250 meter och mellan de närmaste bostäder och järnväg är avståndet mellan 50 – 200 meter. Ljud som breder ut sig i luft dämpas i atmosfären över längre avstånd [16]. De korta avstånden mellan bullerkälla och bostäder i Silverdal innebär att ljudet dämpas relativt lite

fram till de närmsta fastigheterna, cirka 1 dB för låga frekvenser (0-5 kHz, ”brummande ljud”) och 5-20 dB för högre frekvenser (4 kHz, ”tjutande ljud”). Utöver atmosfärsdämpning påverkas ljudutbredningen också av: vindriktning, temperatur, fuktighet och typ av mark (mjuk, hård) samt av fysiska hinder som: höjder, byggnader och växtlighet [16].

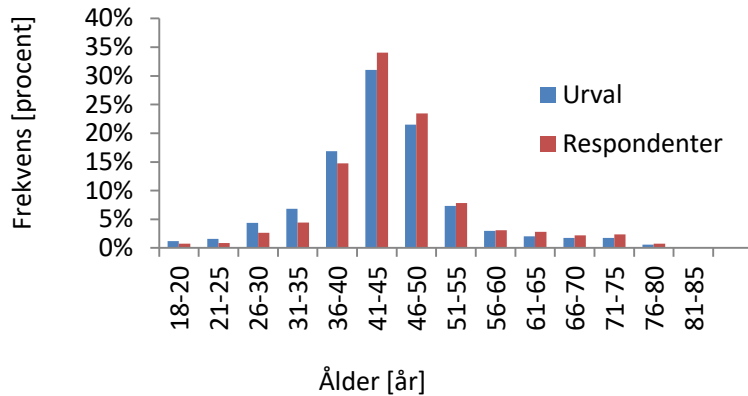
Syftet med undersökningen är att undersöka hur den lokala bullerstörningen i Silverdal upplevs av de boende, samt hur störningen relaterar till beräknade bullervärden från bullerkartor, för vägtrafik och spårtrafik. Dessutom undersöks vilka faktorer utöver bullerexponeringen som påverkade upplevelsen av bullerstörningen, för vägtrafik och spårtrafik. Ett andra syfte var att undersöka hur boende i Silverdal vistades utomhus och upplevde utomhusmiljön, samt hur detta relaterade till bullerexponering. Ett tredje och sista syfte var att undersöka hur de boende upplevde luftkvalitén i området.

Metod

Undersökningen metodik utgick från sambandsanalyser mellan två datamaterial, svaren på enkätfrågor från boende i Silverdal, samt fastighetsspecifika exponeringsvärden från bullerkartor för vägtrafik och spårtrafik.

Deltagare

Urvalskriterierna för deltagande i studien var registrering som boende i Silverdal, samt en ålder mellan 18-80 år. Utifrån urvalskriterierna skickades enkäten ut till 1186 boende i Silverdal. Det första utskicket var i pappersform i slutet på oktober 2015. Därefter följde två påminnelser till de som inte svarat, den första i pappersform och den andra med elektronisk inloggning. Under insamlingen föll 17 deltagare bort på grund av att de: flyttat, ej kunde hittas, samt att de hade en livssituation som omöjliggjorde ifyllande av enkäten. Insamlingen pågick till slutet på mars 2016. Totalt svarade 678 personer (cirka 57 %) på enkäten. Av svaren kom 437 från unika hushåll och 241 från personer som var samboende med en annan respondent. Av respondenterna var 355 kvinnor (52.3 %) och 323 män (47.6 %). Åldern varierade mellan 19 till 78 år med ett medelvärde på 45.49 år och en median på 44 år (Standardavvikelse [SD] = 9.34). Jämfört med urvalet hade respondenterna en åldersfördelning som var något äldre. Resultatet är därmed något mer representativt för personer över 41 år (se Figur 1).



Figur 1. Skillnad i åldersfördelning mellan urval (n = 1186) och respondenter (n = 678)

Frågeformulär

Enkäten innehåller 39 frågor som gällde: boendeform, antal boendear, utsikt från bostaden, rekreativsmöjligheter, rekreativsbeteende, buller i hemmet, bullerstörning, upplevda vibrationer, sömnstörning, upplevd luftkvalité, hälsotillstånd, demografiska frågor, transportbeteende, samt attityder till trafikslag (bil, spår, flyg, kollektivtrafik) och kringliggande vägar (E4, Sollentunavägen, lokalgator) (se Bilaga 1).

För bullerstörningsfrågorna användes en femgradig skala för att mäta upplevd störning av bullerkällan de senaste 12 månaderna. Svartalternativen var ”1. inte alls”, ”2. lite”, ”3. måttligt”, ”4. mycket” och ”5. väldigt mycket”. Frågan är ISO-standardiserad och används internationellt vid mätning av bullerstörning i enkäter [17]. De deltagare som uppgav sig vara ”mycket” eller ”väldigt mycket” störda av buller kategoriserades som bullerstörda, medan deltagare som svarade ”inte alls”, ”lite” eller ”måttligt” kategoriserades som ej bullerstörda. Att inte kategorisera de som upplever en ”måttlig” störning som bullerstörda, är konservativt. Kategoriseringen gör att resultatet sannolikt inte överskattar antalet bullerstörda i området.

Bullerexponeringsvärden

Exponeringsvärden för buller hämtades ur en bullerkartläggning av ÅF-Infrastructure AB gjord på uppdrag av Sollentuna kommun. Rapporten baserar sina resultat från beräkningar på trafikmängder för de olika trafikslagen. Beräkningarna tar hänsyn till höjdförhållanden i landskapet, marktyp samt bullerskärmar [18]. Ur rapportens exponeringsdatabas extraherades en för varje enskild adress unik ekvivalentnivå ($L_{Aeq,DEN}$,

beräknad i 5 dB steg). Detta gjordes separat för buller från: vägtrafik, på kommunala vägar och på statliga vägar samt spårtrafik.

Dataanalys

För att undersöka vilka faktorer som var viktigast för den upplevda störningen skapades två parametriska linjära multipla regressionsmodeller⁴, en för vägtrafik och en för spårtrafik. De statistiska modellerna beskriver vilka faktorer som starkast påverkar störningsupplevelsen, samt hur stark varje faktors påverkan är. För att kunna utföra en linjär regressionsanalys utförs kontroller för grundantaganden för modellen. I denna rapport gjordes analyser för att kontrollera för ett linjärt samband mellan den upplevda bullerstörningen och faktorerna⁵, samt toleransanalyser för att kontrollera att faktorerna i modellen inte uppvisade starka linjära samband gentemot varandra⁶. Båda regressionsanalyserna utfördes med ENTER-metoden⁷. För samtliga analyser användes en alfanivå på 5 procent som gränsvärde för statistisk signifikans. Undersökningen tillät flera personer per hushåll att svara. Detta medför att det finns ett beroenden mellan dessa personers svar, vilket är problematiskt i regressionsanalyserna. För att kontrollera nivån av påverkan gjordes analyser där en person per hushåll slumpmässigt valdes ut att till analysen. Resultatet från dessa analyser uppvisade dock samma samband som analysen med samtliga hushållsmedlemmar. Bedömningen var därför att beroendet inte var så stort att det påverkade resultatet av analysen. Därmed användes samtliga svar för varje hushåll i de slutgiltiga analyserna.

