

Effekter av vägtrafikbuller före och efter anläggning av bullerreducerande asfalt och hastighetssänkning i Örebro



Anita Gidlöf Gunnarsson
Beteendevetare, fil.dr
Arbets- och miljömedicin,
Universitetssjukhuset Örebro

Jarmo Riihinen
Trafikingenjör
Örebro kommun,
Tekniska förvaltningen

Utfärdad: 2019-03-26
Diarienummer: 19RS2750-1



Arbets- och miljömedicin

Arbets- och miljömedicin är ett samarbete mellan regionerna i Örebro, Sörmland, Värmland och Västmanland. Vi finns vid Universitetssjukhuset Örebro men vårt uppdrag är att arbeta för en god hälsa i en bra miljö i alla fyra länen.

Besöksadress

Universitetssjukhuset Örebro
Entré F, våning 2

Postadress

Arbets- och miljömedicin
Universitetssjukhuset Örebro
701 85 Örebro

Telefon

019-602 24 69

Webbplats

www.regionorebrolan.se/amm

Citera oss gärna, men vänligen ange källan.

Innehåll

Sammanfattning	4
Bakgrund	6
Syfte	7
Material och metod	8
Val av undersökningsområden.....	8
Bulleråtgärder – asfalt med stålslagg och hastighetsänkning	8
Val av undersökningspopulation.....	12
Utvärdering av effekter av vägtrafikbuller	13
Genomförande av undersökningen	14
Statistisk bearbetning och redovisning av resultat.....	14
Resultat	15
Beskrivning av undersökningspopulationen	15
Beskrivning av bostädernas utformning och upplevelser av boendemiljön.....	16
Upplevelse av ljudmiljön inomhus och utomhus nära bostaden	17
Trivsel och användning av bostad och bostadsområde.....	18
Störning av olika olägenhetskällor	19
Allmän störning av vägtrafikbuller vid olika situationer.....	21
De boendes egna jämförelser av störning efter bulleråtgärder.....	22
Påverkan av vägtrafikbuller på olika aktiviteter inomhus och utomhus.....	23
Påverkan av vägtrafikbuller på dagliga aktiviteter med fönstret stängt.....	23
Påverkan av vägtrafikbuller på dagliga aktiviteter med fönstret öppet	24
Påverkan av vägtrafikbuller på dagliga aktiviteter utomhus	24
Påverkan av vägtrafikbuller på sömnen med stängt och öppet fönster.....	25
Sömnpåverkan med stängt fönster	25
Sömnpåverkan med öppet fönster.....	26
De boendes egna jämförelser av sömnpåverkan efter bulleråtgärder	26
Vibrationer från vägtrafiken stör sömnen.....	26
Psykosocialt välbefinnande	27
Tider på dygnet då vägtrafikbullret stör mest	28
Upplevelse av ljudmiljöns karaktär utomhus vid bostaden.....	31
Boendes egna åtgärder för att minska bullret	32
De boendes upplevelse av bulleråtgärderna, uppmärksammade problem och önskade bulleråtgärder.....	32
Sammanfattande kommentarer och slutsatser	38
Hur påverkades bullernivåerna av åtgärderna?	38
Effekter på upplevd boendemiljö och ljudmiljö	38
Effekter på störningar och välbefinnande	40
Bulleråtgärderna upplevs som positivt men mycket mer kan göras.....	42
Metodologiska aspekter	43
Kommentarer och slutsatser	43
Tack	44
Referenser	46
Bilaga 1: Beskrivning av undersökningspopulationen	48
Bilaga 2: Beskrivning av bostaden och bostadens utformning	49
Bilaga 3: Figurer från mätning av frekvensspektra	51

Sammanfattning

Rapporten redovisar resultat från en undersökning som utvärderat effekterna av åtgärder för att minska vägtrafikbullret i ett bostadsområde i Örebro. Undersökningen har utförts av Arbets- och miljömedicin, Universitetssjukhuset Örebro, i samarbete med Tekniska förvaltningen, Örebro kommun och Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI). Målsättningen var att undersöka hur bullerexponering och omfattning av störningar och andra effekter på de boende har påverkats efter anläggning av bullerreducerande stålslaggasfalt samt hastighetssänkning. Jämförelser gjordes med ett kontrollområde utan bulleråtgärder.

Förstudien med enkäter och mätning av den gamla asfaltens bulleregenskaper genomfördes maj-juni 2017. Stålslaggasfalten lades under juli 2017 och i september sänktes hastigheten från 70 km/tim till 60 km/tim. En första mätning av asfalten gjordes i september 2017. Under maj 2018 genomfördes efterstudien med enkäter. En andra mätning av den nya

asfalten gjordes i juni 2018. Mätningarna utfördes av VTI med CPX-metoden som är en ISO-standardiserad och särskilt utformad metod för att mäta vägbelägningars bulleregenskaper. Mätningarna i september 2017 visade att den nya asfalten reducerade bullret med ca 3 dB jämfört med den gamla asfalten. Hastighetssänkningen bedömdes ha minskat bullernivåerna med ca 1-2 dB. Direkt efter bulleråtgärderna uppskattades nivåerna totalt ha minskat med ca 4-5 dB. Ett år senare hade asfaltens bullerreducerande effekt minskat till cirka 1 dB. Orsaken till detta är oklart. Totalt svarade 62 personer på båda enkäterna, 31 personer i vardera området.

Före bulleråtgärderna var många av de boende i både åtgärds- och kontrollområdet mycket störda av vägtrafikbullret och det fanns ett tydligt samband mellan ökande bullernivåer och ökande störning. Bulleråtgärderna gav följande resultat.



- Bullerstörningen minskade signifikant från 36 till 13 procent vid stängt fönster, från 71 till 45 procent vid öppet fönster och från 74 till 42 procent vid vistelse utomhus vid bostaden.
- Bullerstörningen minskade under helgen, signifikant mellan kl. 12-16.
- Störning av vibrationer från vägtrafiken minskade signifikant från 55 till 32 procent.
- Vägtrafikbullrets påverkan på aktiviteter inomhus minskade, framför allt vid öppet fönster. Stört telefonsamtal minskade signifikant från 68 till 39 procent. Även färre boende var störda vid vanligt samtal, när de lyssnade på TV/radio och vid vila/avkoppling.
- Utomhus minskade störningarna signifikant från 81 till 58 procent vid samtal, från 77 till 52 procent vid avkoppling och från 61 till 35 procent för utevistelse som hindras av bullret.
- Signifikant färre upplevde att vägtrafikbullret hindrade dem att ha sovrumsfönstret öppet.
- Andelen med sömnstörningar p.g.a. vägtrafikbullret vid stängt fönster förändrades lite. Vid öppet fönster sågs något större förändringar.
- Sömnstörning av vibrationer från vägtrafiken minskade signifikant från 42 till 16 procent.
- Vassa, svischande och slamrande ljud upplevdes som mindre framträdande än tidigare. Ljud i bakgrunden fick en mer diffus, dämpad och dov karaktär.
- En majoritet, 64 procent, var positiv eller mycket positiv till bulleråtgärderna.
- Den nya asfalten upplevdes initialt ge en klar förbättring av ljudförhållandena, men över tid noterade de boende en ökning av bullret.
- I kontrollområdet ökade störningarna överlag.
- De boende i åtgärdsområdet önskade fortsatta bulleråtgärder, framförallt lägre hastighet, fartkameror och att bullerskärmar och bullervallar förnyas eller åtgärdas. I kontrollområdet önskade man bullerreducerande asfalt, sänkt hastighet och fartkameror.

Bakgrund

En viktig långsiktig målsättning för Arbets- och miljömedicin (AMM) vid Universitetssjukhuset Örebro, är att tillsammans med olika aktörer, myndigheter, kommuner och företag identifiera, mäta och åtgärda buller som ett miljöhälsoproblem. Mellan 2013 och 2016 genomförde AMM ett forskningsprojekt om effekter av vägtrafikbuller i moderna bostadsområden tillsammans med Örebro kommun och Länsstyrelsen i Örebro. Forskningsprojektet var också en del av Örebro kommuns åtgärdsprogram för buller. I åtgärdsprogrammet ingår också att följa utvecklingen av bullerreducerande asfalt, vilket Tekniska förvaltningen inom Örebro kommun har ansvar för. Under 2016 beslutade man att testa en relativt ny typ av vägbeläggning där stålslagg ingår som ballast i asfalten. Studier har visat att bullret kan reduceras med ca 1-2 dB jämfört med nyanläggning av konventionell asfalt. En delsträcka av Östra Bangatan i Örebro valdes ut som studieområde eftersom flera närboende i området hade klagat på trafikbullret på grund av stora trafikflöden och relativt höga hastigheter. Då den tidigare asfaltbeläggningen vid det aktuella området var i dåligt skick förväntades en bullerreducering på ca 3-4 dB med stålslaggsasfalten. En stor fördel med asfalt innehållande stålslagg är att den har bättre hållbarhet än andra typer av bullerreducerande asfalt, t.ex. dubbeldrän (två lager av dränasfalt), enkeldrän med och utan gummi och gummiasfalt [1].

Lågbullerbeläggningar har under lång tid prövats i Sverige som åtgärd för att sänka bullernivåerna från vägtrafiken. Bullerreducering och andra asfaltrelaterade faktorer som påverkar bulleregenskaperna utvärderas oftast i dessa projekt [1-2]. Däremot är det få studier som har utvärderat hur människor akustiskt upplever den bullerreducerande asfalten och hur störning och välbefinnande påverkas (t.ex. störning av samtal, avkoppling, sömn, utestelse) [3-5]. Resultaten från dessa studier tyder på att den här typen av asfalt kan vara ett effektivt sätt att minska bullerstörningarna. I de senaste riktlinjerna för omgivningsbuller understryker Världshälsoorganisationen (WHO) [6] vikten av att reducera bullerexponeringen för att motverka de negativa effekterna på människors hälsa och välbefinnande. Att minska bullret vid källan framförs som den mest effektiva åtgärden. För vägtrafikbuller kan det handla om exempelvis lågbullerbeläggning och lågbullrande däck.

I samband med anläggningen av den nya asfalten valde man även att sänka den skyltade hastigheten på aktuell vägsträcka från 70 km till 60 km i timmen. Därmed fick AMM och Örebro kommun möjlighet att undersöka och utvärdera effekterna av bulleråtgärderna. Uppföljning och utvärdering av olika åtgärder mot buller är viktigt för att kunna bedöma dess effekter såväl på bullernivåerna som på hälsa och välbefinnande. Åtgärdsstudier som denna efterfrågas också inom forskarvärlden [6].

Syfte

Syftet med undersökningen är att utvärdera bullerexponering samt förekomst och omfattning av störning och annan påverkan av vägtrafikbuller före och efter anläggning av stålslaggsasfalt och hastighets-sänkning vid en delsträcka av Östra Bangatan i Örebro. Jämförelser gjordes med ett kontrollområde. Följande frågeställningar har studerats:

1

Hur är bullerexponeringen från vägtrafiken i boendemiljön före bulleråtgärder och hur förändras exponeringen efter beläggning med bullerreducerande asfalt och hastighetssänkning?

2

Vad betyder bulleråtgärderna och eventuella förändringar i exponering för allmän störning, störning av vardagliga aktiviteter, sömnstörningar och psykosocialt välbefinnande?

3

Vad betyder bulleråtgärderna och eventuella förändringar i exponering för upplevelsen av bostaden och dess utemiljö samt för upplevelsen av ljudmiljön och ljudets karaktär? Hur nöjd är de boende med bulleråtgärderna?



Material och metod

Val av undersökningsområden

Undersökningen genomfördes i två bostadsområden i Örebro. Området där bulleråtgärderna utfördes är beläget längs med en sträcka av den norra delen av Östra Bangatan (åtgärdsområde). Östra Bangatan är en centralt belägen trafikled med två filer i varje riktning. Skyltad hastighet var vid förstudien 70 km/tim. Enligt trafikräkning gjord 2016 uppgår antalet fordon till cirka 20 500 per årsmedeldygn, varav cirka 5 procent är tung trafik. Bebyggelsen i åtgärdsområdet består mest av äldre villor (cirka 30 i antal), de flesta byggda på 20–30-talet. De villor som ingår i undersökningen ligger närmast Östra Bangatan. Avståndet till vägmitt varierar mellan cirka 25-70 meter (se figur 1, övre bild). På ett område på motsatt sida av Östra Bangatan har flerbostadsfastigheter uppförts och fler byggnader är under uppbyggnad (se figur 1, undre bild). På västra sidan av Östra Bangatan finns en bullerskärm uppförd år 1999 och på den östra sidan finns både bullerskärm och bullervall. Höjden på skärmen är överlag cirka 3 meter men höjden på bullervallen varierar mellan 1-2 meter. En av anledningarna till att Örebro kommun har valt att testa buller-reducerande asfalt på Östra Bangatan är att flera av de boende i det aktuella området har klagat på trafikbuller.

Kontrollområdet har liknande förhållanden som åtgärdsområdet men ligger vid riksväg 50 som är en fortsättning på Östra Bangatan norrut från Örebro. Bebyggelsen består mest av äldre villor byggda mellan 30–60-talet, med undantag för ett hus från 2001. På den västra sidan av riksväg 50 finns bullerskärmar och på den östra sidan finns både bullerskärm och bullervall. Enligt trafikräkning gjord 2014 uppgår antalet fordon till mellan 18 600-22 200 fordon per årsmedeldygn varav

cirka 7 procent är tung trafik. Där förväntades inga förändringar i exponering för vägtrafikbuller mellan de två undersökningstillfällena.

Urvalet av fastigheterna har baserats på rekognosering och dokumentation på plats (genomförd av Anita Gidlöf Gunnarsson, Arbets- och miljömedicin, USÖ).

Bulleråtgärder – asfalt med stålslag och hastighetssänkning

Under augusti 2017 lades den nya stålslagsasfalten på en sträcka av ca 600 meter av den norra delen av Östra Bangatan i Örebro. Asfalten, benämnd Viacogrip 8 EAF, är en produkt från NCC där ballasten består av stålslag. Maximal stenstorlek är 8 mm, hålrums halt är 1,5-7 procent (4,5 procent för ballasten) och tjocklek är 25 mm [7]. När asfalten innehåller mindre stenar får den bland annat en jämnare vägyta och därmed också bättre buller-reducerande effekt än konventionell asfalt, t.ex. ABS 16. Tester av stålslag i asfaltbeläggningar har vidare visat på mycket goda egenskaper vad gäller stabilitet, styvhet och hållbarhet [8]. På Östra Bangatan var den äldre beläggningen från 2012 en standardbeläggning (ABS 11) med maximal stenstorlek på 11 mm. ABS 11 används ofta på vägar och gator i tätorter. Vid anläggningen av den nya asfalten var den gamla beläggningen sliten, på en del ställen nersliten till det första asfaltgruslagret. I mitten av september 2017 sänktes den skyltade hastigheten från 70 km/tim till 60 km/tim.



Åtgärdsområdet vid Östra Bangatan i Örebro (gulmarkerat).



Plan för nybyggt område vid Östra Bangatan i Örebro. Blåmarkerat visar de bostäder som under 2017-2018 har byggts vid Östra Bangatan.

Figur 1. Fastigheter vid Östra Bangatan som ingår i åtgärdsområdet (gulmarkerat) samt nytt bostadsområde som uppförts 2017-2018 (blåmarkerat).

Bestämning av bullerexponering

Bestämning av individuell bullerexponering från vägtrafik ($L_{Aeq,24h}$ och L_{max}) gjordes vid den mest exponerade fasaden för samtliga utvalda bostäder i de två undersökningsområdena. De beräknade bullernivåerna utfördes av Jarmo Riihinen vid Tekniska förvaltningen, Örebro kommun, utifrån den Nordiska beräkningsmodellen [9] och med Trivectors beräkningsprogram ”Buller Väg II”. Som underlag för beräkningarna inhämtades uppgifter (trafikmängd, trafikslag, hastighet, terrängförhållanden och bebyggelse) från Trafikverkets databas och från kommunens trafikflödesmätningar. Värdena har även jämförts med en tidigare bullerkartläggning som utfördes under 2011-2012 [10]. Vid såväl åtgärdsområde som kontrollområde finns bullerskärmar och bullervallar. Höjden på bullerskärmar är i de flesta fall mellan 2 och 3 meter men höjden på bullervallen varierar en hel del och vi har i dessa fall försökt att bedöma höjderna för de olika avsnitten. För kontrollområdet har antagits att inga förändringar i trafiken har inträffat mellan de två undersökningstillfällena (2017 och 2018) som har påverkat bullernivåerna annat än marginellt.

Tabell 1 redovisar statistisk fördelning av de beräknade bullernivåerna för vart och ett av ljudnivåmått i förstudien uppdelat på åtgärdsområdet och kontrollområdet. Bullervärdena avser den mest exponerade sidan av bostaden. Ljudnivåmått visar att bullerexponeringen från vägtrafiken var mycket lika i de två studieområdena före insatta bulleråtgärder. Medelljudnivån över dygnet ($L_{Aeq,24h}$) var 58,2 dB i båda områdena.