I enkäten gavs deltagarna en möjlighet att skriva fritextkommentarer kring upplevelserna av buller eller enkäten i allmänhet. Tanken var att använda dessa som grund till tolkning av de statistiska analyserna. Svaren visade sig dock vara intressanta, därmed rapporteras en sammanfattning av dessa sist i resultatet. Sammanfattningen av kommentarerna gjordes med en induktiv tematisk analys där varje kommentar kopplades till ett eller flera teman. Citat används för att beskriva teman och antalet kommentarer som kopplades till varje tema används som mått på den relativa vikten av temat.

⁴ Användandet av parametriska tester för enkätsvar av likert-typ, som används i denna undersökning, har kritiserats. Men analyser som jämför parametriska och icke-parametriska metoder visar att slutsatserna blir de samma, även med stora avvikelser från grundantagandena för de parametriska metoderna [17].

⁵ Kontrollen av linjäritet gjordes med parametriska (pearson) och ickeparametriska (spearman) korrelationsanalyser och de faktorer som visade på statistiskt signifikanta samband ansågs uppfylla kriteriet om ett linjärt samband. Inget samband uppvisade starka

⁶ Toleransanalysen kontrollerar multikollinearitet vilket innebär att faktorerna har för starka samband med varandra. I denna studie ansågs VIF värden lägre än 2.5 visa på tillräcklig åtskillnad mellan faktorerna.

⁷ ENTER-metoden betyder att samtliga faktorer relation till störningsupplevelsen går in i regressionsanalysen samtidigt, vilket gör att resultatet av analysen anger det unika bidraget för varje faktor.

Resultat

Beskrivning av respondenterna

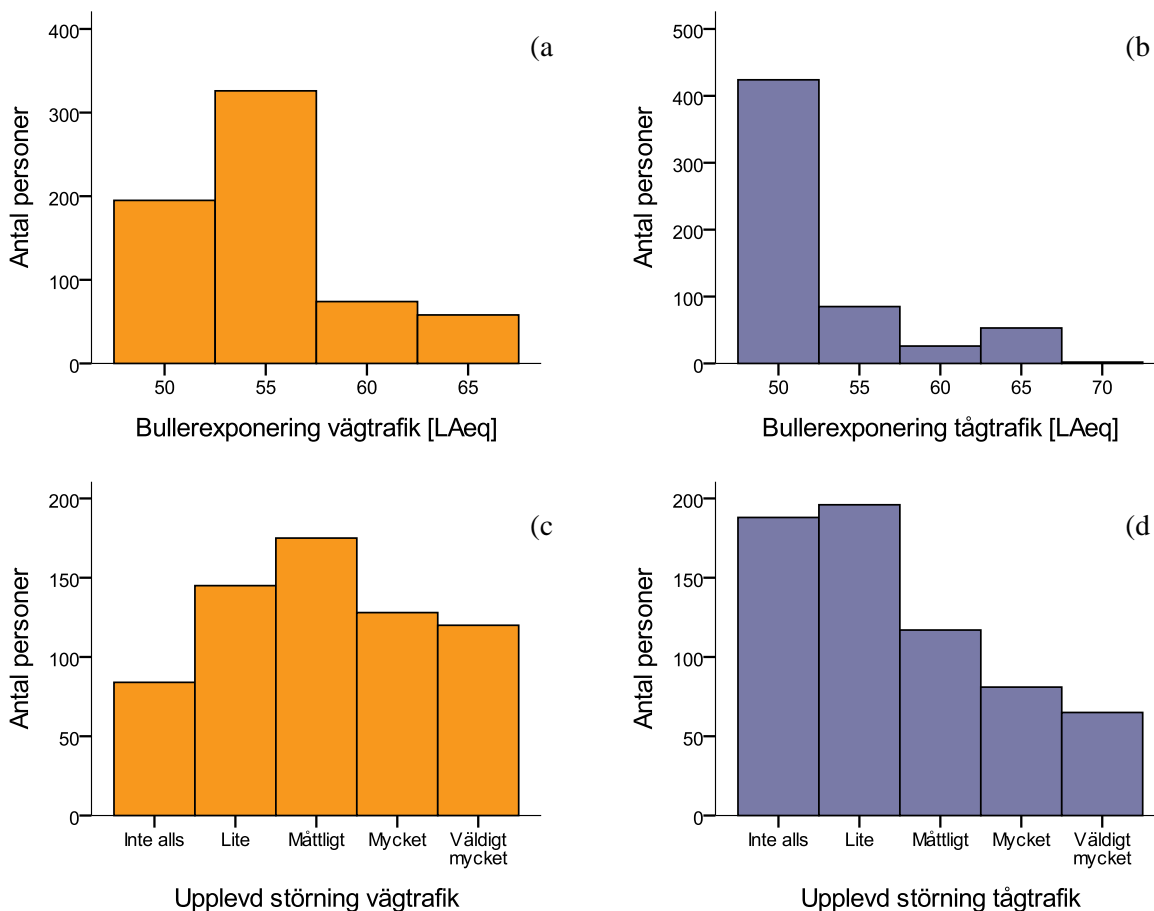
Den största andelen av de som svarade på enkäten (respondenterna) var barnfamiljer som bodde i villor eller radhus. En majoritet (81.9 %) hade också bott en längre tid i området (över 3 år). De flesta respondenter upplevde sig också vara vid god hälsa (85.7 %) (se Tabell 1).

Tabell 1. Deskriptiv statistik för respondenternas boendeförhållanden

Fråga	Svarsalternativ	Andel deltagare
Typ av boende	Egenvilla / radhus	67.6 %
	Bostads- / andelsrätt	31.1 %
	Hyresrätt	0.6 %
	Annan form av boende	0.7 %
Antal boendeår	0-2 år	18.1 %
	3-5 år	20.6 %
	6-8 år	34.2 %
	9-14 år	26.8 %
Civilstånd	Gift / Sambo	87.3 %
	Ensamstående / särbo	10.8 %
Antal barn	Inga barn	10.2 %
	Ett barn	12.1 %
	Två barn	51.6 %
	Tre barn eller fler	25.8 %
Personer/hushåll	En person	4.5 %
	Två personer	14.1 %
	Tre-Fem personer	79.8 %
	Sex personer eller fler	1,5 %
Hälsotillstånd	Mycket bra / bra	85.7 %
	Någorlunda	13.6 %
	Dåligt / mycket dåligt	1.6 %