Mätning av vägbeläggnings bulleregenskaper

Örebro kommun har låtit Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) genomföra mätningar av ljudalstring på en 400 meter lång teststräcka av Östra Bangatan i åtgärdsområdet. Mätningarna gjordes med den så kallade CPX-metoden (Close Proximity) och har dels bestått av en föremätning på den gamla vägbeläggnings utförd juni 2017 [7], dels av eftermätningar på den nya stålslagsbeläggnings utförd september 2017 [7] och juni 2018 [11]. Metoden är ISO-standardiserad och särskilt utformad för att mäta vägbeläggnings bulleregenskaper. Med hjälp av en mätvagn med två monterade extradäck, ett däck rullar i vänstra hjulspåret och det andra i högra hjulspåret, mäts ljudtrycket med hjälp av två mikrofoner vid vardera av däcken (se figur 2). De två däcken representerar personbilsdäck respektive tunga fordonsdäck. CPX-metoden ger en bra bild av skillnaderna i bullernivå mellan olika vägbeläggningar och hastigheter [7, 11]. Mätningarna utfördes vid 50 och 70 km/tim. För mer information om mätmetoden, se [7].

Tabell 1. Bullernivåer från vägtrafik för åtgärdsområdet och kontrollområdet i förstudien. Statistisk fördelning för olika exponeringsmått.

	Bullerexponering för åtgärdsområdet (n=31)		Bullerexponering för kontrollområdet (n=31)	
	Förstudie		Förstudie	
	$L_{Aeq,24h}$	L_{max}	$L_{Aeq,24h}$	L_{max}
Medelvärde	58,2	64,7	58,2	64,5
Sd	2,1	3,2	2,9	4,2
Median	58	65	58	64
Minimum	54	57	53	56
Maximum	63	71	64	72



Figur 2. Mätvagn från TUG (Tekniska Universitetet i Gdansk) för mätning med CPX-metoden som använts i detta projekt. Till höger visas mätvagnen med skyddshuven öppen. Foton från [7].



Val av undersökningspopulation

För att ta fram de forskningspersoner som skulle ingå i undersökningen gjordes ett utdrag ur kommuninvånarregistret från Örebro kommun avseende de utvalda bostadsområdena. Utdraget innefattade bland annat personuppgifter, fastighetsbeteckning och gatuadress. Urvalet för enkätutskicket var samtliga personer i varje hushåll i åldern 18-80 år vid undersökningens utförande. Det totala urvalet i förstudien uppgick till 136 personer uppdelat på åtgärdsområdet = 63 personer och kontrollområdet = 73 personer, se tabell 2.

Antal svarande i förstudien uppgick till 85 personer varav 40 i åtgärdsområdet och 45 i kontrollområdet. Svarefrekvensen var lika i båda områden. Den totala svarefrekvensen för hela studiepopulationen uppgick till 63 procent. I efterstudien uppdaterades uppgifter om målgruppen genom kommuninvånarregistret från Örebro kommun och 129 personer valdes ut. Av dessa utgick en person som hade flyttat från adressen. Antal svarande i efterstudien uppgick till 69 personer varav 33 i åtgärdsområdet och 36 i kontrollområdet. Svarefrekvensen var något högre i åtgärdsområdet, 57 procent, än i kontrollområdet, 53 procent. Den totala svarefrekvensen i efterstudien var 54 procent. Totalt svarade 62 personer på båda enkäterna, 31 personer i vardera området.

Tabell 2. Studiepopulationen med urval och svarefrekvens.

	Förstudie (2017) Antal	Efterstudie (2018) Antal
Åtgärdsområde		
Urval	63	58
Utgår	-	-
Resterande urval	63	58
Svar	40	33
Bortfall	23	25
Svarefrekvens %	63	57
Kontrollområde		
Urval	73	71
Utgår ¹⁾	-	1
Resterande urval	73	70
Svar	45	36
Bortfall	28	34
Svarefrekvens %	62	51
Totalt		
Urval	136	129
Utgår ¹⁾	-	1
Resterande urval	136	128
Svar	85	69
Bortfall	51	59
Svarefrekvens %	63	54

¹⁾ Flyttat

Utvärdering av effekter av vägtrafikbuller

En enkät om effekter av vägtrafikbuller i boendemiljöer utarbetades baserad på frågeställningarna i detta projekt samt på tidigare miljömedicinska undersökningar av effekter av buller [5, 12-13]. I efterstudien kompletterades åtgärdsområdets enkät med ett antal frågor där förhållanden och situationer efter bulleråtgärderna jämfördes med hur det var innan. Frågor ställdes även om hur de boende upplevde åtgärderna mot bullret, deras egna förslag på bullerminskande åtgärder och hur de upplevde bullersituationen i och omkring sin bostad. De boende i kontrollområdet erhöll en lika utformad enkät i för- och efterstudien förutom två frågor om förslag på bullerminskande åtgärder och upplevelse av bullersituationen i och omkring bostaden. Enkäten bestod av följande delar:

(1) Bostad, boendemiljö och ljudmiljö. I avsnittet om bostaden ingick frågor om boendetid, antal personer i bostaden (vuxna, barn respektive ungdom), antal rum, typ av fönster i bostaden och dess placering i förhållande till gator eller annat (t.ex. vetter mot Östra Bangatan eller riksväg 50), om fönstren blivit utbytta på grund av buller, tillgång till balkong eller uteplats/terrass/trädgård och vistelsetid på dem samt dess placering, tillgång till tysta rum inomhus, tillgång till tyst plats utomhus, tillgång till grönområden i närheten samt hur ofta de boende promenerade, motionerade eller cyklade i omgivningen.

Avsnittet om boendemiljön innefattade även frågor om trivsel i bostaden och i bostadsområdet. Frågor om ljudmiljön inomhus och utomhus avsåg i vilken utsträckning de boende instämde med påståenden om t.ex. möjligheter att uppleva tystnad, att ljudmiljön är rogivande eller att ljud från trafik dominerar ljudmiljön. För åtgärdsområdet innehöll enkäten i efterstudien frågor där de svarande skulle bedöma hur ofta de vistades på uteplatsen nu samt hur de

trivdes med bostaden nu jämfört med situationen innan bulleråtgärderna infördes.

Denna första del av enkäten innehöll vidare frågor om miljöstörning av olika slag som kan förekomma i ett bostadsområde (bl.a. lukt från industri, ljud/buller från spår- och flygtrafik, ljud från ventilation/fläktar, ljud från grannar samt störning av buller, avgaser, sot/smuts och vibrationer från vägtrafik). Frågorna besvarades på en 5-gradig kategoriskala från ”störs inte alls” till ”störs väldigt mycket”.

(2) Frågor om påverkan av buller från vägtrafik samt upplevelse av vägtrafikljudens karaktär. I delavsnittet ingick frågor om störning av vägtrafik och påverkan på olika vardagsaktiviteter inomhus med stängt och öppet fönster samt utomhus (att buller från vägtrafik stör och försvårar kommunikation, koncentration, vila och avkoppling, sömn och utevistelse). I efterstudien innehöll åtgärdsområdets enkät frågor där upplevda störningar nu jämfördes med förhållanden innan insatta bulleråtgärder.

Två frågor ingick om vilka tider på dygnet buller från vägtrafiken störde som mest, dels under veckodagarna, dels under veckosluten. En fråga ställdes om den svarande hade gjort något själv för att minska bullret från vägtrafiken inomhus (t.ex. att ha ljudisolerat fönster och fasad, att ha flyttat sovrummet). En fråga med 14 ljudord ingick för att undersöka om upplevelsen av ljuden från vägtrafiken vid vistelse utomhus hade ändrat karaktär efter bulleråtgärderna. Ljudorden, exempelvis ”dova”, ”svischande”, ”skarpa” och ”brusande”, besvarades på en 5-gradig kategoriskala från ”förekommer ej” till ”dominerar”. För åtgärdsområdet innehöll enkäten i efterstudien frågor där de svarande skulle ange hur de upplevde bulleråtgärderna från mycket positivt till mycket missnöjd.

(3) Sömn och sömnvanor. Frågor ställdes om upplevd sömnkvalitet, uppvaknanden och sömnvanor (sover med öppet fönster, användning av öronproppar och sömnmedel) samt sömnstörning p.g.a. vibrationer från vägtrafik. I efterstudien innehöll åtgärdsområdets enkät frågor där upplevd sömn efter insatta bulleråtgärder jämfördes med förhållanden innan.

(4) Hälsa och välbefinnande. Frågor om hälsa och välbefinnande berörde hur ofta de svarande besvärades av ett antal fysiologiska och psykologiska symtom, t.ex. huvudvärk, nedstämdhet, irritation och nervositet samt grad av känslighet för buller/ljud och damm/luftföroreningar.

(5) Allmänna frågor. Frågor om ålder, kön, civilstånd, utbildning och försörjningssituation.

(6) Egna kommentarer. Möjlighet att skriva ned egna synpunkter och kommentarer. De boende i åtgärdsområdet kunde här beskriva hur de upplevde bulleråtgärder.

(7) Förslag på bulleråtgärder och egen beskrivning av hur bullersituationen upplevs i och omkring bostaden. Frågorna ställdes i efterstudien till de boende i båda områdena.

Då svar fattades eller var oklara sändes en förfrågan om komplettering.

Enkäten i efterstudien skickades ut i början av maj 2018. I följebrevet uppmanades både de som besvarat och de som inte besvarat den första enkäten att delta och svara på den andra enkäten. De rutiner med påminnelser och komplettering av svar som användes i förstudien användes även i efterstudien.

Statistisk bearbetning och redovisning av resultat

Data har analyserats med SPSS version 22. För att utvärdera effekter av bulleråtgärder (före och efter) användes McNemar-testet för parade observationer av proportioner (procentuell andel). För statistisk säkerställd signifikans valdes $p < 0,05$.

Genomförande av undersökningen

Enkäten i förstudien skickades ut med post i början av maj 2017 till de utvalda personerna tillsammans med ett följebrev. I brevet presenterades undersökningen som ett forskningsprojekt om boendemiljö och människors hälsa och välbefinnande i Örebro. I brevet informerades det även om att resultaten kommer att kunna tjäna som kunskapsunderlag vid planering och utformning av boendemiljöer samt för utvärdering av olika åtgärder i trafikmiljön. En påminnelse skickades ut ca 10 dagar senare i form av ett kort till alla som inte svarat. En sista påminnelse med brev och enkäter skickades ut efter ytterligare ca 10 dagar. Alla inkomna enkäter kontrollerades för ofullständiga svar.

Resultat

Beskrivning av undersökningspopulationen

I huvudsak redovisas data som representerar de 62 personer, varav 31 i åtgärdsområdet och 31 i kontrollområdet, som svarat på båda enkäterna, dvs. både före och efter bulleråtgärderna vid Östra Bangatan. För vissa frågor i efterstudien är resultaten baserade på alla som svarade vid det tillfället. Det är frågor där t.ex. störningar som upplevs idag jämfördes med förhållanden innan de insatta bulleråtgärderna samt frågor om egna förslag på bulleråtgärder och egna synpunkter på bullersituationen i och omkring bostaden.

Medelåldern i åtgärdsområdet var 57 år och i kontrollområdet 55 år och andelen kvinnor var 48 respektive 52 procent. Majoriteten var sammanboende eller gifta (90 respektive 90 procent). Andelen som var anställda var 61 procent i båda områdena. I åtgärdsområdet hade 10 procent eget eller delägt företag och 16 procent i kontrollområdet. Omkring en fjärdedel i båda områdena var ålderspensionärer. Det var få i båda områdena som var studerande, förtids- eller sjukpensionär, sjukskrivna eller annat. Något högre andel i åtgärdsområdet, 26 procent, än i kontrollområdet, 19 procent, hade genomgått en universitetsutbildning i 3 år

eller mer. I såväl åtgärdsområdet som i kontrollområdet bodde ungefär lika många barn under 18 år (28 respektive 30 barn). Dock var det färre barn under 7 år i åtgärdsområdet (5 barn) jämfört med kontrollområdet (11 barn). Antalet barn mellan 7 och 17 år var 23 i åtgärdsområdet och 19 i kontrollområdet. Något fler av de svarande i åtgärdsområdet jämfört med kontrollområdet upplevde sig vara ganska eller mycket känsliga för ljud/buller (48 respektive 42 procent) och för damm/luftföroreningar (39 respektive 32 procent). I bilaga 1 redovisas individkaraktäristika som ålder, kön, civilstånd, typ av försörjning, utbildning, ljudkänslighet m.m. uppdelat på åtgärdsområdet och kontrollområdet.

Effekt av åtgärder på bullernivåer från vägtrafik

En föremätning av vägbeläggningens bulleregenskaper genomfördes i juni 2017 med CPX-metoden. Efter att den nya stålslaggsasfalten lagts gjordes två eftermätningar, en i september 2017 och en i juni 2018. I tabell 3 sammanställs resultaten i ljuddämpning (A-viktade bullernivåer) jämfört med den ursprungliga beläggningen [11]. Observera att effekten av hastighetssänkningen inte visas i tabell 3.

Tabell 3. Bullerreduktion för den nya stålslaggsasfalten, Viacogrip 8 EAF, jämfört med den gamla beläggningen samt med en referensasfalt, ABS 16. Tabell från [11].

Ny beläggning med stålslagg	Körfil	Bullerreduktion jämfört med gamla beläggningen	Bullerreduktion jämfört med medelålders ABS 16*
Viacogrip 8 EAF 2017	K1	3,1 dB	3,3 dB
Viacogrip 8 EAF 2017	K2	3,4 dB	3,8 dB
Viacogrip 8 EAF 2017	Medelvärde K1 & K2	3,2 dB	3,5 dB
Viacogrip 8 EAF 2018	K1	0,9 dB	1,3 dB
Viacogrip 8 EAF 2018	K2	1,2 dB	1,6 dB
Viacogrip 8 EAF 2018	Medelvärde K1 & K2	1,1 dB	1,5 dB

*Den vanligast förekommande asfalten i Sverige.

Mätningarna visar att den nya beläggnings bullerreducerande effekt avtagit relativt mycket under det år som beläggnings varit i drift. I början var bullerreduktionen drygt 3 dB jämfört med den gamla beläggnings – skillnaderna låg främst upp till 1000 Hz (se bilaga 3) – men efter ett år hade reduktionen sjunkit till cirka 1 dB. Orsakerna till försämringen har inte klarlagts ännu [11]. En sänkning av hastigheten från 70 km/tim till 60 km/tim ger en generell reduktion av bullret med cirka 2 dB [14]. Sammantaget har vi uppskattat att bullernivåerna direkt efter genomförda åtgärder (ny asfalt och hastighetssänkning) minskade med cirka 4-5 dB i åtgärdsområdet. För kontrollområdet antog vi att inga förändringar i trafiken inträffade mellan de två undersökningstillfällena (2017 och 2018) och därmed ingen förändring av bullernivåerna annat än mycket marginellt.

Beskrivning av bostädernas utformning och upplevelser av boendemiljön

Tiden som de svarande har bott i sin bostad är i medeltal omkring 23 år i åtgärdsområdet och 20 år i kontrollområdet. Alla i båda områdena bor i villa och de flesta har 4 till 5 rum och kök i sin bostad. Nästan alla svarande i båda områdena har något fönster i bostaden mot en trafikled, Östra Bangatan respektive riksväg 50 (bilaga 2). I åtgärdsområdet har 77 procent sovrumsfönster mot Östra Bangatan. I kontrollområdet

var jämförande siffra 61 procent (mot riksväg 50). Svaren i efterstudien visar att fönster har bytts på grund av trafikbuller i 36 procent av bostäderna i åtgärdsområdet och 45 procent i kontrollområdet. Det är fler i kontrollområdet, 94 procent, än i åtgärdsområdet, 67 procent, som har sin uteplats mot trafikleden. Något fler i kontrollområdet än i åtgärdsområdet har största delen av sin tomt/trädgård mot trafikleden. Det är fler i kontroll- än i åtgärdsområdet som uppger att de har tillgång till grönområden inom 400 m från bostaden (81 respektive 39 procent).

I enkäten ställdes frågor om hur man uppfattar tillgången till tysta rum inomhus respektive en tyst plats utomhus i anslutning till bostaden där buller från väg- eller tågtrafik inte märks av. Tabell 4 visar att tillgången till tysta rum inomhus, 23 procent, är oförändrad efter bulleråtgärderna i åtgärdsområdet. I kontrollområdet minskade andelen som har tillgång till tysta rum, från 62 till 48 procent. I båda områdena är det väldigt få som anger att de har tillgång till tyst plats utomhus och andelen minskade också något i efterstudien.

Frågor ställdes även om vilka rum i bostaden som upplevs som tysta, se tabell 5. Tillgång till tyst vardagsrum ökade signifikant i åtgärdsområdet. En viss ökning av tillgång till tyst sovrums sågs också efter bulleråtgärderna. I kontrollområdet ökade även rapporteringen av tillgång till tyst vardagsrum och sovrums i efterstudien, men tillgång till annat tyst rum minskade. Dock var det inga signifikanta förändringar ($p > 0,05$).

Tabell 4. Andel (%) som upplever att de har tillgång till tysta rum inomhus och tyst plats utomhus nära bostaden före och efter bulleråtgärder.

Tillgång till, andel (%)	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	$p^1)$	Före	Efter	$p^1)$
Tysta rum inomhus	23	23	1,00	62	48	0,22
Tyst plats utomhus	3	0	1,00	10	7	1,00

¹⁾ McNemar-test

Tabell 5. Andel (%) som har tillgång till tyst vardagsrum, sovrum, kök och annat rum före och efter bulleråtgärder.

Tillgång till, andel (%)	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	$p^1)$	Före	Efter	$p^1)$
Tyst vardagsrum	0	19	0,03	10	16	0,62
Tyst sovrum	0	13	0,13	16	29	0,29
Tyst kök	7	7	1,00	10	10	1,00
Tyst annat rum	16	16	1,00	42	23	0,18

¹⁾ McNemar-test

Upplevelse av ljudmiljön inomhus och utomhus nära bostaden

Formuläret innehöll sex påståenden om hur ljudmiljön upplevs inomhus och utomhus och de svarande skulle ange i vilken grad de instämde i dessa ("Instämmer helt", "Instämmer delvis", "Tar delvis avstånd" och "Tar helt avstånd"). Tabell 6 visar andelen i procent som instämmer helt eller delvis med dessa sex påståenden före och efter bulleråtgärderna.

I åtgärdsområdet var det större förändringar av hur ljudmiljön upplevdes inomhus än för utomhus efter bulleråtgärderna. Andelen som

upplevde ljudmiljön inomhus som avkopplande eller rogivande ökade med 17 procentenheter. Det var också en större andel som angav att de hade möjlighet att uppleva tystnad inomhus, en ökning med 16 procentenheter. Dessa förändringar var dock inte signifikanta ($p>0,05$). För upplevelsen av ljudmiljön utomhus var det små förändringar. I kontrollområdet angavs överlag en försämring av ljudmiljön såväl inomhus som utomhus i efterstudien, men förändringarna var inte signifikanta ($p>0,05$). I båda områdena upplever en majoritet av de boende att utomhusmiljön domineras av ljud från vägtrafik.

Tabell 6. Andel (%) personer som instämmer helt eller delvis i påståenden om ljudmiljön inomhus och utomhus före och efter bulleråtgärder.

Andel (%) som instämmer helt eller delvis i påståenden om ljudmiljön:	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	$p^1)$	Före	Efter	$p^1)$
När jag är inomhus i bostaden finns det möjlighet att uppleva tystnad	39	55	0,27	65	58	0,69
När jag är inomhus upplever jag ljudmiljön som avkopplande eller rogivande	48	65	0,27	65	55	0,25
När jag är inomhus hör jag för det mesta trafikljud (t.ex. från väg, järnväg)	87	84	1,00	58	77	0,15
När jag är utomhus i bostadens närhet hör jag ofta ljud ifrån naturen som fåglar, insekter och vindens sus	48	52	1,00	52	48	1,00
När jag är utomhus i bostadens närhet upplever jag ljudmiljön som avkopplande	26	20	1,00	32	32	1,00
Ljud från trafik (t.ex. väg, järnväg) dominerar ljudmiljön utomhus	84	87	1,00	77	90	0,34

¹⁾ McNemar-test

Trivsel och användning av bostad och bostadsområde

På en 5-gradig skala från mycket trivsamt till mycket otrivsamt fick de boende svara på hur de trivs i sin bostad och med omgivningen i bostadens omedelbara närhet. En majoritet i båda områdena anger att bostaden och bostadens omgivning är mycket eller ganska trivsamt, något fler i åtgärdsområdet än i kontrollområdet (tabell 7). I åtgärdsområdet ökade trivselen med bostadens omgivning från 68 till 84 procent efter bulleråtgärderna och i kontrollområdet från 65 till 77 procent, vilket dock inte var signifikanta ökning (p>0,05). Trivselen med bostaden förändrades endast lite i båda områdena.

De boende i åtgärdsområdet fick även ange trivsel med bostaden efter jämfört med situationen innan bulleråtgärderna infördes. Frågan

var "Hur trivs du med din bostad nu, jämfört med situationen för cirka ett år sedan (innan ny asfalt lades och hastigheten sänktes)". Svarkategorierna var "bättre", "ingen skillnad" och "sämre". Drygt var tredje person upplevde en förbättring av trivselen i bostaden, resten upplevde ingen skillnad. Alla som besvarade enkäten i efterstudien ingick i denna analys (n=32).

De allra flesta i områdena använder sin uteplats eller trädgård varje dag eller någon/några gånger i veckan under sommarhalvåret när vädret tillåter det, se tabell 8. I åtgärdsområdet sågs ingen förändring i användandet av trädgården/tomten mellan före och efter bulleråtgärderna. I kontrollområdet minskade andelen något. Det var något färre boende i de två områdena som promenerade, motionerade eller cyklade i efterstudien. Förändringarna var inte signifikanta (p>0,05).

Tabell 7. Andel (procent) som anger att bostaden och bostadens omedelbara omgivning är mycket trivsamt eller ganska trivsamt före och efter bulleråtgärder.

Andel (%) som anger mycket trivsamt eller ganska trivsamt:	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	p ¹⁾	Före	Efter	p ¹⁾
Trivsel med bostaden	100	94	0,50	87	84	1,00
Trivsel med bostadens omgivning	68	84	0,12	65	77	0,29

¹⁾ McNemar-test

Tabell 8. Andel (procent) som vistas på uteplats och eller motionerar/promenerar i närområdet varje dag eller någon/några gånger i veckan före och efter bulleråtgärder.

Andel (%) som varje dag, någon eller några gånger i veckan:	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	p ¹⁾	Före	Efter	p ¹⁾
Vistas i trädgården/på tomten under sommarhalvåret	100	100	1,00	90	84	0,50
Promenerar/motionerar/cyklar	84	77	0,62	84	81	1,00

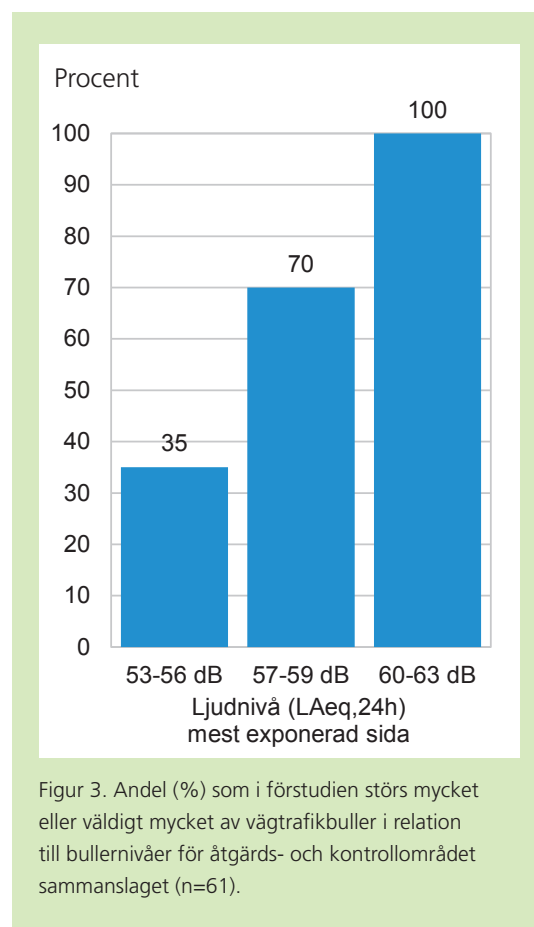
¹⁾ McNemar-test

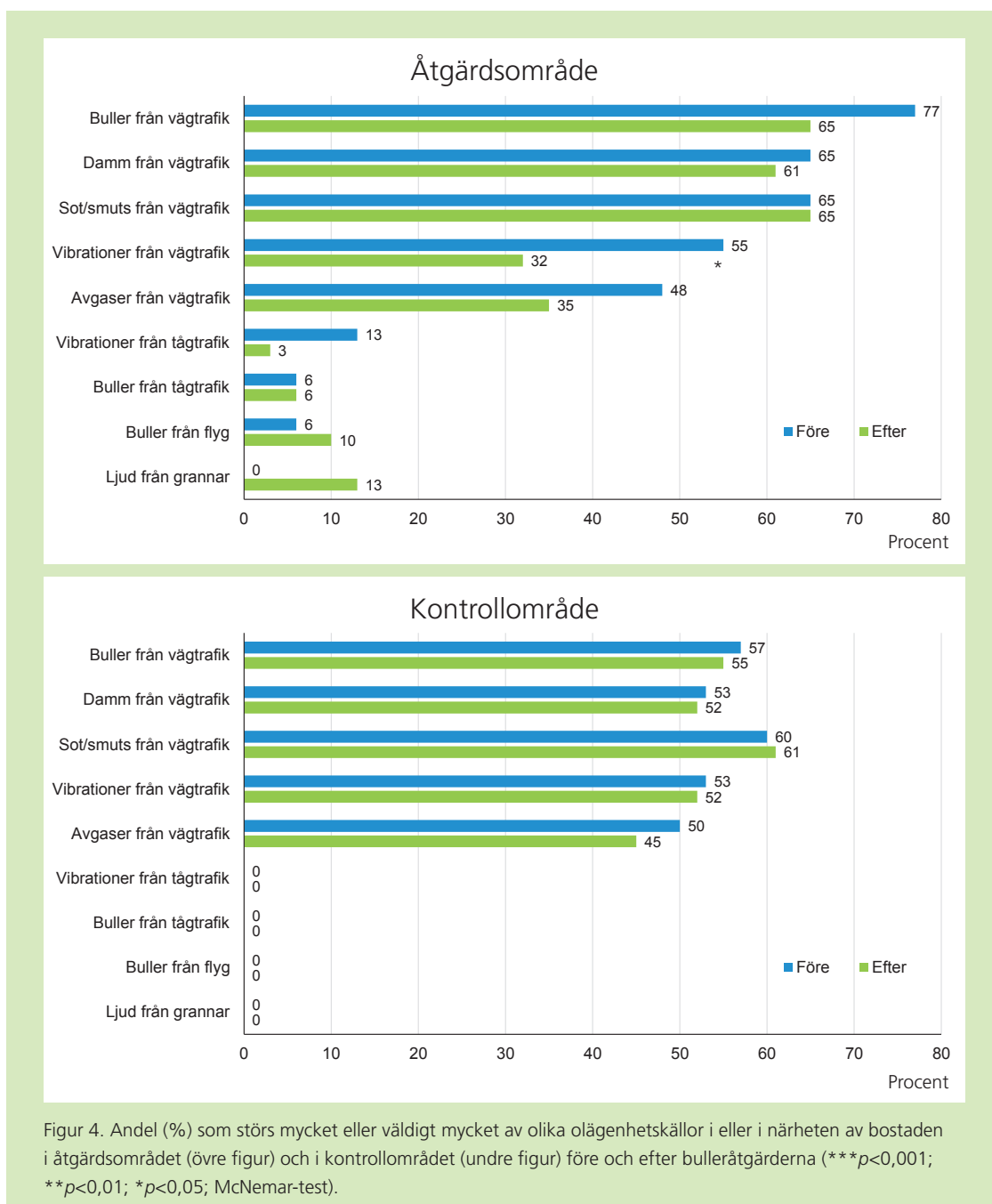
Störning av olika olägenhetskällor

I enkäten ställdes frågor om störningar från vanligt förekommande olägenhetskällor i ett bostadsområde som kan vara störande eller besvärande (t.ex. buller och damm från vägtrafik, buller från tågtrafik). Störning definieras som en känsla av obehag och irritation direkt riktad mot något i omgivningen som man tror har en negativ inverkan på en individ eller en grupp [15]. När det gäller buller så är störningen ofta en konsekvens av att bullret påverkar möjligheten att föra samtal, vila och koppla av eller att utföra andra aktiviteter, att sova ostört eller att buller skapar stress och olika fysiska och psykologiska symptom. Allmän störning ses därför som en indikator på negativa hälsoeffekter av buller. Störningsfrågorna och störningsskalan är baserad på en Teknisk specifikation från standardiseringsorganet ISO [16]. Frågan hade följande formulering ”Om du tänker på de senaste 12 månaderna, i eller i närheten av din bostad, hur mycket störs eller besväras du av följande olägenheter?”. Svaralternativen var ”inte alls”, ”störs lite”, ”störs måttligt”, ”störs mycket” och ”störs väldigt mycket”.

Eftersom bullerexponeringen vid bostäderna varierade inom studiegruppen från $L_{Aeq,24h}$ 53 dB till 64 dB gjordes en analys för att se om det fanns ett samband med bullerstörning. Figur 3 visar att andelen som i förstudien är mycket störda av vägtrafikbuller (svarskategorierna störs mycket eller störs väldigt mycket) ökar med ökande bullerexponering för åtgärds- och kontrollområdet sammanslaget (n=61). Vid 53-56 dB (n=17) är cirka var tredje person mycket störd av vägtrafikbuller vilket ökar till 70 procent vid 57-59 dB (n=30) och 100 procent vid 60-63 dB (n=14). Eftersom studiegruppen är liten har vi valt att inte analysera övriga resultat i relation till bullerexponering utan fokuserat på förändringar i åtgärds- och kontrollområdet efter insatta bulleråtgärder.

Andelen personer som är ”mycket störda” (störs mycket eller störs väldigt mycket) från olika olägenhetskällor redovisas i figur 4 uppdelat på åtgärdsområdet och kontrollområdet. De dominerande störningarna i de båda studieområdena var buller, damm, sot och smuts, vibrationer och avgaser från vägtrafik. Efter ny asfalt och hastighetssänkning i åtgärdsområdet minskade störningarna av buller, vibrationer och avgaser. Från 77 till 65 procent för vägtrafikbuller ($p>0,05$), från 55 till 32 procent för vibrationer ($p<0,05$) och från 48 till 35 procent för avgaser ($p>0,05$). I kontrollområdet skedde inga signifikanta förändringar. Tabell 9 visar mer detaljerat förändringarna i den allmänna störningen av vägtrafikbuller. I åtgärdsområdet har framförallt andelen som störs väldigt mycket minskat och andelen som störs mycket samt som störs lite har ökat.





Figur 4. Andel (%) som störs mycket eller väldigt mycket av olika olägenhetskällor i eller i närheten av bostaden i åtgärdsområdet (övre figur) och i kontrollområdet (undre figur) före och efter bulleråtgärderna (** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; McNemar-test).

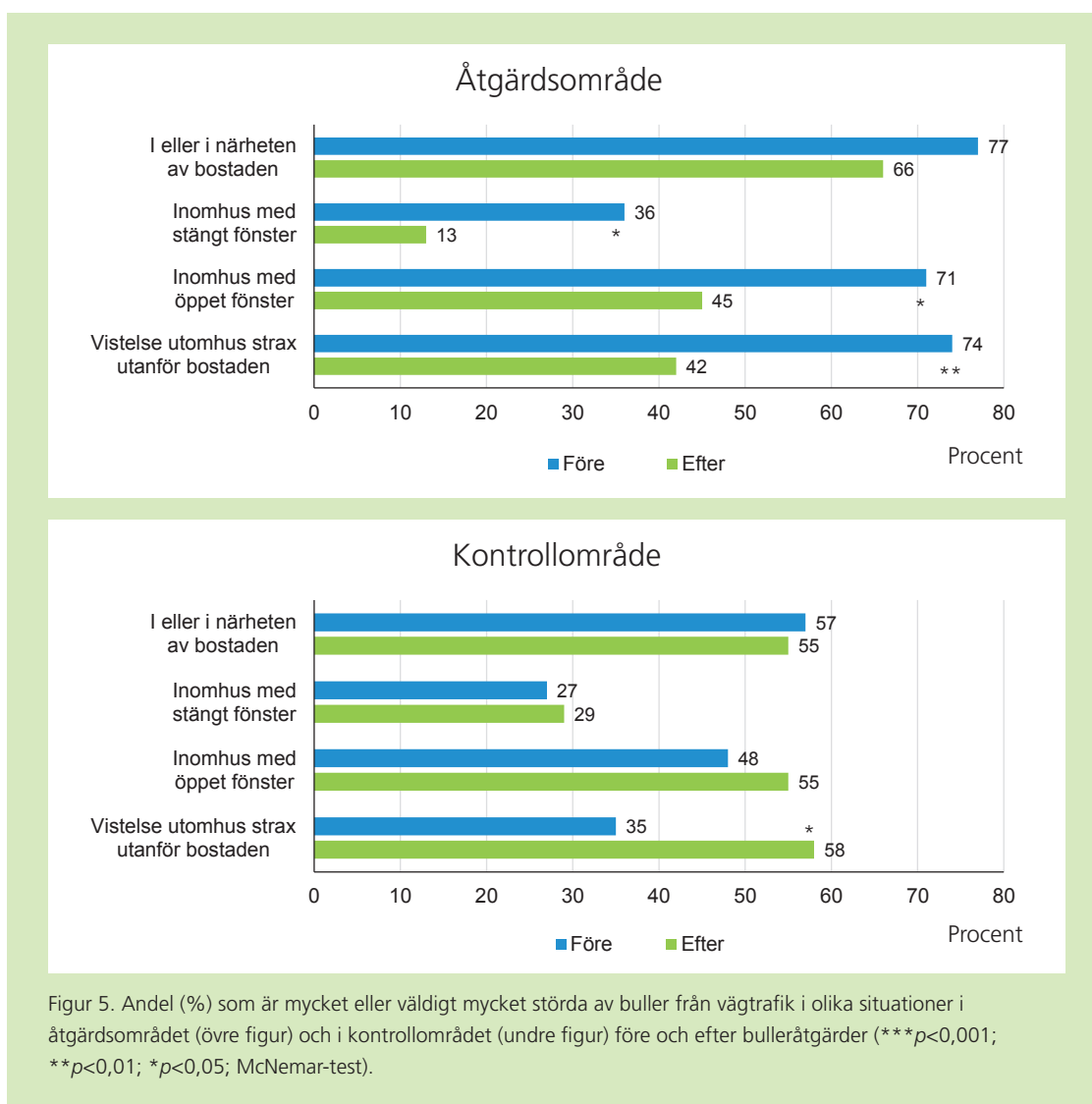
Tabell 9. Andel (procent) som är störda av buller från vägtrafik före och efter bulleråtgärder.