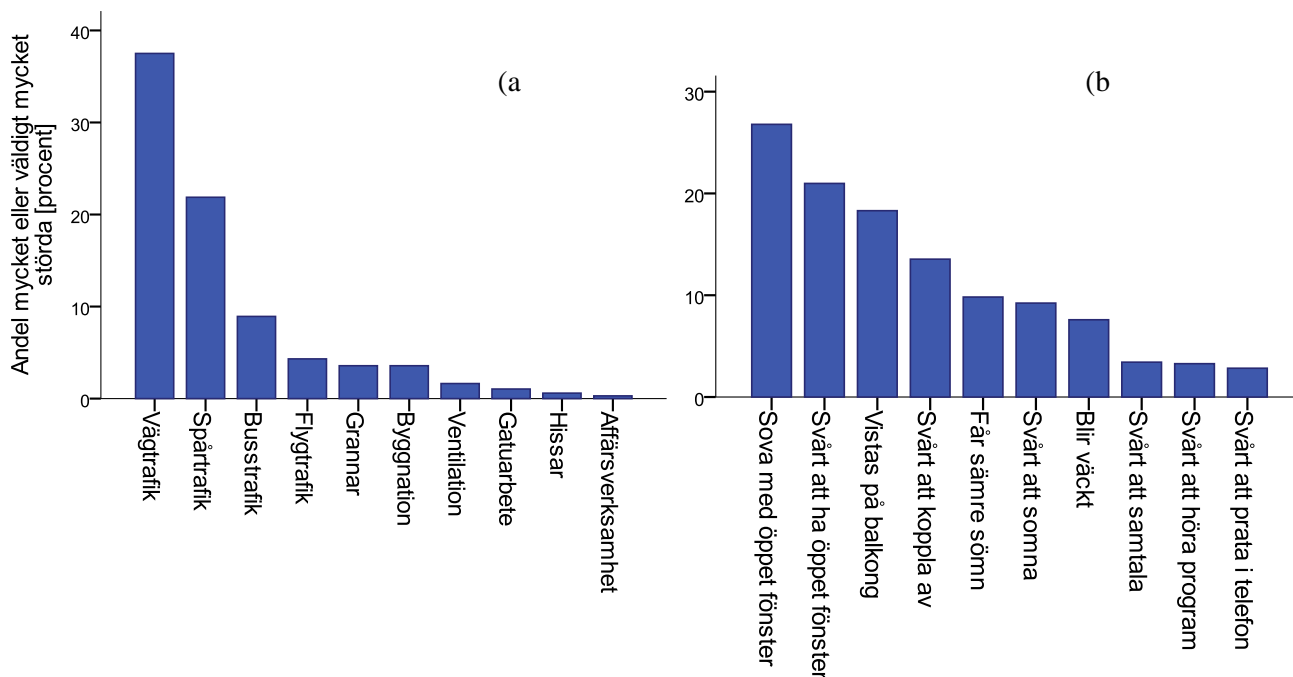
Bullerstörning

Från bullerkartorna extraherades exponeringsvärdena för vägtrafik och spårtrafik. För vägtrafik hade 20.3 procent av respondenter över 55 $L_{Aeq,DEN}$ vid sin bostad. Svaren från enkäten visade att 37.5 procent upplevde sig störda av vägtrafikbuller. För spårtrafik var 8.8 procent exponerade för mer än 55 $L_{Aeq,DEN}$ enligt bullerkartorna, medan 21.9 procent upplevde sig störda av buller (se figur 2). Exponeringsvärdena från bullerkartorna, indikerar alltså en störningsnivå som är betydligt lägre än den som respondenterna själva rapporterar. För vägtrafik indikerar bullerkartorna en störning som är 54.1 procent av den självrapporterade störningen, för spårtrafik är motsvarande siffra 40.2 procent.



Figur 2. a) beräknad bullerexponering från vägtrafik, b) beräknad bullerexponering från tågtrafik, c) deltagarnas upplevelser av buller från vägtrafik, d) deltagarnas upplevelser av buller från spårtrafik.

Enkätsvaren visade att de fyra främsta bullerkällorna i Silverdal var buller från: vägtrafik, spårtrafik, busstrafik samt flygtrafik. En mindre andel av respondenterna upplevde även störning från grannar och byggnadsbuller. Relativt få respondenter var störda av fastighetsrelaterat buller, som ventilation, hissar och affärsverksamhet (se Figur 3).

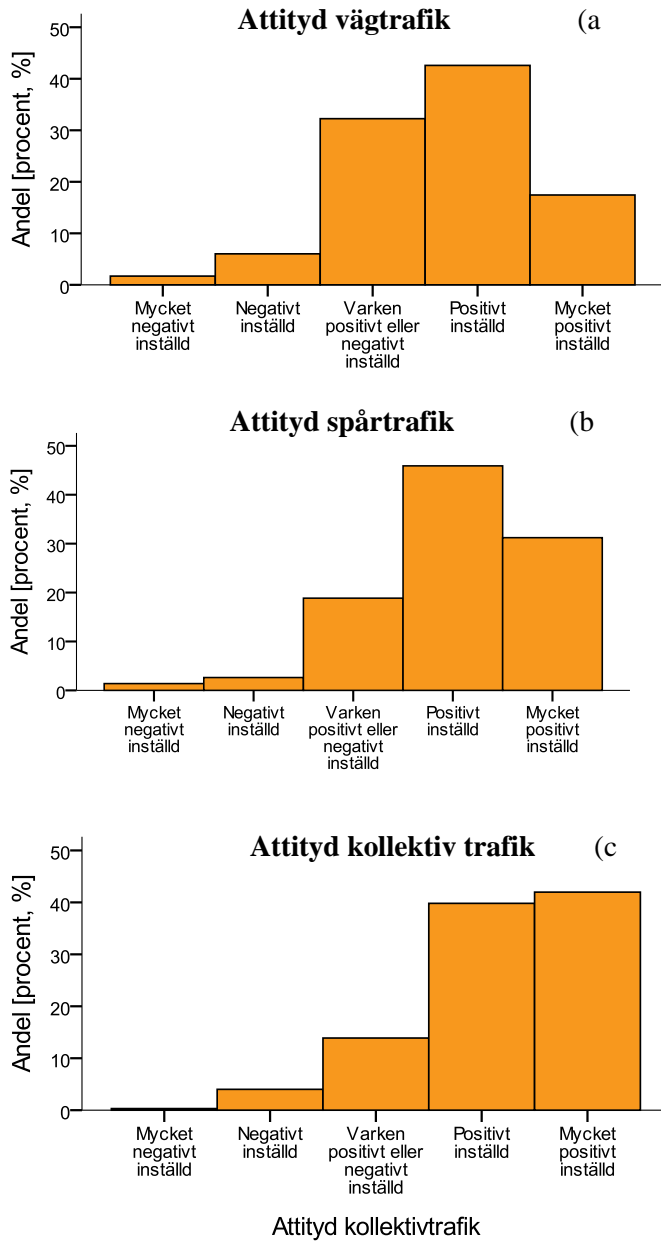


Figur 3. a) Upplevd störning från olika bullerkällor, mätta i procent av respondenterna som upplevde sig mycket eller väldigt mycket störda. b) upplevda störningseffekter, mätta i procent av respondenterna som upplevde sig mycket eller väldigt mycket störda.

De tre vanligast rapporterade störningarna var: svårt att sova med öppet fönster, svårt att ha öppet fönster samt svårt att vistas på balkongen. Dessa problem kan tolkas som hinder mot att öppna upp boendet mot utomhusmiljön. Efter dessa tre upplevdes: svårighet att koppla av, sämre sömn, svårt att somna samt att bli väckt, som de viktigaste effekterna. Dessa problem kan tolkas som svårigheter med att vila eller återhämta sig. De tre minst rapporterade formerna av störning var: svårt att samtala, svårt att höra program samt svårt att prata i telefon. Dessa problem relaterar på olika sätt till dålig talförståelse (se Figur 3b).

Attityder till bullerkällor

Attityder till bullerkällor skattades gentemot trafikslagen: väg, spår och kollektivtrafik. Den andel respondenter som var positiva eller mycket positiva till vägtrafik var 59.5 procent (se figur 3a), motsvarande siffra för spårtrafik var 76.3 procent (se figur 3b) och för kollektivtrafik var andelen 81.0 procent (se figur 3c). Majoriteten av de boende som svarat var alltså positivt inställda till samtliga trafikslag, men andelen är högre för spårtrafik och kollektivtrafik, än för vägtrafik.



Figur 3. Respondenternas attityder till de tre trafikslagen: väg (a), spår (b) samt kollektiv (c), i procent.

Faktorer som påverkar bullerstörning

Nedan följer resultatet för de två multipla linjära regressionsmodeller (vägtrafik, spårtrafik). Syftet med analyserna var att undersöka vilka faktorer som visade starkast samband med upplevelsen av bullerstörning.

Vägtrafik

I modellen för vägtrafik användes elva faktorer som används i forskning och beslutssammanhang och som visats sig vara relaterade till störning från vägtrafikbuller. Faktorerna var: bullerexponering vid hemmets fasad (från bullerkartorna), ålder, kön, utbildningsnivå, upplevt hälsotillstånd, attityd gentemot vägtrafik (attityd vägtrafik), upplevda vibrationer från vägtrafik (vibrationer vägtrafik), om respondenten kör bil till arbetet (bil till arbete), upplevd luftkvalitet hemma, samt om respondenten rapporterade att dess sovrumsfönster vette mot en trafikerad väg (sovrumsfönster mot väg).

Antagandet om linjärt samband med bullerupplevelsen, uppfylldes av faktorerna: bullerexponering, utbildningsnivå, attityd vägtrafik, vibrationer vägtrafik, luftkvalitet hemma, samt sovrumsfönster mot väg. Dessa faktorer uppfyllde även kriteriet för tolerans (multikollinearitet). Detta innebar att faktorerna: ålder, kön, upplevd hälsa, samt biltransport till arbete, *inte* visade starka samband med bullerstörning. I den multipla regressionsmodellen användes därmed faktorerna: bullerexponering, utbildningsnivå, attityd vägtrafik, vibrationer vägtrafik, luftkvalitet hemma, samt sovrumsfönster mot väg, i syfte att förstå deras samband med den upplevda bullerstörningen från vägtrafik. Samtliga faktorer visade på statistiskt signifikanta samband.

För att tolka sambandens styrka i multipla regressionsmodeller används ofta standardiserade beta värden (β - värden). Utan standardisering är det svårt att tolka hur starkt sambandet är mellan faktorer, eftersom faktorerna ofta mäts med olika typer av skattningsskalor (ex 1-5, jämfört med ex. ja/nej). Beta-värden skall tolkas som att när en av faktorerna ökar med en standardavvikelse, ökar den upplevda störningens med en proportion av en standardavvikelse. Exempelvis om betavärdet är 0.5 betyder det att en ökning av faktorn med en standardavvikelse, medför en ökning av bullerstörningen med en halv standardavvikelse. Ett högre betavärde betyder ett starkare samband.

Betavärden för regressionsanalysen för vägtrafik visade att den starkaste faktorn gentemot upplevd bullerstörning, var upplevda vibrationer ($\beta = .356$), mer vibrationer gav mer bullerstörning. I fallande ordning följde sedan: luftkvalité hemma ($\beta = .240$), sämre upplevd luftkvalité gav mer bullerstörning; utbildningsnivå ($\beta = .137$), högre utbildningsnivå gav mer bullerstörning; sovrumsfönster mot väg ($\beta =$

.092), att ha ett sovrumsfönster mot väg gav mer bullerstörning; attityd mot vägtrafik ($\beta = .068$), mer negativ attityd mot vägtrafik gav mer bullerstörning; samt bullerexponering ($\beta = .067$), mer bullerexponering gav mer bullerstörning.

För att mer konkret förstå vad analysen visar i relation till svaren på en enkätfråga kan varje faktors icke-standardiserade värde jämföras med den upplevda bullerstörningen, måttet kallas B-värde. Dessa värden lämpar sig dock dåligt för jämförelser mellan faktorer. B-värden beskriver sambandet mätt i den verkliga skalans skattningssteg. Ett B-värde på 0.25 betyder att, om faktorn ökar ett steg, exempelvis från 4. mycket till 5. väldigt mycket, ökar bullerstörningen med $\frac{1}{4}$ steg. För de skalor som mättes i mellan 1 till 5 visade analysen följande B-värden: upplevda vibrationer ($B = .429$), luftkvalité hemma ($B = .376$), samt attityd mot vägtrafik ($B = .097$). Utbildningsnivå mättes i fyra nivåer (grundskola till masterexamen på högskola) var B-värdet .249. För sovrumsfönster mot väg som mättes med ja/nej var B-värdet .242. Bullerexponering mättes i steg om 5 dB, B-värdet var .24 per 10 dB ökning. Tabell 2 innehåller en sammanställning av samtliga analysvärden.

Tabell 2. Sammanfattning av analysvärden för den multipla regressionanalysen för störning från vägtrafikbuller.

Faktor	Linjära samband ^a	Tolerans (VIF)	β -värde	B-värde
Vibrationer vägtrafik	.437 *	1.115	.356 *	.429 *
Luftkvalitet hemma	.372 *	1.129	.240 *	.376 *
Utbildningsnivå	.179 *	1.038	.137 *	.249 *
Sovrumsfönster mot väg	.141 *	1.020	.092 *	.242 *
Attityd vägtrafik	.132 *	1.053	.068 *	.097 *
Bullerexponering	.091 *	1.007	.067 *	.240 *

^a Pearsons produktmomentkorrelationskoefficient

* Statistiskt signifikant värde $p \leq 0.05$

Ett sätt att mäta hur mycket av den upplevda bullerstörningen från vägtrafik som förklaras av modellen är genom att använda måttet förklarad varians. För vägtrafikbuller var den förklarade variansen i ovanstående modell 29.2 procent⁸ av den totala variationen i upplevd bullerstörning. Därmed finns det 70.8 procent av variationen som förklaras av andra faktorer än de som ingår i modellen.

⁸ Måttet som anges är adjusted R^2 , vilket korrigerar för att många faktorer används. Ett ojusterat R^2 överskattar den förklarade variansen när flera faktorer används i regressionsmodellen.

Spårtrafik

Till modellen för upplevd störning av tågtrafik användes nio faktorer: bullerexponering från spårtrafik, ålder, kön, utbildningsnivå, upplevt hälsotillstånd, attityd spårtrafik, vibrationer från spårtrafik, tåg till arbete, samt sovrumsfönster mot spår.