Andel (%) störda av vägtrafikbuller	Åtgärdsområde		Kontrollområde	
	Före	Efter	Före	Efter
Inte alls	3	3	10	10
Störs lite	0	16	17	10
Störs måttligt	19	16	17	26
Störs mycket	16	36	13	6
Störs väldigt mycket	61	29	43	48

Allmän störning av vägtrafikbuller vid olika situationer

Figur 5 visar andelen mycket störda av vägtrafikbuller vid olika situationer. Förutom frågan om bullerstörning i eller i närheten av bostaden fick de boende även svara på tre frågor om hur störd man var inomhus med stängt respektive med öppet fönster samt utomhus strax utanför bostaden. Efter ny asfalt och hastighetssänkning i åtgärdsområdet har

störningen av vägtrafikbuller inomhus med stängt respektive öppet fönster samt utomhus minskat signifikant. Från 35 till 13 procent med stängt fönster ($p<0,05$), från 71 till 45 procent med öppet fönster ($p<0,05$) och från 74 till 42 procent vid vistelse utomhus vid bostaden ($p<0,01$). I kontrollområdet ökade bullerstörningen utomhus signifikant från 35 till 58 procent ($p<0,05$), i övrigt skedde inga signifikanta förändringar.



Figur 5. Andel (%) som är mycket eller väldigt mycket störda av buller från vägtrafik i olika situationer i åtgärdsområdet (övre figur) och i kontrollområdet (undre figur) före och efter bulleråtgärder (***) $p<0,001$; **) $p<0,01$; *) $p<0,05$; McNemar-test).

De boendes egna jämförelser av störning efter bulleråtgärder

De boende i åtgärdsområdet fick bedöma hur störda de var i olika situationer efter bulleråtgärderna jämfört med innan. Frågorna var "Hur upplever du buller från vägtrafiken nu när du vistas (respektive inne i bostaden med fönstren stängda, inne i bostaden med fönstren öppna och utomhus strax utanför bostaden) jämfört med situationen för cirka ett år sedan innan ny asfalt lades och hastigheten sänktes?". Svarkategorierna var "störs mycket mindre nu", "störs något mindre nu", "ingen skillnad", "störs något mera nu" och "störs mycket mera nu". Alla som besvarade enkäten i efterstudien ingick i denna analys (n=32).

Tabell 10 visar att en majoritet av de boende i åtgärdsområdet anser sig vara något mindre eller mycket mindre störda i alla tre situationerna efter bulleråtgärderna. De flesta, 44-47 procent, störs något mindre nu, dock är det mellan 34 och 41 procent som anger ingen skillnad i störningsupplevelsen. Några få störs mer efter bulleråtgärderna.



Tabell 10. Andel (%) i åtgärdsområdet som anger mindre störning nu, mer störning nu eller ingen skillnad i störning av vägtrafikbuller vid vistelse inomhus med stängt och öppet fönster samt utomhus jämfört med tiden före bulleråtgärder.

Andel (%) störda av vägtrafikbuller efter bulleråtgärder jämfört med innan	Stängt fönster	Öppet fönster	Utomhus
Störs mycket mindre nu	13	13	16
Störs något mindre nu	47	44	44
Ingen skillnad	41	41	34
Störs något mera nu	0	3	3
Störs mycket mera nu	0		3

Påverkan av vägtrafikbuller på olika aktiviteter inomhus och utomhus

I frågeformuläret ingick ett antal frågor om påverkan av buller på olika aktiviteter. Frågorna bestod av två delar och var formulerade på följande sätt: "För det första (1) undrar vi Hur ofta (under de senaste 12 månaderna) du anser att buller från vägtrafik stör på något sätt när du vistas inne i din bostad med stängt fönster. Om du svarat Ibland eller Ofta undrar vi för det andra (2) Hur störande eller besvärande du tycker att detta är". På frågan hur ofta var svarsalternativen "aldrig"=0, "ibland"=1, "ofta"=2. På frågan hur störande eller besvärande det är att bullret försvårar olika aktiviteter var svarsalternativen "inte särskilt"=2, "ganska"=3 och "mycket"=4. Värdet på de två delfrågorna räknades ihop till ett summamått som kan anta värden mellan 0 och 6. Personer med summamåttet ≥ 4 klassades som påverkade. De som har svarat "ibland" i kombination med "ganska" eller "mycket störande/besvärande" har fått summamåttet 4 respektive 5. De som har svarat "ofta" i kombination med "inte särskilt", "ganska" eller "mycket störande/besvärande" har fått summamåttet 4, 5 respektive 6.

Påverkan av vägtrafikbuller på dagliga aktiviteter med fönstret stängt

I tabell 11 visas andelen som upplever att olika dagliga aktiviteter i hemmet påverkas av vägtrafikbuller i situationen med fönstret stängt uppdelat på de två studieområdena. I situationen med stängt fönster före bulleråtgärderna är de mest påverkade aktiviteterna av vägtrafikbuller svårigheter att ha fönster öppna, 77 procent i åtgärdsområdet och 52 procent i kontrollområdet, följt av störd vila/avkoppling, 45 respektive 35 procent.

I åtgärdsområdet är 13-77 procent störda vid de olika aktiviteterna före bulleråtgärderna. Efter ny asfalt och hastighetssänkning har andelen som påverkas minskat till 10-58 procent. Påverkan på talkommunikation och att uppfatta tal och andra ljud förändrades i stort sett inte alls i situationen med stängt fönster. Däremot minskade påverkan på vila avkoppling med tio procentenheter och möjligheten att ha fönster öppna med 19 procentenheter. Förändringarna var inte signifikanta ($p>0,05$). I kontrollområdet ökade andelen störda överlag i efterstudien, men förändringarna var inte heller här signifikanta ($p>0,05$).

Tabell 11. Andel (%) med summamåttet ≥ 4 för påverkan av vägtrafikbuller med stängt fönster vid olika dagliga aktiviteter före och efter bulleråtgärder.

Andel (%) påverkade av vägtrafikbuller med stängt fönster vid dagliga aktiviteter	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	p^1	Före	Efter	p^1
Samtal försvåras	19	19	1,00	16	26	0,25
Telefonsamtal försvåras	13	10	1,00	16	29	0,12
Lyssna på TV/radio försvåras	23	23	1,00	16	23	0,50
Koncentrationen försvåras	29	13	0,23	23	26	1,00
Vila/avkoppling försvåras	45	35	0,55	35	52	0,06
Kan ej ha fönster öppna som man vill	77	58	0,07	52	58	0,73

¹⁾ McNemar-test

Tabell 12. Andel (%) med summamåttet ≥ 4 för påverkan av vägtrafikbuller med öppet fönster vid olika dagliga aktiviteter före och efter bulleråtgärder.

Andel (%) påverkade av vägtrafikbuller med öppet fönster vid dagliga aktiviteter	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	$p^1)$	Före	Efter	$p^1)$
Samtal försvåras	74	55	0,11	45	39	0,62
Telefonsamtal försvåras	68	39	0,02	42	45	1,00
Lyssna på TV/radio försvåras	74	58	0,18	48	52	1,00
Koncentrationen försvåras	58	48	0,61	45	45	1,00
Vila/avkoppling försvåras	81	61	0,11	55	65	0,25

¹⁾ McNemar-test

Tabell 13. Andel (%) med summamåttet ≥ 4 för påverkan av vägtrafikbuller utomhus strax utanför bostaden vid olika dagliga aktiviteter före och efter bulleråtgärder.

Andel (%) påverkade av vägtrafikbuller vid dagliga aktiviteter utomhus	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	$p^1)$	Före	Efter	$p^1)$
Samtal försvåras	81	58	0,02	52	65	0,12
Avkoppling försvåras	77	52	0,01	58	65	0,62
Att inte kunna vistas ute så ofta som man vill	61	35	0,02	26	52	0,01

¹⁾ McNemar-test

Påverkan av vägtrafikbuller på dagliga aktiviteter med fönstret öppet

Tabell 12 visar andelen som upplever att olika dagliga aktiviteter i hemmet påverkas av vägtrafikbuller i situationen med fönstret öppet uppdelat på de två studieområdena. I båda områdena ökade alla typer av aktivitetspåverkan av vägtrafikbullret med fönstret öppet.

Vila/avkoppling var den aktivitet som påverkades mest av bullret i förstudien, 81 procent i åtgärdsområdet och 55 procent i kontrollområdet. Vid TV- och radiolyssning, samtal, telefonsamtal samt vid koncentration var det 58-74 procent i åtgärdsområdet som angav att bullret försvårade och påverkade dessa aktiviteter när fönstret var öppet. Efter bulleråtgärderna har andelen som påverkas minskat till

39-61 procent, men endast minskningen av att telefonsamtal försvåras var signifikant ($p < 0,05$) i åtgärdsområdet. Förändringarna i kontrollområdet var inte signifikanta ($p > 0,05$).

Påverkan av vägtrafikbuller på dagliga aktiviteter utomhus

I tabell 13 visas andelen som upplever att olika dagliga aktiviteter i hemmet påverkas av vägtrafikbuller vid vistelse utomhus nära bostaden uppdelat på de två studieområdena. Efter bulleråtgärderna i åtgärdsområdet har de störda utomhusaktiviteterna minskat signifikant. Stört samtal från 81 till 58 procent ($p < 0,05$), störd avkoppling från 77 till 52 procent ($p < 0,01$) och att inte kunna vistas ute så ofta som man vill från 61 till 35 procent ($p < 0,05$). I kontrollområdet ökade de störda aktiviteterna överlag.

Påverkan av vägtrafikbuller på sömnen med stängt och öppet fönster

Påverkan av vägtrafikbuller på sömnen vid stängt respektive öppet fönster utvärderades med fyra frågor (påverkan på möjligheten att sova med öppet fönster, svårigheter att somna, uppvaknanden samt försämrad sömnkvalitet). Frågorna bestod av två delar och var formulerade på samma sätt som frågorna på sidan 23. Värdet på de två delfrågorna räknades ihop till ett summamått som kan anta värden mellan 0 och 6. Personer med summamåttet ≥ 4 klassas som påverkade. De som har svarat "ibland" i kombination med "ganska" eller "mycket störande/besvärande" har fått summamåttet 4 respektive 5. De som har svarat "ofta" i kombination med "inte särskilt", "ganska" eller "mycket störande/besvärande" har fått summamåttet 4, 5 respektive 6.

Sömnpåverkan med stängt fönster

Jämfört med kontrollområdet är det överlag fler i åtgärdsområdet som före bulleråtgärderna anger att vägtrafikbullret stör sömnen vid stängt fönster, tabell 14. En stor andel av de boende i åtgärdsområdet, 81 procent, anger att vägtrafikbullret försvårar möjligheten att ha sovrumsfönstret öppet så ofta som man vill jämfört med 45 procent i kontrollområdet.

Det är också många i åtgärdsområdet som rapporterar att sömnkvaliteten påverkas av vägtrafikbullret, 48 procent, att de har svårt att somna, 45 procent, och att de blir väckta, 39 procent. I kontrollområdet är det något färre som upplever dessa sömnstörningar, 29 till 45 procent.

I åtgärdsområdet minskade andelen med sömnpåverkan efter bulleråtgärderna från 39-81 procent till 35-55 procent. Av förändringarna var det dock bara signifikant färre som angav att vägtrafikbullret hindrade dem från att ha sovrumsfönstret öppet som man önskade ($p=0,01$). I kontrollområdet ökade sömnstörningarna i efterstudien, dock var dessa inte signifikanta ($p>0,05$).

Tabell 14. Andel (%) personer med summamåttet ≥ 4 för påverkan av vägtrafikbuller på sömnen med stängt fönster före och efter bulleråtgärder.

Andel (%) med sömnpåverkan av vägtrafikbuller med <u>stängt</u> fönster	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	$p^1)$	Före	Efter	$p^1)$
Svårt att somna	45	42	1,00	32	42	0,38
Väcks	39	35	1,00	29	39	0,38
Sämre sömnkvalitet	48	42	0,77	29	45	0,06
Kan ej ha sovrumsfönster öppna som man vill	81	55	0,01	45	61	0,12

¹⁾ McNemar-test

Sömnpåverkan med öppet fönster

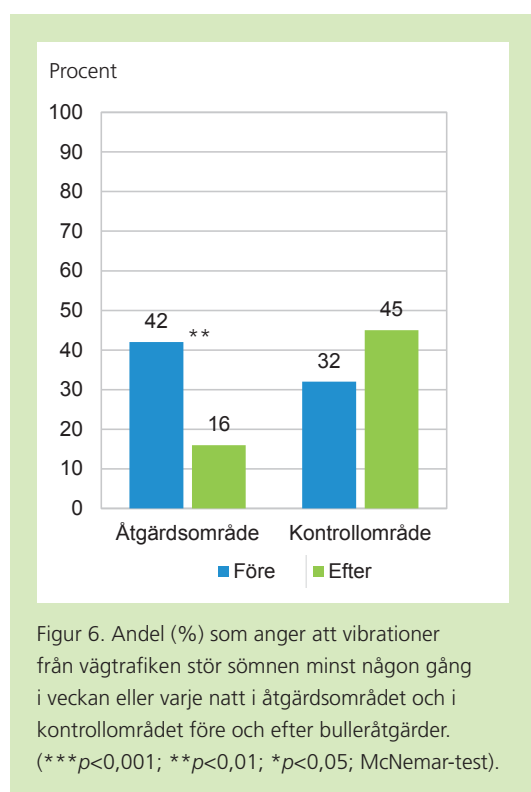
I båda områdena ökade sömnstörningarna av vägtrafikbullret då fönstret var öppet och det var fler i åtgärdsområdet (omkring 74-77 procent) än i kontrollområdet (45 procent) som rapporterade sömnstörningar i förstudien, tabell 15. Efter bulleråtgärderna minskade andelen med sömnstörningar i åtgärdsområdet till 61-65 procent, dock var förändringarna inte signifikanta ($p>0,05$). I kontrollområdet ökade däremot sömnstörningarna, men dessa var inte heller signifikanta ($p>0,05$).

De boendes egna jämförelser av sömnpåverkan efter bulleråtgärder

De boende i åtgärdsområdet fick jämföra hur ofta de sov med öppet fönster, hade svårt att somna och hur de upplevde sin sömnkvalitet efter bulleråtgärderna jämfört med situationen före. Svarsalternativen var "inte lika ofta", "ingen skillnad" eller "oftare" för de två första frågorna och "sämre", "ingen skillnad" eller "bättre" för den sista frågan. Nästan alla i åtgärdsområdet angav ingen skillnad i hur ofta de sov med öppet fönster och hur de upplevde sin sömnkvalitet efter bulleråtgärderna. Endast några (13 procent) svarade att de inte lika ofta hade svårt att somna efter bulleråtgärderna.

Vibrationer från vägtrafiken stör sömnen

En fråga undersökte hur ofta vibrationer från vägtrafiken stör sömnen med svarsalternativen, "sällan/aldrig", "några gånger i månaden", "några gånger i veckan" eller "nästan varje natt". I förstudien angav 42 procent i åtgärdsområdet och 32 procent i kontrollområdet att vibrationer från vägtrafiken störde sömnen, se figur 6. Efter bulleråtgärderna var det signifikant färre som upplevde detta i åtgärdsområdet, 16 procent ($p<0,01$). I kontrollområdet ökade sömnstörningen av vibrationer i efterstudien, dock inte signifikant ($p>0,05$).



Figur 6. Andel (%) som anger att vibrationer från vägtrafiken stör sömnen minst någon gång i veckan eller varje natt i åtgärdsområdet och i kontrollområdet före och efter bulleråtgärder. (*** $p<0,001$; ** $p<0,01$; * $p<0,05$; McNemar-test).

Tabell 15. Andel (%) personer med summamåttet ≥ 4 för påverkan av vägtrafikbuller på sömnen med öppet fönster före och efter bulleråtgärder.

Andel (%) med sömnpåverkan av vägtrafikbuller med öppet fönster	Åtgärdsområde			Kontrollområde		
	Före	Efter	$p^1)$	Före	Efter	$p^1)$
Svårt att somna	77	65	0,22	45	55	0,38
Väcks	74	61	0,22	45	58	0,22
Sämre sömnkvalitet	77	65	0,22	45	55	0,38

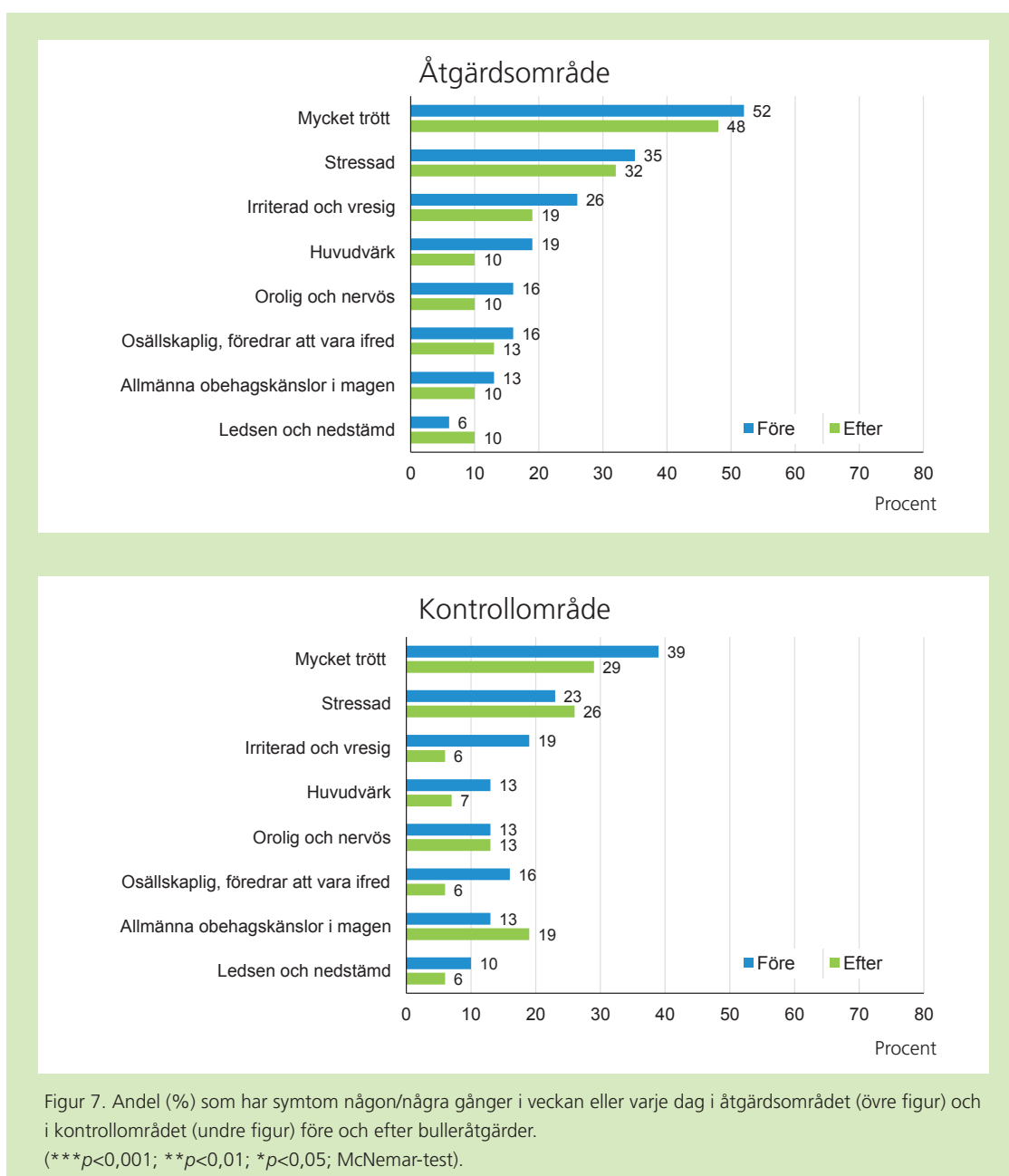
¹⁾ McNemar-test

Psykosocialt välbefinnande

Som indikator för psykosocialt välbefinnande utvärderades olika fysiologiska och psykologiska symtom med följande fråga: "Även om man inte har någon sjukdom/besvär kan ens allmänna välbefinnande variera och man kan må mindre bra på olika sätt. Hur ofta brukar du...?" (se symtomen i figur 7). Svartalternativen var "Sällan/aldrig", "Någon/några gånger i månaden", "Någon/några gånger i veckan" samt

"Varje dag". Figur 7 visar förekomst av symtom som uppges förekomma någon/några gånger per vecka eller varje dag i åtgärdsområdet och kontrollområdet före och efter bulleråtgärderna.

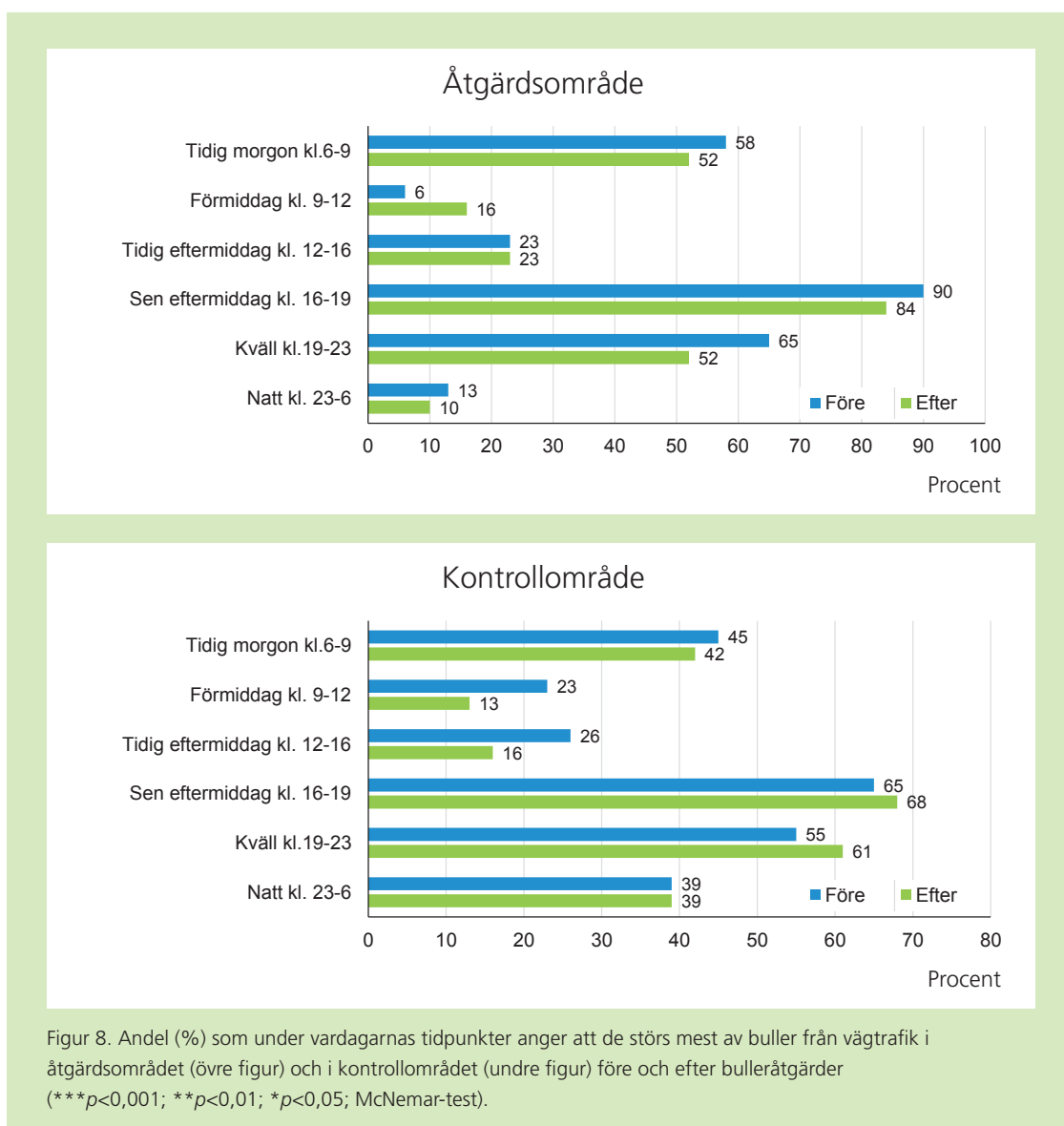
I åtgärdsområdet angav något färre av de boende att de minst någon gång i veckan upplevde symtom efter bulleråtgärderna jämfört med före. I kontrollområdet både ökade och minskade förekomsten av symtom i efterstudien. Förändringarna var inte signifikanta i något av områdena ($p > 0,05$).



Tider på dygnet då vägtrafikbullret stör mest

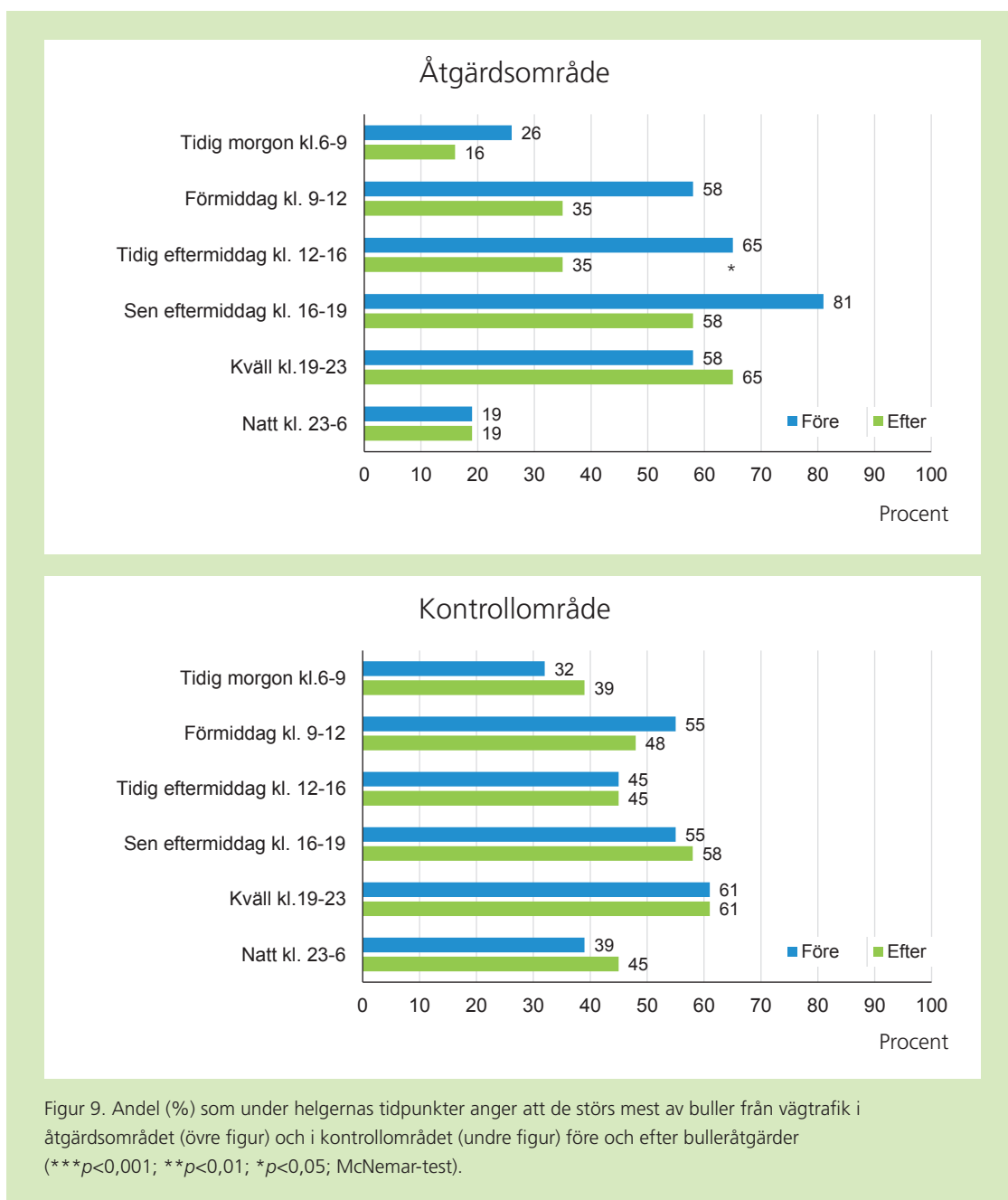
De boende fick ange under vilka tider på vardagarna respektive helgerna som buller från vägtrafiken störde mest. Under vardagarna, i såväl åtgärds- som kontrollområdet, störs

de allra flesta mest av vägtrafikbuller vid sen eftermiddag och kväll samt vid tidig morgon. Efter bulleråtgärderna sågs små förändringar ($p>0,05$) av de boendes uppfattning om tidpunkter under dygnet då bullret störde mest (figur 8), förutom en minskning under kvällen mellan kl. 19-23 i åtgärdsområdet.





Under helgerna var det färre som stördes mest under tidig morgon men fler som stördes under dygnets övriga tider, se figur 9. Framförallt var det fler som blev störda under förmiddagen samt tidig eftermiddag jämfört med vardagarna. Efter bulleråtgärderna minskade bullerstörningen vid dessa tider i åtgärdsområdet och det var signifikant färre boende som rapporterade störning under tidig eftermiddag, 35 procent, jämfört med 65 procent i förstudien ($p < 0,05$).



Upplevelse av ljudmiljöns karaktär utomhus vid bostaden

I enkäten ställdes en fråga om hur olika ljud från vägtrafiken framträder vid vistelse utomhus vid bostaden, t.ex. dova ljud, svischande ljud, slamrande ljud och starka ljud. Totalt fjorton ljud ingick med svarskategorierna ”förekommer ej”, ”finns i bakgrunden”, ”framträder ganska tydligt”, ”framträder mycket tydligt” och ”dominerar”. Resultaten redovisas i så kallade ”ordmoln” vilka beskriver upplevelsen av ljudmiljöns karaktär utifrån hur de svarande har bedömt de fjorton ljudorden i enkäten. Båda figurerna visar resultat från åtgärdsområdet efter insatta bulleråtgärder. I figur 10 visas de ord som de svarande upplever framträder mycket tydligt eller dominerar i ljudmiljön

utomhus vid bostaden. I figur 11 visas de ord som de svarande upplever finns i bakgrunden i ljudmiljön utomhus vid bostaden. Ett ord är större ju fler som har valt dessa svarsalternativ. Färgen på orden saknar betydelse.

Såväl före som efter bulleråtgärderna upplever de boende i åtgärdsområdet att de framträdande och dominerande ljuden i utemiljön är starka ljud samt susande och brusande ljud, se figur 10. Efter åtgärderna har dock en del ljud blivit betydligt mindre framträdande. Det är vassa, skarpa, slamrande och svischande ljud. Karaktären på de ljud som framför allt finns i bakgrunden är ljud som upplevs som diffusa, dämpade, dova och jämna, men även varierande ljud, se figur 11. Upplevelsen av dessa bakgrundsljud ökade efter bulleråtgärderna, speciellt stor var ökningen för dova ljud.



Figur 10. Ljud som framträder mycket tydligt eller dominerar i ljudmiljön i åtgärdsområdet efter bulleråtgärder.



Figur 11. Ljud som finns i bakgrunden i åtgärdsområdet efter bulleråtgärder.