Antagandena för linjäritet uppfylldes av faktorerna: vibrationer spårtrafik, utbildningsnivå samt sovrumsfönster mot spår. Dessa faktorer uppfyllde även kriteriet i toleransanalyserna. Detta innebar att faktorerna: bullerexponering från tågtrafik, ålder, kön, upplevd hälsa, tåg till arbete, samt attityd till spårtrafik, inte visade starka samband med bullerstörning. I den multipla regressionsmodellen användes därmed faktorerna: vibrationer vägtrafik, utbildningsnivå samt sovrumsfönster mot spår, i syfte att förstå dessas samband med den upplevda bullerstörningen från spårtrafik. I analysen hade samtliga faktorer statistiskt signifikanta samband med den upplevda bullerstörningen.

Resultatet av regressionsanalysen för spårtrafik visade att: en ökning av upplevda vibrationer ökade bullerstörning från spårtrafik ($\beta = .478$; $B = .642$), ett sovrumsfönster mot spår ökade bullerstörningen från spårtrafik ($\beta = .154$; $B = .913$), samt högre utbildningsnivå ökade bullerstörning från tågtrafik ($\beta = .155$; $B = .174$). Figur 3 visar en sammanställning av analysen.

Tabell 3. Sammanfattning av analysvärden för den multipla regressionsanalysen för störning från spårtrafikbuller.

Faktor	Linjära samband ^a	Tolerans (VIF)	β -värde	B-värde
Vibrationer spårtrafik	.478 *	1.038	.447 *	.642 *
Sovrumsfönster mot spår	.223 *	1.024	.154 *	.913 *
Utbildningsnivå	.155 *	1.014	.096 *	.174 *
Tåg till arbete	.083 ⁿ			

^a Pearsons r

* Statistiskt signifikant värde $p \leq 0.05$

ⁿ Faktorn tåg till arbete, visade ett statistiskt signifikant icke linjärt samband (Spearman's rho, $p = .032$), men eftersom faktorn är endast har två värden (ja/nej), uteslöts den ur analysen p.g.a. tolkningsvårigheter.

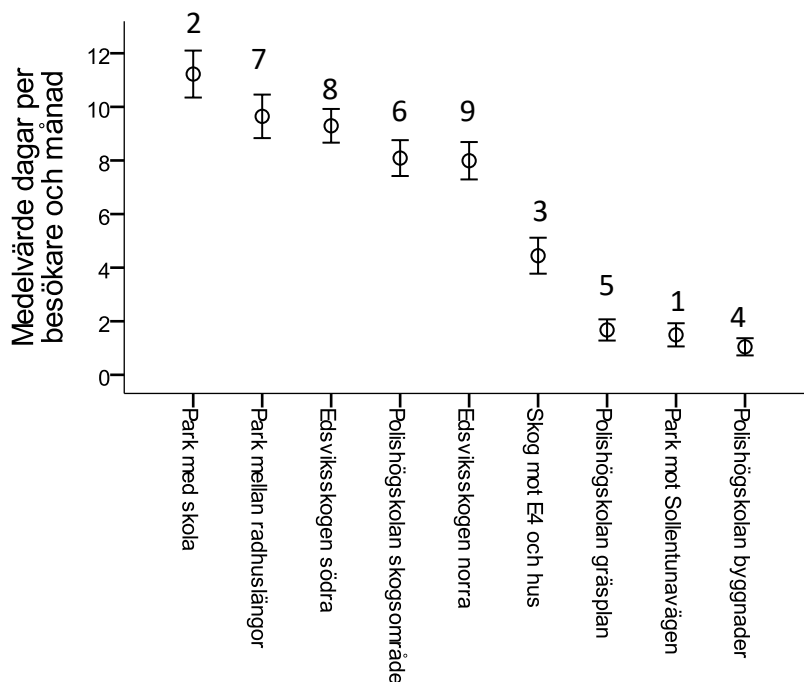
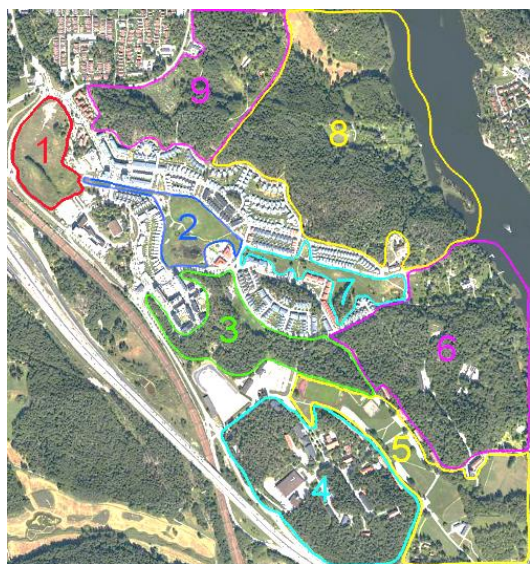
Den del av den totala variationen av upplevd störning från spårtrafikbuller, som förklarades av spårtrafikmodellen, var 26.1 procent⁹.

⁹ Måttet som anges är adjusted R^2 , vilket korrigerar för att många faktorer används. Ett ojusterat R^2 överskattar den förklarade variansen när flera faktorer används i regressionsmodellen.

Rekreatjonsbeteende

Resultatet visade att en 58.1 procent upplever rekreatjonsmöggheterna i Silverdal som mycket bra, 34.0 procent upplever dem som ganska bra och 7.9 procent upplever dem som sämre än ganska bra. Ett sätt att se på resultatet är att 58.1 procent är helt nöjda med rekreatjonsmöggheterna i området, men att 41.9 procent upplever något slags problem med dem.

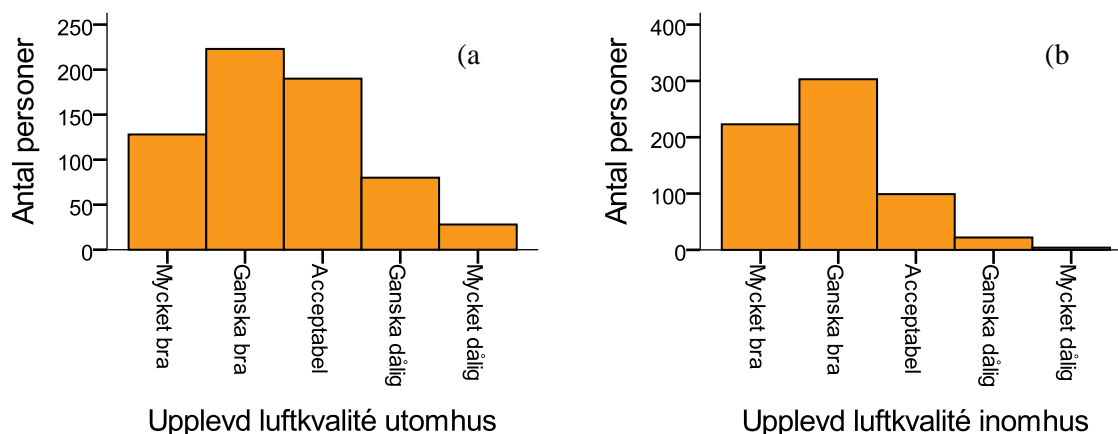
Det självrapporterade rekreatjonsbeteendet hos de boende visade på att de områden som var centrala i Silverdal användes mest (2 och 7; se Figur 4). Därefter kom de tre skogsområden som ligger mot Edsviken (6, 8 och 9, ; se Figur 4). De områden som låg närmast E4 (1 och 3; se Figur 4) samt områden på polishögskolans med mer bebyggelse användes minst (5 och 4; se Figur 4). Resultatet antyder att, närhet till boende, skog/vatten, samt avsaknad av buller, positivt påverkar respondenternas preferenser till utomhusrekreatjon. En jämförelse mellan det mer bullerutsatta område 3, med de mindre bullerutsatta skogsområdena 8 och 9, visar att de senare används 2 gånger respektive 2.5 gånger mer. Område 3 i jämförelse med områdena 2 och 7, som är relativt centrala och nära hus, utan skog, med relativt mindre buller, används dessa 3 gånger respektive 2.5 gånger mer än område 3.



Figur 4. Rekreatjonsbeteende i nio områden i Silverdal. Måttet är det genomsnittliga antal dagar, varje månad, som respondenterna uppgav att de använde området.

Upplevd luftkvalité

I likhet med bullerstörning kategoriserades de personer som angav att de upplevde luftkvalitén som ”ganska dålig” eller ”mycket dålig” som att de upplevde luftkvalitéproblem i området. Resultatet visar att luftkvalité företrädesvis är ett problem utomhus, där 16.5 procent upplevde luftkvalitéproblem, motsvarande siffra inomhus var 4.0 procent (se Figur 4). I jämförelse med bullerstörning upplever relativt färre deltagare luftkvalitéproblem.



Figur 4. Upplevelse av luftkvalité utomhus (a) och inomhus (b).

Fritextkommentarer från enkäten

Fritextfältet användes av 163 respondenter och i den tematiska analysen var fyra av dessa teman användbara för att få en indikation på andelen respondenter som beskrev temat. Inom parentes visas den andel deltagare som beskrivit temat i sina fritextkommentarer. De teman som framkom ur analysen var: bulleråtgärder vid stora vägar/spår behövs (37 %), hastighetsgränser i området efterlevs inte (17 %), lägre hastighet på vägar går inte att ha (11 %), samt klagomål på enkäten (5 %).

Inom dessa teman kunde två teman användas för att ge en djupare förståelse av enkätsvaren. Det första av dessa teman var, beskrivningar av bullerstörning (25 %). Inom temat fanns kommentarer som beskrev att trafikmängden har ökat över tid. ”Trafiken ökat och också bullret kvällstid/nattetid, svårt att sova med öppet fönster”. Andra kommentarer beskrev att ljudet var kontinuerligt och att det var svårt att hitta platser som inte var bullerpåverkade, ”...ljudnivån från E4 som är hög dygnet runt. En evigt pågående ljudmatta som ibland bryts av passerande tåg”. De flesta av svaren som angav huvudsaklig bullerkälla pekade på E4, men en del angav även Kymplingelänken och Sollentunavägen som huvudsaklig bullerkälla. En tredje typ av kommentarer beskrev att bullerupplevelsen var stressande och att den påverkade livskvalitén. ”Jag upplever

bullret stressande, högre puls, får aldrig vila". Till sist beskrevs även att situationen krävde anpassningar i vardagslivet. *"Väljer att inte sitta ute på grund av bullernivå", "Stress, stängda fönster, tinnitus är följer av situationen"*.

Det andra temat var, förslag på utveckling av området (15 %). Temat innehöll förslag om förbättrade möjlighet för kollektivt resande. *"Direktbussar under hela dagen till Stockholm City skulle öka möjligheterna för fler att åka kollektivt"*. Andra förslag önskade ökade möjligheter för cykling och miljöbilsanvändning. *"Borde göras satsningar på cykling för fler som cyklar innebär mindre buller i våra tätortsmiljöer och högre trafiksäkerhet och mindre stress och trängsel för ett renare, lugnare säkrare Sollentuna"*, *"Laddstationer för Elbilar, många arbetar i Kista mm. Inte fler bussar i området"*. Till sist var det flera deltagare som beskrev behov av förbättring av trafiksäkerheten i området. *"Dålig skyltning av gångfartsområden! De är felaktiga och därmed en trafikfara!"*.

Diskussion

Undersökningens huvudsyfte var att undersöka bullerstörningen i Silverdal samt att relatera denna till beräknade bullerexponeringsvärden, för vägtrafik och spårtrafik, från bullerkartor över området. Dessutom undersöktes vilka faktorer utöver bullerexponeringen som påverkade bullerstörningen. Resultatet visar att betydligt fler boende upplevde bullerstörning, från vägtrafik och spårtrafik, jämfört med indikationer från bullerkartorna. De faktorer som visade starkast samband med upplevd bullerstörning för vägtrafik var: upplevda vibrationer, upplevd luftkvalité hemma, ett sovrumsfönster mot en väg, utbildningsnivå samt bullerexponering. Samtliga variabler innebar ökad risk för bullerstörning. Motsvarande faktorer för spårtrafik var: upplevda vibrationer, sovrumsfönster mot spår samt utbildningsnivå. Som också samtliga ökade risken för bullerstörning. Ett andra syfte var att undersöka hur boende i Silverdal vistades utomhus och upplevde utomhusmiljön, samt hur detta relaterade till bullerexponering. Resultatet visar att en majoritet av de boende i Silverdal upplever sig ha mycket goda möjligheter till utomhusrekreation. De faktorer som framkommer som viktiga i valet av område är: närhet till hemmet, naturmiljöer samt avsaknad av buller. Ett tredje och sista syfte var att undersöka hur de boende upplevde luftkvalitén i området. Resultatet visar att relativt färre personer upplever att luftkvalitén är mycket dålig i Silverdal och det är huvudsakligen utomhusluften som upplevs som problematisk.

För att besvara frågan om de boende i Silverdal är störda av buller kan jämförelser göras med miljöhälsorapporten, där 12 procent var bullerstörda (enkätsvar från 2007) [10]. För att få ett bättre jämförelsevärde med enkätsvaren från 2016, går det att anta att trenden mellan 1999 och 2009 fortsätter,

vilket betyder en årlig ökning av bullerstörning från vägtrafik med 0.4 procentenheter. Den förväntade störningsnivån 2016 blir då cirka 16 procent¹⁰. Jämfört med resultatet i denna studie, betyder det att bullerstörningen i Silverdal är 2.4 gånger högre än riksgenomsnittet. Även i jämförelse med störningsindikationen från de lokala bullerkartorna, är de boende i Silverdal mer störda av buller. I medeltal (över både väg och spårtrafik) är störningen i verkligheten dubbelt så hög som den beräknade störningen från bullerkartorna. I sammanhanget är det viktigt att komma ihåg är att kategoriseringen av bullerstörning i denna studie är konservativ, så sannolikheten för en överskattning av upplevelsen av bullerstörning i Silverdal är låg. Sammantaget visar resultatet att en relativt stor del (37.5 %) av de boende i Silverdal är störda av buller, samt att nivån av störning är hög i relation till andra jämförelsemått.