Boendes egna åtgärder för att minska bullret

De boende fick svara på om de själva hade gjort något för att minska på bullret från vägtrafiken inomhus och de kunde ange flera alternativ. Tabell 16 visar att den vanligaste egna åtgärden i båda områdena är insättning av ljudisolerade fönster. I åtgärdsområdet var det vanligare att ha ljudisolerat fasaden än i kontrollområdet. Ungefär lika många i båda områdena har flyttat sovrummet. Andra bulleråtgärder i områdena är att stänga ventiler/ventilation, möblera om, stänga fönster trots behov av vädring, glasa in balkongen, sätta upp plank, plantera buskar och träd samt mäta bullernivån. Man har även kontaktat kommunen och Trafikverket för att informera om situationen och bullerproblematiken för att få myndigheterna att förbättra befintliga skärmar och bullervallar. Fler i kontroll- än i åtgärdsområdet har inte själv gjort något mot vägtrafikbullret.

De boendes upplevelse av bulleråtgärderna, uppmärksammade problem och önskade bulleråtgärder

De boende i åtgärdsområdet fick ange hur de upplever åtgärderna mot bullret på en skala från mycket positivt till mycket missnöjd. Figur 12 visar att 64 procent är positiv eller mycket positiv till bulleråtgärderna medan 13 procent är missnöjd eller mycket missnöjd.

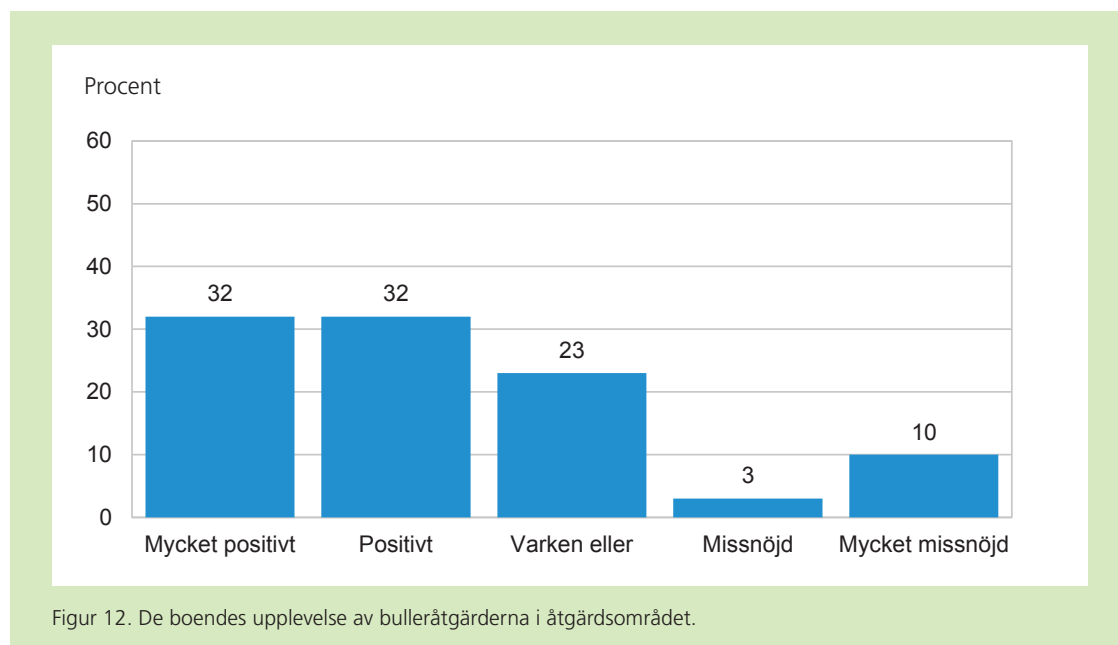
De boende fick även med egna ord skriva ned sina åsikter om bulleråtgärderna och hur de upplever bullerproblematiken i och omkring sin bostad. Dessa sammanfattas i tabell 17. Många i åtgärdsområdet noterar en klar förbättring av ljudförhållandena med den nya asfalten. Dock är det ett flertal som upplever att bullret med tiden har ökat. De boende

anser också att sänkningen av hastigheten har varit för liten, eftersom de flesta kör för fort. Därför efterfrågar man dels skyltad lägre hastighet, dels fartdämpande åtgärder som t.ex. fartkameror. En del tycker att däckljudet har dämpats något, dock är det ett flertal som upplever motorbullret som mycket störande. Speciellt när fordonen accelererar eller stannar vid trafikljusen. Många nämner även att bullerskärmarna och bullervallen behöver förbättras. Man anser att bullervallen har sjunkit med åren och behöver fyllas på, alternativt så önskar man en bullerskärm. Ett flertal upplevde mängden trafik som ett stort problem och att trafiken och bullernivåerna har ökat konstant. Boende i kontrollområdet oroas av den tunga trafiken och framför önskemål om att riksväg 50 borde ledas om. En del tycker också att trafikljusen i kontrollområdet orsakar både bullerstörningar och oro för olyckor och man efterfrågar i stället en rondell samt fartkameror utefter vägen.

Tabell 16. Andel (%) personer som gjort egna åtgärder för att minska vägtrafikbullret.

De boendes egna bulleråtgärder (%) ¹	Åtgärdsområde	Kontrollområde
	Förstudie	Förstudie
Satt in ljudisolerade fönster	52	45
Ljudisolerat fasaden	26	3
Flyttat sovrummet	19	13
Inte gjort något	26	42

¹ Flera alternativ kan anges



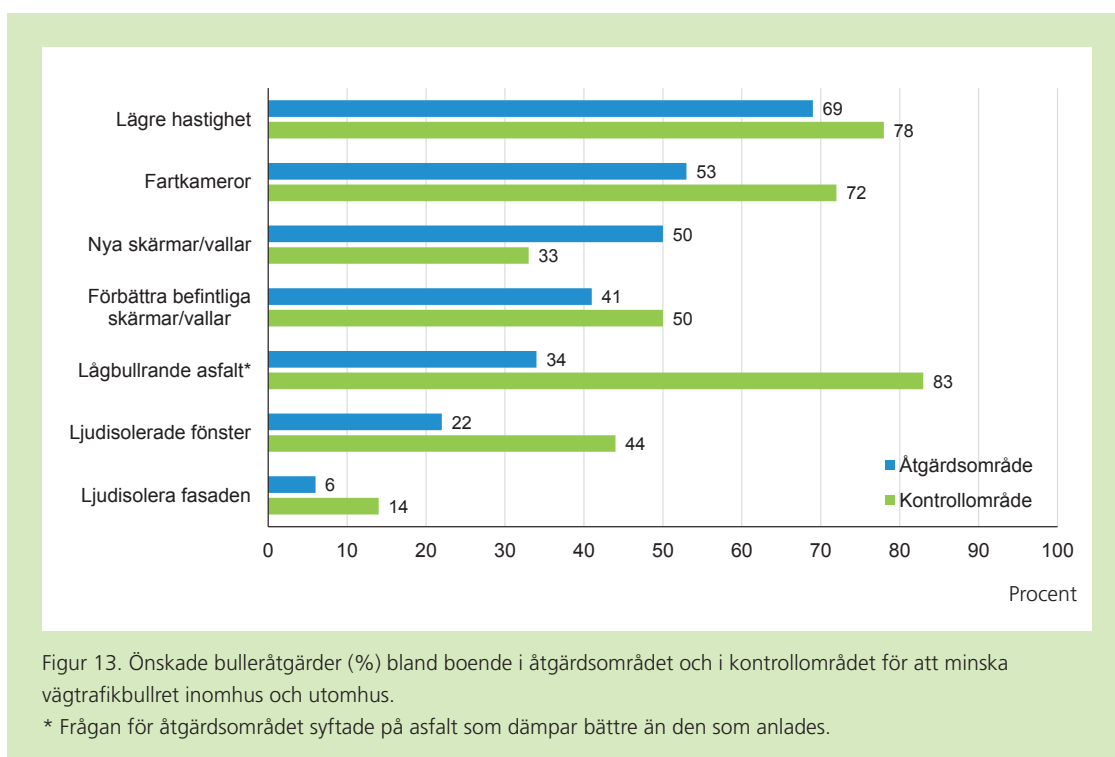
Tabell 17. De boendes egna kommentarer om bulleråtgärderna samt hur de upplever bullerproblemet.

Förändringar	Exempel på kommentarer
Asfalten	<ul style="list-style-type: none"> • Den nya asfalten har minskat bullret. Det har blivit tystare. • Först förbättring men med tiden har bullret blivit högre. • Skillnaden är fantastisk. Det går att använda utemiljön på ett helt annat sätt. • Det har gjort utemiljön otroligt mycket bättre, det är först nu man förstår hur mycket det faktiskt störde. Vi använder trädgården mycket mer, enda problemet är att man nu vill ha det ännu tystare. • Till en början märktes det en skillnad, men bullret är ju kvar. Man märker också själv när man åker på vägen att skillnaden inte längre är så stor. • Upplevde en stor förbättring inledningsvis men under året som gått känns det som att bullernivån har stigit igen. • Bra åtgärd, behövs på fler ställen. • Har blivit bättre men långt ifrån bra. • Har inte gjort någon skillnad. Känns som att kommunen har slängt pengarna i sjön. • Ljudet från bilar och vibrationer har inte avtagit. Märker skillnad bara när jag själv åker på asfalten. • Pengarna borde ha investerats i bullerplank i stället för "tyst" asfalt. • Behöver asfalten rengöras, eftersom bullret har stigit?
Sänkningen av hastigheten	<ul style="list-style-type: none"> • Ännu lägre hastighet behövs. Max 40/50 km/tim. • För lite hastighetssänkning. De flesta kör för fort. • För att få ned hastigheten behövs fartkameror eller fartdämpande åtgärder. • Gör om vägen till en "stadsgata" med så kallade chikaner (hinder som smalnar av en gata). • Regelbundna hastighetskontroller behövs.
Ljudmiljön	<ul style="list-style-type: none"> • Ljudets karaktär har förändrats något – men inte ljudnivån så mycket. • Del av ljuden är ungefär liknande som tidigare men stora delar av däckljuden är nästan helt borta. • Ljudet från den normala trafikströmmen har dämpats lite. • Mullret/motorljuden finns kvar. Mängden trafik är det stora problemet och under åren har bullernivåerna ökat kraftigt.

Fortsättning tabell 17.

Problem som de boende i de båda områdena uppmärksammar	
Bullerplank och bullervall	<ul style="list-style-type: none"> • Nya bullerplank och barriärer behövs. • Bullervallen sjunker för varje år. Nu ser vi in i bussarna, vilket vi inte gjorde för några år sedan. • Behövs bättre bullerskärmar i Lillån, förslagsvis liknande den som är byggd med rött tegel längs med Östra Bangatan vid ÖBO:s bostäder. • Bullerplanken behövs hela vägen utefter riksväg 50 i Lillån (även förbi Lutabäcken).
Trafiken	<ul style="list-style-type: none"> • Det är bullret från motorerna som stör mest, det kan inte den "tysta" asfalten lösa. • Störande ljud från motorcyklar som accelererar på raksträckan från Svampen till rödljusen vid bron E18/E20. • Studsar ljudet mot de nya husfasaderna i Arlaområdet? • Trafiken borde ledas om. Flytta R50! • Mycket störande är vibrationerna som känns inne i huset – sängen kan vibrera och skaka. • Den ljusreglerade korsningen i Lillån orsakar höga ljud vid start och inbromsningar. • Det behövs en rondell i Lillån, eftersom det ofta sker olyckor vid trafikljusen. • Hastigheten är för hög på väg 50 i Lillån. • Utryckningsfordonen och motorcyklar är störande. • Vi lider mycket av damm och avgaser. • Förbjud dubbdäck.
Asfalten	<ul style="list-style-type: none"> • Det behövs tyst asfalt i Lillån.
Upplevelser av trafikens påverkan	<ul style="list-style-type: none"> • Helt omöjligt att vistas ute i trädgården på grund av trafikbullret. • Vi undviker att vara på tomten då det inte går att samtala. • Utemiljön är så störande att den påverkar vår samvaro utomhus, bl.a. genom att vi inte kan äta middag eller koppla av i vår trädgård. Vi överväger att flytta, trots att vi trivs bra i huset och i området. • Vi avstår att vistas i vår trädgård då trafiken är väldigt störande. Det är svårt att föra en normal konversation utan att behöva höja rösten märkbart. Undviker att bjuda hem bekanta då det inte är trivsamt att vistas utomhus. • Vi kan inte ha altandörren öppen och titta på TV för då hör man inte. Det är svårt att föra en konversation om fönstret är öppet. • Mycket påfrestande att bo i ett hus där man väljer att vara inne och inte kan bjuda hem folk då man ej kan vistas utomhus. Jobbigt också med störd nattsömn. Man får ångest när man vet att det är skadligt att vistas i en bullrig miljö – tänker på barnen. • Har mycket svårt att sova under sommarhalvåret då de ljudisolerade fönstren behöver vara öppna p.g.a. att det blir för varmt annars. Trafiken från väg 50 i Lillån stör sömnen. • Erbjud fönster som dämpar bullret för de hus som ligger närmast vägen. • Väg 50 i Lillån försämrar kraftigt livskvaliteten för mig och min familj – ljuden är extremt störande. • Många lastbilar har farligt gods som kör genom tätbebyggt område. De skulle lätt kunna köra in i trädgården där mina barn leker.

I efterstudien fick de boende i båda områdena ange vilka åtgärder som de tror skulle kunna minska vägtrafikbullret inomhus och utomhus, se figur 13. Flera svarsalternativ kunde ges. I åtgärdsområdet är det flest (69 procent) som anger lägre hastighet, följt av fartkameror och nya skärmar/vallar, omkring 50 procent. I kontrollområdet önskar man framförallt bullerreducerande asfalt (83 procent) följt av lägre hastighet (78 procent) och fartkameror (72 procent).





Sammanfattande kommentarer och slutsatser

Vårt syfte med undersökningen har varit att utvärdera effekterna av åtgärder för att minska vägtrafikbullret i ett trafikutsatt bostadsområde i Örebro. Vi har undersökt hur bullerexponering och omfattning av störningar och andra effekter på de boende har påverkats efter anläggning av ny bullerreducerande asfalt med stålslag och hastighetssänkning. Jämförelser har gjorts med ett kontrollområde utan bulleråtgärder.

Hur påverkades bullernivåerna av åtgärderna?

I september 2017 bedömdes åtgärderna sammantaget ha minskat bullernivåerna med cirka 4 till 5 dB. Den nya asfalten bidrog med cirka 3 dB till följd av mindre partikelstorlek och en jämnare yta och hastighetssänkningen bidrog med cirka 1 till 2 dB, beroende på om hastighetssänkningen har efterlevts. Ett år senare (juni 2018) visade mätningar att den nya asfaltens bullerreducerande effekt hade avtagit betydligt och att reduktionen hade sjunkit till endast cirka 1 dB. Vad som ligger bakom detta är oklart, men enligt VTI:s mät rapport [11] är det svårförklarligt då den nya beläggnings stenstorlek är betydligt mindre, 8 mm mot den gamla beläggnings 11 mm. Den tidigare beläggnings var dessutom slitna. Det är viktigt att en grundlig utvärdering görs av asfaltens sammansättning (t.ex. vägytans textur) och hur den har lagts [11]. Eftersom den andra enkäten besvarades ungefär i maj-juni 2018 kan resultaten ha påverkats i negativ riktning då bullerexponeringen ökade över tid. Trots detta skedde en del positiva förändringar bland de boende i åtgärdsområdet.

Effekter på upplevd boendemiljö och ljudmiljö

Bulleråtgärderna medförde en något förbättrad boendemiljö. För en tredjedel förbättrades trivselsn av bostaden och trivselsn med bostadens omgivning ökade också från 68 till 84 procent. Fler rapporterade att det fanns möjlighet att uppleva tystnad och en avkopplande ljudmiljö inomhus efter åtgärderna. Upplevelsen av ljudmiljön utomhus som avkopplande och närvaro av naturljud förändrades dock lite i efterstudien och de allra flesta angav att trafikljuden fortfarande dominerade utanför bostaden. Detta överensstämmer även med hur de boende beskriver ljudmiljöns karaktär där det är de starka ljuden som framträder mycket tydligt eller dominerar, vilket sannolikt reflekterar höga maximalnivåer från den tunga trafiken. Även susande och brusande ljud karaktäriserar ljudbilden. Dock sker en viss förändring efter bulleråtgärderna då framförallt vassa, svischande och slamrande ljud blev mindre framträdande än tidigare. Ljud i bakgrunden fick också en mer diffus och dämpad karaktär, speciellt ökade upplevelsen av de dova ljuden. Resultaten överensstämmer med andra studier som undersökt effekter av bullerreducerande asfalt på upplevelsen av ljudets karaktär [5, 17].