Resultatet att vägtrafik var den starkaste störningskällan stämmer överens med resultatet från tidigare studier [9, 10]. Antalet störda av vägtrafik var betydligt högre än antalet störda av samtliga andra störningskällor. Användandet av $L_{Aeq,DEN}$ för att förutsäga störning [6], får dock svagare stöd. Resultatet från regressionsanalyserna visar att bullerexponering i $L_{Aeq,DEN}$ vid fasad har ett svagt samband med upplevd bullerstörning. Eftersom tidigare studier av sambandet mellan exponering och störning i experiment visat på ett starkt samband [19]. Är en rimlig slutsats att skillnaden mellan den beräknade störningen och den upplevda störningen beror på att $L_{Aeq,DEN}$ i planläggningen av Silverdal inte varit ett tillförlitligt mått för att förutsäga bullerstörningen. För att kunna uttala sig om detta problem kan generaliseras till andra områden behövs dock fler studier på större populationer med en större geografiskt spridning. Indikationen i resultatet är dock trots allt att bättre exponeringsmått behövs för att på ett tillförlitligt sätt kunna förutsäga upplevd bullerstörning.

För att förbättra tillförlitligheten i förutsägelser av bullerstörning skulle fler faktorer kunna användas i planeringsunderlagen. I resultatet framkommer flera faktorer som kan vara intressanta att ta hänsyn till. Den faktor som visade starkast påverkan på bullerstörning var upplevelse av vibrationer. Tyvärr är det inte helt entydigt vad upplevda vibrationer betyder. Besvärsupplevelser kan både betyda att det finns faktiska vibrationer i fastigheten orsakade av trafik, men även att personen är exponerad för lågfrekvent ljud (brummande ljud) [20]. Resultatet skall därför ses som en indikation på att vibrationsupplevelser kan var viktigt. För att på ett djupare plan förstå och undersöka vibrationsstörningsupplevelserna behöver dock mer objektiva mått användas, exempelvis frekvensspektrumanalyser och vibrationsmätningar. Upplevelsen av luftkvalité uppvisar samma problematik som vibrationsupplevelsen. Även luftkvalité bör alltså mätas mer objektivt antingen i form av beräkningar eller faktiska mätningar. Två andra faktorer som visade samband med störningsupplevelsen var: fönsterriktning (mot/från bullerkälla) och utbildningsnivå. Dessa kan

¹⁰ Linjär ökning: 12 % (störningsnivån 2007) + 9 år (2007-2016) x 0.4 % (ökningen per år) = 15.6 %

teoretiskt inkluderas i planeringsunderlag. Fönsterriktning framgår av byggritningarna och utbildningsnivån kan exempelvis uppskattas utifrån den tänkta prissättningen på bostäderna i området. Användandet av utbildningsnivå i detta sammanhang är dock problematiskt, eftersom byggnationsorienterade parter skulle kunna använda låg prissättning i ett område (lägre förväntad utbildningsnivå), som ett argument för att tillåta mer buller. Detta skulle innebära att människor med en lägre inkomst skulle bli mer utsatta för de negativa hälsoeffekterna av buller [3]. En typ av diskriminering mot de mindre bemedlade [jmf. 6]. Det betyder att försiktighet, i relation till sociala variabler, bör iakttas vid utvecklingen av mer komplexa störningsmodeller för planeringsunderlag. En annan faktor som predicerade störningsupplevelse var att attityd till vägtrafik, men sambandet var svagt. Resultatet antyder trots allt att attitydpåverkan mot ökad acceptans, i viss mån skulle kunna minska bullerstörning. Även de faktorer som inte visade samband med bullerstörningen är viktiga, varken ålder, kön eller fordonsanvändning visade starka samband med upplevelsen av störning. Detta innebär att dessa inte bör användas som förklaringsmodeller för bullerstörningen.

Ingen av de två regressionmodellerna förklarade en stor proportion av variationen i den upplevda störningen. Detta orsakas av flera olika saker, som mätfel, bakomliggande variabler samt slumpfaktorer. Ett problem med mätningen av upplevelsen av bullerstörning är den standardiserade störningsfrågan [17]. Att be en person att tänka tillbaka över en ett helt år och dessutom uppskatta medelupplevelsen under denna tidsperiod, är en svår uppgift. I sin form stämmer frågan väl överens med $L_{Aeq,DEN}$, men i och med att sambandet mellan exponeringsmättet och upplevelsen i denna studie var svagt, kan frågeformuleringen ifrågasättas. En enklare mer vardagsnära fråga skulle sannolikt vara lättare att svara på: exempelvis om personen i närtid upplever sig störd av buller. Hur frågor kan tolkas och påverkas av subjektiva åsikter är viktigt vid mätning av faktorer som påverkar buller. Exempelvis är frågor rörande: ålder, kön, riktning på sovrumsfönster, utbildningsnivå samt transport till arbete, mindre påverkade av tolkning och subjektivitet. Samtliga berör fysiska aspekter hos personen själv eller i omgivningen, vilket gör tolkningsutrymmet mindre. Faktorerna: upplevda vibrationer, upplevt hälsotillstånd och attityder, innehåller dock större osäkerheter. Användandet av mer subjektiva enkätfrågor är problematiskt ur ett mätningsspektiv, och helst bör de enligt ovan mätas med mer objektiva metoder.

Rekreation i Silverdal sker företrädesvis i de centrala delarna samt i skogspartierna längs Edsviken. Även områdena inne på Polishögskolan används. Ett problem med dessa frågor är att det finns relativt stora osäkerheter i skatningarna. Framförallt är upplösningen på kartområdena grov, samtidigt gör enkätformatet på undersökningen det svårt att göra mer detaljerade områden. Med fler områden behöver deltagaren dels mer noggrant minnas hur den rört sig i området, men också översätta dessa minnesbilder till de områden som anges på kartan, en uppgift blir svårare desto fler områden som anges. Ett annat problem kan vara att

det är svårt för en deltagare att korrekt uppskatta hur ofta den använt ett visst område. Detta skapar på individnivå en osäkerhet i hur ofta ett område används. Det relativt stora antalet deltagare i studien ökar dock tillförlitligheten eftersom osäkerheten i skattningen blir mindre när medelvärdet av ett stort antal skattningar används. I studier som är intresserade av att mäta rekreationsbeteende mer precist bör dock använda objektiva kontinuerliga mätmetoder, exempelvis via telefoner med GPS positionering.

Skattningarna av upplevd luftkvalité indikerar att boende upplever luftkvalité som relativt mindre problem än buller. Detta stämmer inte med den faktiska hälsoeffekten jämfört mellan partiklar och buller. Partiklar är avsevärt mer negativt för folkhälsan jämfört med buller [2]. Effekten av buller är dock sannolikt mer påtaglig än bristande luftkvalité. I fritextsvaren beskriver flera respondenter en oro för partiklar och dålig luft, men få beskrivningar av direkta hälsoeffekter. Beskrivningarna av bullerpåverkan var mer direkta, exempelvis beskrivs upplevelser av hörselproblem och sömnsvårigheter. Detta stödjer en tolkning att partikeleffekter inte är lika direkt kopplade till fysiska upplevelser som effekter av buller. Ur ett samhällskostnadsperspektiv vore dock ett större fokus på partiklar motiverat, eller helst en balanserad sammanvägning mellan effekten av partiklar och buller.

För att minska bullret i Silverdal finns flera olika åtgärdsalternativ [11, 12]. Svaren från enkäten indikerar att boende är mest störda i utomhusmiljön. En fördel med bulleråtgärder utomhus är att dessa både förbättrar miljön inomhus och utomhus. Lokala bulleråtgärder, exempelvis ljuddämpning på fastigheter, eller fönsterisolering, åstadkommer inte samma synergieffekter inne och ute. Utomhusåtgärder på fordon (bil/tåg) är svårt, eftersom dessa ägs av många olika personer och organisationer (privatpersoner, företag, SJ, privata tågbolag). För att fordonsåtgärder skall få genomslag krävs lagstiftning, vilket tar lång tid och den slutgiltiga lagen blir inte nödvändigtvis i linje med ursprungstanken. Källåtgärder på material, som vägbeläggning och räls slipning är mer realistiska, de har dock till viss del redan utförts och kräver överenskommelser med andra intressenter som Transportstyrelsen. Åtgärder som fokuserar på ljudutbredning, som exempelvis bullerplank och hastighetsåtgärder är också realistiska, men kräver även dessa överenskommelser med andra parter. I fritextsvaren är önskemål om bullerplank det vanligast förekommande temat. Bullerplank kan i reducere bullernivån med upp till 18 L_{Aeq} , kostnaden för planket ökar dock oftast med dämpningens storlek. För att minska buller effektivt med bullerplank bör målet vara att implementera åtgärden längs hela bullerkällans sträckning. Dyrare, men mer bullerdämpande lösningar som sätts upp lokalt minskar den totala effekten av lösningen och är därför sällan effektiva [12]. Hastighetssänkning beskrivs av många i fritextsvaren som realistiska, men eftersom det i samma svar beskrivs att efterlevnaden av hastighetsgränser är dålig, kan potentiellt åtgärder som ökar efterlevnaden av hastighetsgränserna minska bullernivån. En minskning av hastighet på en bil med 20 km/h minskar bullret med 10 L_{Aeq} [21]. En uppskattning av reduktionen i upplevd störning i relation till en åtgärd visar att, en

minskning med bullret på 10 L_{Aeq} , minskar störningsupplevelsen med cirka 12 procent [22]. Effektiviteten i åtgärden bestäms av hur många bilar som kör för fort, samt hur stor den generella hastighetsöverträdelsen är. De flesta bulleråtgärdsmetoder dämpar buller med över 3 L_{Aeq} . Men studier har visat att den faktiska upplevelsen av bullersänkning kan vara betydligt lägre [23]. I planeringsarbetet kring åtgärder är det därför viktigt att på ett kunskapsinkluderande och realistiskt sätt, utvärdera både bästa tänkbara samt sämsta tänkbara bullerreduktionen.

Slutsats

Studien visar att boende att många boende i Silverdal är bullerstörda, både jämfört med nationella undersökningar och i relation till den förväntade bullerstörningen från bullerkartor. Rekreativmiljön i området upplevs som relativt god och luftkvalitén upplevs som ett relativt mindre problem än bullret. Utomhusmiljön är den miljö som upplevs som är mest problematiskt för boende. Bulleråtgärder utomhus längs bullerkällornas sträckning rekommenderas, eftersom de efterfrågas av de boende, men även för att sådana åtgärder minskar bullret både utomhus och inomhus.

Referenser

1. WHO, *WHO guide to identifying the economic consequences of disease and injury.*, D.o.H.S.F.H.S.a. Services, Editor. 2009, World Health Organization: Geneva, Switzerland.
2. WHO, *Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries*, O. Hänninen, et al., Editors. 2015.
3. WHO, *Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy years lost in Europe*, L. Fritschi, et al., Editors. 2011, World Health Organization: Geneva. p. xvii + 108.
4. EP/EC, *Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise - Declaration by the Commission in the Conciliation Committee on the Directive relating to the assessment and management of environmental noise 2002*, European Parliament and European Council.
5. SFS, *Förordning (2004:675) om omgivningsbuller*. 2004, Stockholm: Miljö- och energidepartementet, Svensk Författningssamling.
6. SFS, *Förordning (2015:216) om trafikbuller vid bostadsbyggnader*. 2015, Stockholm: Näringsdepartementet, Svensk Författningssamling.
7. WHO, *Night Noise Guidelines for Europe*. 2009, World Health Organization Europe.
8. ISO, *Acoustics - Normal equal-loudness-level contours*, in *ISO 226:2003*. 2003, International Organization for Standardization: Geneva.
9. EEA, *Noise in Europe 2014*. 2014, European Environment Agency.
10. Socialstyrelsen, *Miljöhälsorapport 2009*. 2009, Stockholm: Socialstyrelsen.
11. Nijland, H.A., et al., *Costs and benefits of noise abatement measures*. Transport Policy, 2003. **10**(2): p. 131-140.
12. Nilsson, M., et al., *Novel Solutions for Quieter and Greener Cities*. 2013.
13. Stansfeld, S., et al., *Reduction of road traffic noise and mental health: An intervention study*. Noise and Health, 2009. **11**(44): p. 169-175.
14. Trafikverket. *Vägtrafikflödeskartan*. 2011 [cited 2016 13 juni]; Available from: <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation#>.
15. Trafikverket. *Ostkustbanan*. 2015 2016-10-27 [cited 2016 13 juni]; Available from: <http://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/jarnvag/Sveriges-jarnvagsnat/Ostkustbanan/>.
16. Salomons, E., et al., *The Harmonoise sound propagation model*. Acta acustica united with acustica, 2011. **97**(1): p. 62-74.
17. ISO, *Acoustics-Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. ISO/TS 15666:2003(E)*. 2003, ISO: Geneva, Switzerland.
18. Lindkvist, Å., *Sollentuna kommun Bullerkartläggning – väg- och tågtrafik*. 2011, ÅF-Infrastructure AB: Ljud och Vibrationer.
19. Nilsson, M.E., *A-weighted sound pressure level as an indicator of short-term loudness or annoyance of road-traffic sound*. Journal of Sound and Vibration, 2007. **302**(1–2): p. 197-207.
20. Berglund, B. and P. Hassmen, *Sources and effects of low-frequency noise*. Journal of the Acoustical Society of America, 1996. **99**: p. 2985 - 3002.
21. Pallas, M.-A., et al., *Noise emission levels for electric and hybrid vehicles—First results of the FOREVER project*. Proc Transport Research Arena, 2014.
22. Nilsson, M.E., *A-weighted sound pressure level as an indicator of short-term loudness or annoyance of road-traffic sound*. Journal of Sound and Vibration, 2007. **302**(1-2): p. 197-207.
23. Nilsson, M.E., M. Andéhn, and P. Leśna, *Perceptual efficiency of road-traffic noise barriers*, in *Inter-Noise 2007*. 2007, Institute of Noise Control Engineering: Istanbul, Turkey.