Resultaten från mätningarna av frekvensspektra i tersoktavband visade på betydliga ljudnivåskillnader mellan den nya beläggnings med mindre stenstorlek och mer jämn yta och den gamla och slitna beläggnings. Skillnaderna sågs framförallt upp till 1000 Hz och mest i området under 600 Hz [7], se bilaga 3. En förändring i dessa tersoktavband är av betydelse för ljudupplevelsen eftersom örat är olika känsligt för olika frekvenser. Vi har stor känslighet för frekvenser mellan 1000 och 4000 Hz [4]. I frekvensområdet kring

1000 Hz ligger också de ljud som uppstår från kontakten mellan däck och vägytan, det så kallade däck/vägbanebullret. För personbilar dominerar däck/vägbanebullret vid hastigheter från 20-40 km/tim och för tunga fordon vid 50-70 km/tim. Vid lägre hastigheter kommer det mesta ljudet, som är mer lågfrekvent, från motor och avgassystem. Ljud med lågfrekvent innehåll medför ofta en ökad störning [18]. I en experimentell fältstudie där personer fick lyssna på vägtrafikbuller med fönstret öppet på glänt fann man att bullerstörning korrelerade starkast med tredjedels-oktavbanden 31,5 Hz till 100 Hz samt med banden 800 Hz, 1000 Hz och 1 250 Hz [19].

Det är tydligt att de boendes bullerstörning skiljer sig åt beroende på om det är vardag eller helg. Under vardagarna stördes man mest under sen eftermiddag och kväll då många är i behov av avkoppling efter arbetet men då trafikintensiteten oftast är hög. Även under tidig morgon var det många som stördes och en orsak kan vara att man blir väckt för tidigt av bullret från vägtrafiken. Få var störda under natten och mellan klockan nio till fyra på förmiddagen, när många är på jobbet (över 70 procent var i arbete). I en interventionsstudie med samma typ av bostadsområde (äldre villor med mindre trädgård vid en starkt trafikerad väg) erhöles liknande resultat [12]. Under vardagarna i åtgärdsområdet gav den nya asfalten och hastighetssänkningen endast små förändringar av när de boende stördes som allra mest. Under helgen var bullerstörningen mer jämnt fördelad över dygnet. Mellan klockan nio på förmiddagen och till klockan elva på kvällen angav i stort sett över 50 procent och ända upp till 80 procent att de stördes mest av vägtrafikbullret. Efter bulleråtgärderna var det betydligt färre som stördes mellan klockan nio på förmiddagen och klockan sju på kvällen och minskningen av andelen störda var signifikant under tidig eftermiddag mellan klockan tolv och fyra.



Effekter på störningar och välbefinnande

Förstudien visade att en stor andel av de boende i de båda områdena var mycket störda av vägtrafikbullret och ett tydligt samband kunde ses mellan ökande bullernivåer och ökande störning. Efter bulleråtgärderna visade resultaten på signifikanta minskningar av andelen mycket störda av vägtrafikbullret i åtgärdsområdet. I en situation med fönstret stängt minskade bullerstörningen från 36 till 13 procent, med öppet fönster från 71 till 45 procent och vid vistelse utomhus vid bostaden från 74 till 42 procent. De boendes egna jämförelser av hur bullerstörda de var i ovan nämnda situationer går i samma riktning med upplevd minskad störning och styrker därmed slutsatsen att de insatta bulleråtgärderna ändå har haft en tydlig bullerminskande effekt. Resultaten överensstämmer med tidigare studier som har utvärderat bullerreducerande asfalt [3-5, 20]. Störning av andra olägenheter från vägtrafiken minskade även, signifikant för vibrationer från 55 till 32 procent och för avgaser från vägtrafik från 48 till 35 procent. Att störningen av vibrationer från vägtrafiken minskade i efterstudien beror troligtvis på att den nya asfalten fick

en jämnare yta jämfört med den gamla och mycket slitna asfalten. Därmed minskade även vibrationerna från interaktionen mellan däck och vägbanan [21]. Detta är en viktig effekt eftersom forskning visar att samtidig exponering för flera miljöstressorer ökar störningen [22]. Till exempel har studier visat att samtidig exponering av buller och vibrationer ökar störningsupplevelsen av buller och vice versa [23-24].

Vägtrafikbullrets påverkan på dagliga aktiviteter inomhus med stängt fönster minskade något, men dessa var inte signifikanta. I situationen med öppet fönster var förändringarna större. Efter bulleråtgärderna uppgav signifikant färre av de boende, 39 procent, att vägtrafikbullret försvårade telefonsamtal mot tidigare 68 procent. Det var också färre som var påverkade av buller vid samtal och vid lyssning av TV och radio, dock fortfarande mellan 55 och 58 procent i efterstudien. Före bulleråtgärderna var det många, 81 procent, som uppgav att vila och avkoppling dagtid försvårades av bullret, men den andelen minskade med 20 procentenheter till 61 procent efter bulleråtgärderna. En påtaglig effekt verkar åtgärderna ha haft på bullerpåverkade aktivi-



teter utomhus, där störningarna av samtal, avkoppling och utevistelse minskade signifikant med mellan 23 till 26 procentenheter. Trots förändringen var det ändå fortfarande många som angav störda uteaktiviteter i efterstudien, mellan 39 till 58 procent.

Påverkan på sömnen är en allvarlig konsekvens av buller. De drabbade får svårt att somna, de väcks under natten, sover oroligare och får mindre djupsömn [25]. En stor andel av de boende i de båda områdena uppgav att vägtrafikbullret störde sömnen, trots stängt sovrumsfönster. Det var också väldigt få som uppgav att de hade tyst sovrum. I åtgärdsområdet ökade den andelen från noll till tretton procent efter åtgärderna. Med fönstret öppet blev sömnstörningarna ännu mer omfattande. Bulleråtgärderna medförde endast en liten minskning av sömnstörningarna i åtgärdsområdet. De flesta ansåg också att de inte upplevde någon skillnad i hur de sov efter bulleråtgärderna jämfört med före. Den troligaste orsaken till att sömnstörningarna inte förändrades i efterstudien är att den maximala ljudnivån och antalet ljudhändelser har stor betydelse för hur sömnen påverkas av buller [25]. Tung trafik och accelererande fordon, speciellt motorcyklar (som också nämndes av de boende) ger ofta höga maximala ljudnivåer, vilket påverkas i mindre grad av åtgärder som bullerreducerande asfalt och hastighetssänkning. Den enda större förändringen var att signifikant färre i åtgärdsområdet upplevde att vägtrafikbullret hindrade dem från att ha sovrumsfönstret öppet, men fortfarande var det över hälften som angav detta. Bulleråtgärderna ledde dock till att betydligt färre upplevde att vibrationer från vägtrafiken störde sömnen – en signifikant minskning från 42 procent till 16 procent. Studier både i fält och i laboratoriemiljö har visat på samband mellan sömnstörningar och vibrationer orsakade av tågtrafik [26-28].

En liten förbättring av det allmänna psykosociala välbefinnandet kunde ses i åtgärdsområdet

efter bulleråtgärderna. I andra interventionsstudier där bullerreduceringen varit mer omfattande har större positiva förändringar av välbefinnandet erhållits [12-13].

Överlag så ökade störningarna i kontrollområdet. Förklaringar till resultatet kan vara att de boende har blivit mer uppmärksammade på bullret vid det andra studietillfället eller att de har svarat taktiskt med en förhoppning om att negativa omdömen om bullersituation skulle kunna leda till bullerminskande åtgärder även för dem. Det kan också ligga frustration bakom svaren om tidigare kontakter med kommunen eller Trafikverket inte har medfört någon förändring.

Det är värt att notera att trots minskade störningar efter insatta bulleråtgärder så visar resultaten att bullret från vägtrafiken fortfarande påverkar en stor andel av de boende i deras dagliga aktiviteter och därmed också deras livskvalitet. Kommentarer som ges belyser tydligt detta. Till exempel så beskriver en del av de boende att det är mycket svårt eller omöjligt att vistas i trädgården på grund av trafikbullret. Man har svårt att kunna koppla av, att föra ett normalt samtal och man undviker att bjuda hem vänner och bekanta då det inte går att vistas i trädgården. Om en bullerstörd hemmiljö upplevs så ogästvänlig att man inte kan ha något umgänge i bostaden kan en sådan situation leda till ökad risk för social isolering [29]. En ökande frekvens av värmeböljor, liknande den som pågick under sommaren 2018, ökar också risken för ökad bullerexponering inomhus och störd nattsömn om de boende tvingas ha fönster öppna för att få svalka.

Bulleråtgärderna upplevs som positivt men mycket mer kan göras

Många i de båda områdena har försökt att hantera sin bullersituation genom att göra egna bulleråtgärder, vilket även visats i liknande studier [4]. Den vanligaste åtgärden har varit att sätta in ljudisolerade fönster. Andra åtgärder har exempelvis varit att ljudisolera fasaden, ändra bostadens planlösning genom att t.ex. flytta sovrummet, glasa in balkong och altan samt att plantera buskar och träd. En del uppger att de stänger ventiler och fönster trots att behov finns för vädring, vilket kan öka risken för inomhusklimatproblem samt sömnbesvär. En del boende har även kontaktat kommunen och Trafikverket för att uppmärksamma bullerproblematiken.

De insatta bulleråtgärderna upplevdes som positivt eller mycket positivt av 64 procent i åtgärdsområdet. De boende rapporterade att den nya asfalten initialt gav en klar förbättring av ljudförhållandena, bland annat att däckljudet hade dämpats, men man nämner också att bullret har ökat över tid. Detta överensstämmer med den snabba och ganska stora försämring av ljudreduktionen från omkring 3 dB till 1 dB, som kunde uppmätas cirka ett år efter beläggningen av den nya asfalten. Sänkningen från 70 km/tim till 60 km/tim skyltad hastighet beräknas ha reducerat bullernivån med cirka 2 dB. Att sänka hastigheten kan ge bra bullerreducering förutsatt att den följs. Om enbart en nedskyltning av hastigheten används blir det ofta en liten reell effekt. En hastighetssänkning med 10 km har visats sig ge en sänkning av medelhastigheten med omkring 2-5 km/tim [14]. För att fordonsförarna ska följa den nya hastigheten brukar det krävas att vägmiljön omformas så att den motsvarar den lägre hastigheten, att andra fartdämpande åtgärder sätts in som fartkameror eller att ge omfattande information om syftet med hastighetsminskningen [30]. Den aktuella

sträckan på Östra Bangatan är bred med två filer i varje riktning, vilket inbjuder till högre hastigheter. De boende upplever också att de flesta inte håller den nya skyltade hastigheten utan kör för fort. Det finns också en risk i att den nya asfalten, som bullrar mindre även för förarna, bidrar till att man inte sänker hastigheten eller bara sänker den något. Vidare anger ett flertal av de boende att motorbullret är mycket störande, framförallt när fordonen accelererar eller bromsar in vid trafikljusen. I dessa situationer är bullret från motorn och avgassystemet den dominerande källan [4].

Det var mycket tydligt att de boende önskade mer bulleråtgärder för en förbättrad bullersituation. I åtgärdsområdet ville man framförallt att hastigheten sänks ytterligare, att fartkameror sätts upp och att bullerskärmar och vallar byts ut eller förbättras. I kontrollområdet önskade 70-80 procent bullerreducerande asfalt, lägre hastighet och fartkameror och hälften ville ha förbättrade bullerskärmar och vallar. I kontrollområdet är det dock Trafikverket som ansvarar för riksväg 50 och inte Örebro kommun.



Metodologiska aspekter

Svarsfrekvensen låg totalt på 63 procent i förstudien och 54 procent i efterstudien och inga större skillnader i kön, ålder, utbildning eller sysselsättning kunde ses mellan åtgärdsområdet och kontrollområdet. Deltagandet i enkätundersökningar har sjunkit allmänt under årens lopp och för denna typ av interventionsstudie ligger svarsfrekvensen på en nivå som man kan förvänta sig idag [4, 31]. Eftersom studiegruppen är liten bör dock resultaten tolkas med viss försiktighet. Många av enkätfrågorna är väl utprovade och tidigare använda (t.ex. den ISO-standardiserade störningsfrågan om buller) vilket stärker resultatens tillförlitlighet och validitet.

Bestämningen av den individuella bullerexponeringen för bostäderna i undersökningsområdena gjordes utifrån den Nordiska beräkningsmodellen och indata inhämtades från Trafikverkets och från Örebro kommuns databaser. Värdena jämfördes dessutom med en tidigare bullerkartläggning, vilken utfördes av en välrenommerad akustikkonsult [10]. Vår bedömning är att exponeringskartläggningen håller god standard. Dock behöver man vara medveten om att en beräkning av bullernivåer vid fasad inte är felfri. Normalt brukar man räkna med en osäkerhet kring ± 2 dB. Felet kan vara större vid komplicerad topografi eller belägenhet av byggnaderna, vilket dock inte var fallet med de ingående husen i denna studie.

Mätning av bulleregenskaperna hos den gamla vägbeläggnings i förstudien och den nya stålslagsbeläggnings i efterstudien genomfördes av VTI. Vid mätningarna användes CPX-metoden som är en ISO-standardiserad och särskilt utformad metod för att mäta vägbeläggningars bulleregenskaper. Även de referensdäck som användes är standardiserade och beskrivna i en Technical Specification. Metoden kommer framöver att få en CEN-standard, dvs. bli en europeisk standard [7]. De mätvärden som erhöles bedöms som tillförlitliga.

Kommentarer och slutsatser

Trafikbuller är en av de miljöstörningar som idag berör flest antal människor. Bullret från vägtrafiken har ökat och beräknas dessutom fortsätta att öka. Framst på grund av allt fler personbilar och en tilltagande användning av grövre och bredare däck samt ökande godstrafik på väg. Buller påverkar människors hälsa, välbefinnande och livskvalitet negativt [6, 12, 25, 29]. Senare tids forskning har bland annat visat att långvarig exponering av vägtrafikbuller ökar risken för hjärt-kärlsjukdomar. Därför har WHO i sina senaste rekommendationer för omgivningsbuller sänkt riktvärdena för vägtrafiken, men även för spår- och flygtrafiken [6]. För att minska exponeringen av vägtrafikbullret kan bullerreducerande asfalt vara en effektiv åtgärd. Andra bra åtgärder är användning av lågbullrande däck och sänkt hastighet [30, 32]. Då bullret reduceras vid källan av dessa åtgärder förbättras såväl utomhus- som inomhusmiljön. Dessutom förbättras ljudmiljön för alla som bor och vistas i närheten av bullerkällan jämfört med effekten av t.ex. en bullerskärm där endast de som bor eller vistas närmast skärmen får nytta av den.

De insatta bulleråtgärderna på Östra Bangatan i Örebro med ny stålslagsasfalt och en hastighets-sänkning från 70 km/tim till 60 km/tim beräknas initialt ha minskat bullernivåerna för de boende med cirka 4-5 dB, jämfört med situationen innan åtgärderna. Dock visade eftermätningen av stålslagsasfalten ett år senare att mindre än halva bullerreduktionen återstår. För de allra flesta lågbullerbeläggningar sker en minskning av bullerreduktionen med cirka 1-2 dB per år beroende på trafik och hastighet [33-34]. Eftersom stålslagsasfalten ska ha ett bra slitagemotstånd och bättre hållbarhet än andra typer av buller-reducerande asfalt [8], så var förväntningarna att bullerreduktionen skulle bibehållas betydligt längre. För att få klarhet i vad som orsakat försämringen av bullerreduktionen bör en grundlig utvärdering göras av asfaltens sammansättning (t.ex. vägytans textur) och hur den har lagts. När

det gäller lågbullerbeläggning bör man inte ställa det valet mot valet av en traditionell beläggning, även om livslängden är kortare och kostnaderna är högre för lågbullerbeläggningen. Valet av lågbullerbeläggning bör jämföras mot andra bullerdämpande åtgärder [30].

Sammantaget hade bulleråtgärderna en positiv effekt med minskade störningar, framförallt vid olika vardagliga aktiviteter när de boende vistades utomhus vid bostaden. En majoritet av de boende var också positiva till åtgärderna. Det var betydligt färre som blev störda under helgen efter bulleråtgärderna jämfört med före och något fler upplevde att de kunde koppla av i sin bostad såväl inomhus som utomhus. Allmän störning av vibrationer från vägtrafiken och sömnstörningar av vibrationer från vägtrafiken minskade också signifikant, vilket är en viktig effekt. Det är dock angeläget att fortsätta med åtgärder som minskar bullerexponeringen från vägtrafiken eftersom bullret fortfarande påverkar många av de boendes dagliga liv. Bland annat ses omfattande bullerpåverkan på möjligheter att samtala och lyssna, få vila och avkoppling samt

att få ostörd sömn såväl i åtgärdsområdet som i kontrollområdet. För kontrollområdet är det dock Trafikverket som har ansvar för eventuella åtgärder för riksväg 50.

Att följa upp och utvärdera olika åtgärder mot buller är viktigt för att kunna bedöma vilka åtgärder som är effektiva utifrån såväl kostnader som effekter på bullernivåer och på människors hälsa och välbefinnande. Åtgärdsstudier som denna efterfrågas också av forskarvärlden eftersom kunskapsunderlaget fortfarande är litet inom området. Det är också viktigt att myndigheter förstår hur mycket och hur allvarligt bullret påverkar människors hälsa och välbefinnande för att kunna fatta rätt beslut i frågor om strategier, riktlinjer och åtgärder mot bullret.

Örebro kommun har som övergripande mål att skapa goda och trygga levnadsförhållanden och en långsiktig hållbar livsmiljö. Som en del av det arbetet vill man också förbättra ljudmiljön för boende i staden och skapa ett tystare och trivsammare Örebro. AMM hoppas att projektet kommer att kunna bidra till att dessa mål uppnås.

Tack

Vi vill tacka Örebro kommun till att ha bidragit med finansiering av projektet samt till Ulf Sandberg, VTI, som har utfört mätningarna av den nya vägbeläggningens bulleregenskaper. Tack till Eva-Lott Hedin, AMM, USÖ, som ansvarat för hanteringen av enkäterna i projektet. Ett stort tack går också till alla som besvarade enkäten.



Referenser

1. Jacobson, T., & Viman, L. (2015). Erfarenheter av bullerreducerande beläggningar. VTI rapport 843. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI.
2. Sandberg, U., & Mioduszewski, P. (2014). The best porous asphalt pavement in Sweden so far. In: Proceedings of Inter-Noise 2014, November 16-19, 2014, Melbourne, Australia.
3. Bendtsen, H., Ellebjerg Larsen, L., & Greibe, P. (2002). Udvikling af støjreducerende vejbelæggninger til bygader. Slutrapport efter 3 års målinger. Danmarks Transportforskning, Rapport 4, 2002, ISSN:1601-9458, ISBN: 87-7327-072-5.
4. Turanovic, E. (2007). Tysta beläggningar – en före/efterstudie på Ellenborgsvägen i Malmö. Examensarbete, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och Samhälle, Trafik och väg.
5. Gidlöf-Gunnarsson, A., & Öhrström, E. (2008). The effectiveness of quiet asphalt and earth berm in reducing annoyances due to road traffic noise in residential areas. In: Proc. of the 9th Congress of the International Commission on the Biological Effects of Noise (ICBEN), July 21-25, 2008, Foxwoods CT, USA. (ISBN 978-3-9808342-5-4).
6. WHO Europe. (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
7. Sandberg, U. (2018). Bulleregenskaper hos vägbeläggning med slagg i Örebro: Resultat av mätningar med CPX-metoden år 2017. Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI).
8. Göransson, N.-G., & Jacobson, T. (2013). Stålslagg i asfaltbeläggning. Fältförsök 2005 – 2012. VTI notat 19-2013. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI.
9. Naturvårdsverket (1997). Vägtrafikbuller. Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1996. Stockholm: Naturvårdsverket, Rapport 4653.
10. Tunemalm, B. (2012). Bullerkartläggning av Örebro kommun. Redovisning enligt 2002/49/EG. Umeå, Tunemalm Akustik AB, Rapport: R110060-1.
11. Sandberg, U. (2018). Bulleregenskaper hos vägbeläggning med slagg i Örebro: Resultat av mätningar med CPX-metoden år 2018. Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI).
12. Öhrström, E. (2004). Longitudinal surveys on effects of changes in road traffic noise – annoyance, activity disturbances, and psycho-social well-being. *J. Acoust. Soc. Am.*, 115(2), 719-729.
13. Öhrström, E., Svensson, H., & Holmes, M. (2006). Effekter av Södra Länken. Före- och efterstudie av störning, sömn och välbefinnande i samband med trafikomläggning i Stockholm. Göteborg: Arbets- och miljömedicin, Sahlgrenska Akademin vid Göteborgs universitet.
14. Trafikverket. (2012). Utvärdering av nya hastighetsgränser. Borlänge: Trafikverket.
15. Lindvall, T., & Radford, E.P (eds.). (1973). Measurement of annoyance due to exposure to environmental factors. *Environmental Research*, 6, 1-36.
16. ISO. (2003). Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Technical Specification ISO/TS 15666:2003(E). Geneva, Switzerland: ISO.
17. Lambert, J. (1993). The social impact of noise prevention and reduction measures. In: Vallet M (ed): Noise & Man '93. Noise as a Public Health Problem. Proceedings of the 6th International Congress. Nice, France, July 5-9, 1993. Institut National de Recherche sur les Transport et leur Sécurité, Bron.
18. Persson Waye, K., Smith, M., & Ögren, M. (2017). Hälsopåverkan av lågfrekvent buller inomhus. Göteborg: Sahlgrenska Akademin, Göteborgs universitet, Arbets- och miljömedicin. Rapport nr 3:2017.
19. Torijo, A.J., Ruiz, D.P., De Coensel, B., Botteldooren, D., Berglund, B., & Ramos-Ridao, Á. (2011). Relationship between road and railway noise annoyance and overall indoor sound exposure. *Transportation Research Part D*, 16, 15-22.
20. Pedersen, T.H., Le Ray, G., Bendtsen, H., & Kragh, J. (2013). Community response to noise reducing road pavements. In: Proceedings of Inter-Noise 2013, September 15-18, Innsbruck, Austria.

21. Hajek, J.J., Blaney, C.T., & Hein, D.K. (2006). Mitigation of highway traffic-induced vibration. In: The Annual Conference of the Transportation Association of Canada, Charlottetown, Prince Edward Island. Session on Quiet Pavements: Reducing Noise and Vibration.
22. Pedersen, E. (2015). City dweller response to multiple stressors intruding into their homes: Noise, light, odour, and vibration. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, 3246-3263.
23. Gidlöf-Gunnarsson, A., Ögren, M., Jerson, T., & Öhrström, E. (2012). Railway noise annoyance and the importance of number of trains, ground vibration, and building situational factors. *Noise & Health*, 14, 190-201.
24. Trollé, A., Marquis-Favre, C., & Parizet, É. (2015). Perception and annoyance due to vibrations in dwellings generated from ground transportation: A review. *Journal of Low Frequency, Vibration and Active Control*, 34, 413-458.
25. WHO Europe. (2009). Night Noise Guidelines for Europe. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
26. Öhrström, E., Ögren, M., Jerson, T., Zachau, G., & Gidlöf-Gunnarsson, A. (2009). Effekter på sömnen av buller och vibrationer från tåg: Experimentella studier i sömnlaboratorium. Göteborg: Arbets- och miljömedicin, Sahlgrenska Akademin vid Göteborgs universitet. Rapport nr 123, 2009.
27. Smith, M.G. (2017). The Impact of Railway Noise on Sleep (Doktorsavhandling). Göteborg: Göteborgs universitet
28. Persson Wayne, K., Smith, M.G., Hussain-Alkhateeb, L., Koopman, A., Ögren, M., Peris, E., Waddington, D., Woodcock, J., Sharp, C., & Janssen, S. (2019). Assessing the exposure-response relationship of sleep disturbance and vibration in field and laboratory settings. *Environmental Pollution*, 245, 558-567.
29. Socialstyrelsen. (2008). Buller. Höga ljudnivåer och buller inomhus. Stockholm: Socialstyrelsen.
30. Sveriges Kommuner och Landsting. (2017). Skapa goda ljudmiljöer. Handbok i trafikbullerskydd. Stockholm: SKL.
31. GU-journalen. (2013). Vem vill svara på enkäter? GU-journalen, nr 6-13, Göteborgsuniversitet. <http://www.medarbetarportalen.gu.se/aktuellt/gu-journalen/arkiv/2013/nummer-6-13/>
32. Ögren, M., Molnár, P., & Barregard, L. (2018). Road traffic noise abatement scenarios in Gothenburg 2015 – 2035. *Environmental Research*, 164, 516-521.
33. Sandberg, U. (2012). Lågbullerbeläggningar i Sverige. State-of-the-art. Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI).
34. Sandberg, U. (2001). Tyre/road noise – Myths and realities. In: Proceedings of Inter-Noise 2001, August 27-30, The Hague, The Netherlands.

Bilaga 1: Beskrivning av undersökningspopulationen

Tabellen visar resultat för de som besvarat enkäten i både för- och efterstudien i åtgärdsområdet och i kontrollområdet. Resultaten avser förhållanden i förstudien.

	Undersökningspopulation	
	Åtgärdsområde	Kontrollområde
Antal deltagare	31	31
Ålder		
Medelvärde (Sd)	56,6 (12,96)	55,0 (12,27)
Kön (%)		
Kvinna / Man	48/52	52/48
Civilstånd (%)		
Gift/sambo	90	90
Särbo	3	0
Ensamstående	7	7
Änka/änkling	0	3
Hushåll med barn (%)		
Under 7 år	10	26
7-17 år	32	35
Försörjning (%)		
Yrkesarbetande som anställd	61	61
Sköter eget eller delägt företag	10	16
Förtids- eller sjukpensionär	3	0
Ålderspensionär	26	23
Tjänstledig, inkl. studie- och föräldraledig	0	0
Studerande, praktikant	0	0
Arbetslös	0	0
Sjukskriven (3 månader eller mer)	0	0
Utbildning (%)		
Folkskola eller grundskola	19	19
Grundskola + 2-årigt gymnasium	36	36
Grundskola + 3-årigt gymnasium	45	45
Universitetsutbildning < 3 år	19	19
Universitetsutbildning ≥ 3 år	26	19
Ljudkänslighet (%)		
Ganska eller mycket känslig för ljud/buller	48	42
Känslighet för damm/luftförorening (%)		
Ganska eller mycket känslig	39	32

Bilaga 2: Beskrivning av bostaden och bostadens utformning

Tabellen visar resultat för de som besvarat enkäten i både för- och efterstudien i åtgärdsområdet och i kontrollområdet. Resultaten avser förhållanden i förstudien.

	Undersökningspopulation	
	Åtgärdsområde	Kontrollområde
Antal deltagare	31	31
Boendetid i bostaden		
Medelvärde (Sd)	23,3 (13,5)	20,1 (11,8)
Typ av bostad (%)		
Villa eller radhus	100	100
Antal rum, förutom kök		
Medelvärde (Sd)	4,5 (1,4)	5,2 (1,3)
Rum vetter emot (%)		
Östra Bangatan	90	-
Riksväg 50	-	100
Sovrum vetter emot (%)		
Östra Bangatan	77	-
Riksväg 50	-	61
Fönster i bostaden har bytts p.g.a. trafikbuller (%)		
Ja	39	45
Nej	58	52
Vet ej	3	3
Tillgång till "tysta" rum i bostaden där buller från väg- eller järnvägstrafik inte märks (%)		
Nej	77	38
Ja	23	62
Om ja, vilka rum?¹⁾		
Vardagsrum	0	10
Sovrum	0	16
Kök	6	10
Annat rum	16	42
Bostaden är mycket trivsamt (%)	52	55
Gård/omgivning är mycket trivsamt (%)	23	19

¹⁾ Fler än ett svar kan anges

BILAGA 2

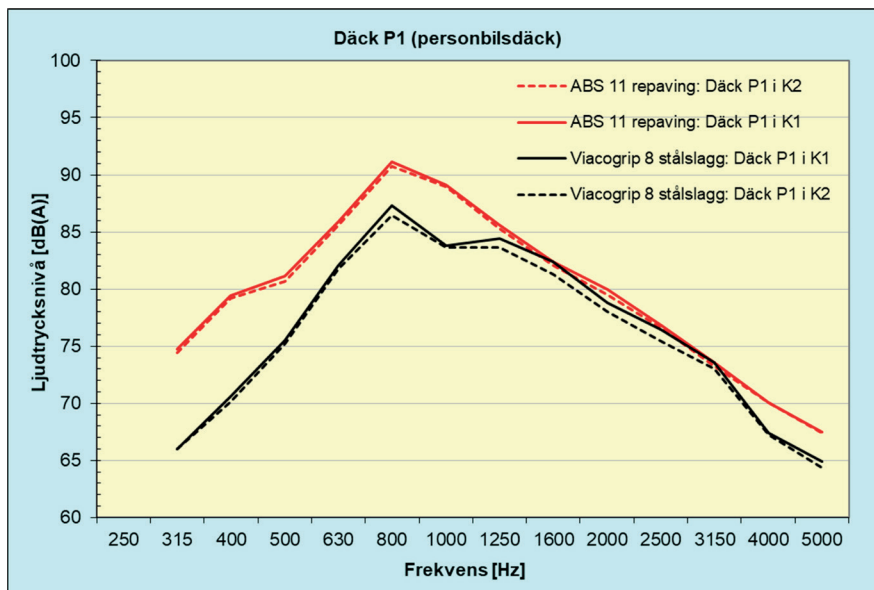
Fortsättning, beskrivning av bostaden och bostadens utformning

	Undersökningspopulation	
	Åtgärdsområde	Kontrollområde
Antal deltagare	31	31
Andel som har balkong (%)	6	47
Om ja, balkong vetter emot:		
Östra Bangatan	3	-
Riksväg 50	-	29
Andel som har uteplats/terrass (%)	97	100
Om ja, uteplats vetter emot:		
Östra Bangatan	67	-
Riksväg 50	-	94
Brukar vistas på uteplatsen när vädret tillåter (%)		
Varje dag/någon eller några ggr/v	100	84
Andel som har trädgård/tomt (%)	100	100
Om ja, största delen av trädgården/tomten vetter emot:		
Östra Bangatan	68	-
Riksväg 50	-	59
Brukar vistas på trädgården/tomt när vädret tillåter (%)		
Varje dag/någon eller några ggr/v	100	90
Tillgång till "tyst plats" utomhus nära bostaden där buller från väg- eller järnvägstrafik inte märks (%)	3	10
Tillgång till grönområden på promenadavstånd från bostaden eller i grannskapet (%)		
Ja, inom 200 m	26	26
Ja, inom 400 m	13	55
Ja, inom 500-800 m	39	13
Ja, men längre än 800 m	22	6
Nej	0	0
Brukar promenera/motionera/cykla i omgivningen		
Så gott som dagligen	55	42
Någon/några gånger i veckan	29	42
Någon/några gånger i månaden	16	10
Någon/några gånger per år	0	3
Aldrig	0	3

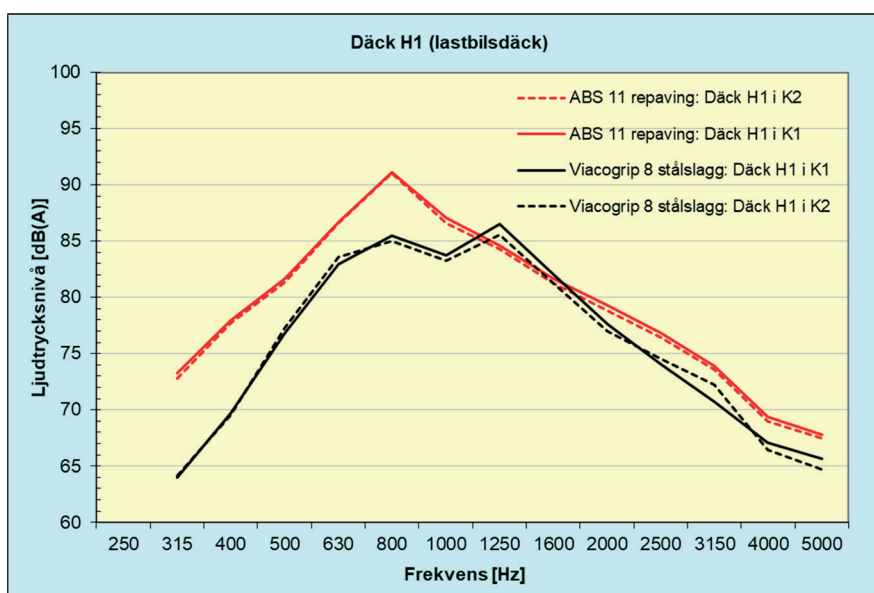
Bilaga 3: Figurer från mätning av frekvensspektra

Frekvensspektra i tersoktavband visas i nedanstående figurer för de två referensdäck som använts i projektet. Den övre figuren visar resultat för personbilsdäck (P1) och den nedre figuren för lastbilsdäck (H1). För att reducera datamängden visar varje kurva ett aritmetiskt

medelvärde av de båda hastigheterna 50 och 70 km/tim och de båda riktningarna norr och söder. Kurvorna visar skillnaderna mellan den gamla vägbeläggningen (ABS 11 repaving) och den nya beläggningen (Viacogrip 8 stålslag), samt mellan de två körfilerna K1 och K2 [7].



Figuren ovan från [7] visar frekvensspektra för referensdäcket P1 (personbilsdäck).



Figuren ovan från [7] visar frekvensspektra för referensdäcket H1 (lastbilsdäck).

Arbets- och miljömedicin

Arbets- och miljömedicin är ett samarbete mellan regionerna i Södermanlands, Värmlands, Örebro och Västmanlands län. Vi finns vid Universitetssjukhuset Örebro men vårt uppdrag är att arbeta för en god hälsa i en bra miljö i alla fyra länen.

