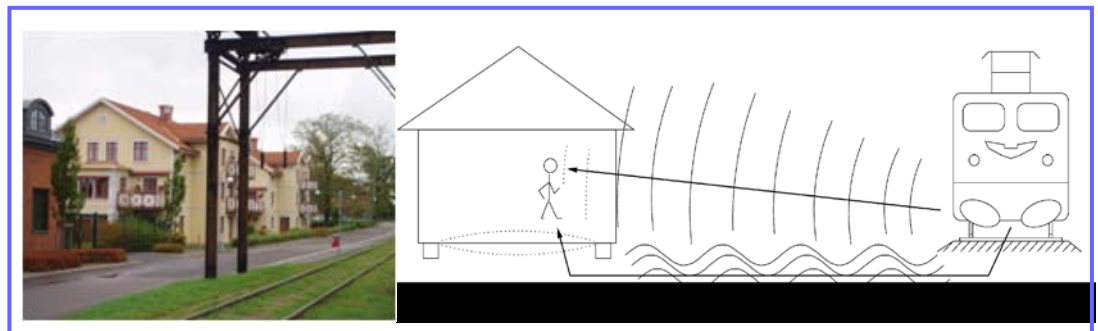


Effekter av buller och vibrationer från tågtrafik

- undersökningar i Töreboda, Falköping, Alingsås och Kungsbacka



Evy Öhrström, Docent

Anita Gidlöf-Gunnarsson, Fil.Dr

Mikael Ögren, Tekn.Dr

Tomas Jerson, Ingenjör

Rapport nr 4: 2010

Enheten för Arbets- och miljömedicin

Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa



Denna rapport utgör delrapport inom forskningsprogrammet TVANE - Effekter av buller och vibrationer från tåg- och vägtrafik - tågbonus, skillnader och samverkan mellan tåg- och vägtrafik. BV:s Dnr: S07-5094/AL50 samt Dnr: S07-5095/AL50.

Omslagsbild: Illustration av ljud och vibrationsexponering (Mikael Ögren). Foto Töreboda av Tomas Jerson.

Rapporten finns att hämta som pdf.fil på www.tvane.se eller kan beställas från nedanstående adress:

**Enheten för Arbets- och miljömedicin
Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa
Sahlgrenska akademien vid Göteborgs universitet
Box 414, 405 30 Göteborg
ISBN 978-91-978916-3-9**

**Telefon: 031 – 786 63 00
E-post: amm@amm.gu.se
Hemsida: www.amm.se**



Effekter av buller och vibrationer från tågtrafik - undersökningar i Töreboda, Falköping, Alingsås och Kungsbacka

Delstudie 2

**Evy Öhrström, docent¹⁾, Anita Gidlöf-Gunnarsson, fil.dr¹⁾
Mikael Ögren, tekn.dr²⁾ och Tomas Jerson, ingenjör³⁾**

¹⁾ Sahlgrenska Akademin vid Göteborgs universitet
Avd. för Samhällsmedicin och Folkhälsa
Sektionen för Arbets- och miljömedicin
Box 414, SE- 405 30 Göteborg

²⁾ Statens Väg- och Transportforskningsinstitut
Box 8077, SE-402 78 Göteborg

³⁾ WSP Environmental Akustik
Box 130 33, SE- 415 26 Göteborg

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	6
SUMMARY	7
1. INLEDNING	8
2. BAKGRUND OCH SYFTE	9
2.1 Bakgrund.....	9
2.2 Syfte	9
3. MATERIAL OCH METOD	10
3.1 Val av undersökningsområden	10
3.2 Bestämning av bullerexponering.....	10
3.3 Bestämning av exponering för vibrationer.....	10
3.4 Val av undersökningspopulation	10
3.5 Undersökningspopulation	11
3.6 Utvärdering av effekter av tågbuller	11
3.7 Genomförande av undersökningen.....	12
3.8 Statistisk bearbetning och redovisning av resultat	12
4. RESULTAT	13
4.1 Beskrivning av bullerexponering	13
4.1.1 Samband mellan olika bullermått	16
4.2 Beskrivning av vibrationsexponering.....	14
4.3 Beskrivning av undersökningspopulationen.....	15
4.4 Beskrivning av bostädernas utformning.....	15
4.5 Störning av olika olägenhetskällor.....	16
4.6 Allmän störning av buller från tågtrafik.....	19
4.6.1 Samband mellan allmän störning av tågbuller och olika bullermått.....	20
4.6.2 Störning av tågbuller i relation till bullerexponering angett i $L_{Aeq,24h}$, L_{den} och L_{AFmax} samt avstånd till järnvägen	20
4.7 Jämförelser mellan störning av tågbuller inomhus med stängt respektive öppet fönster samt störning utomhus	20
4.8 Påverkan av tågbuller på olika aktiviteter inomhus och utomhus	22
4.8.1 Samband mellan påverkan av tågbuller på olika aktiviteter och olika bullermått ...	25
4.8.2 Samband mellan påverkan av tågbuller på olika aktiviteter och olika mått på allmän störning av tågbuller	25
4.8.3 Påverkan av tågbuller vid olika aktiviteter inomhus med stängt fönster	26
4.8.4 Påverkan av tågbuller vid olika aktiviteter inomhus med öppet fönster	26
4.8.5 Påverkan av tågbuller vid olika aktiviteter utomhus	28
4.9 Bostadens utformning och allmän störning av tågbuller	29
4.9.1 Störning av tågbuller i småhus respektive flerfamiljshus	29
4.9.2 Störning av tågbuller i bostäder byggda under olika tidsperioder	30
4.9.3 Störning av tågbuller i bostäder med 3-glasfönster respektive 2-glasfönster	31

4.10	Bostadens utformning och påverkan av tågbuller på olika aktiviteter utomhus ...	32
4.11	Påverkan av tågbuller på sömnen	33
	4.11.1 Samband mellan påverkan av tågbuller på sömnen och olika bullermått.....	33
	4.11.2 Samband mellan påverkan av tågbuller på sömnen och olika mått på allmän störning av tågbuller.....	34
	4.11.3 Störning av vägtrafik- och tågbuller i bostäder med 3-glasfönster respektive 2-glasfönster	34
4.12	Bostadens utformning och påverkan på sömnen av tågbuller.....	40
	4.12.1 Sömnstörningar och sovrummets läge i förhållande till järnväg	40
	4.12.2 Sömnstörningar och typ av fönster i bostaden.....	41
	4.12.3 Sömnstörningar och våningsplan	42
4.13	Effekter av vibrationer från tågtrafik.....	43
	4.13.1 Samband mellan allmän störning av vibrationer och avstånd till järnväg på sömnen och olika bullermått.....	43
	4.13.2 Samband mellan störning av vibrationer och vibrationsnivå i mm/s.....	44
4.14	Bostadens utformning och störning av tåg vibrationer i områden med starka vibrationer	46
	4.14.1 Störning av vibrationer i småhus i relation till vibrationsnivå i mark.....	47
	4.14.2 Störning av vibrationer i småhus i Kungsbacka i relation till vibrationsnivå i hus ..	48
4.15	Jämförelser av störning av vibrationer och buller	49
	4.15.1 Jämförelser av störning av vibrationer och buller vid olika avstånd från järnvägen	49
	4.15.2 Jämförelser av störning av vibrationer och buller vid olika ljudnivåer i $L_{Aeq,24h}$	49
4.16	Samverkans effekter på störning av buller och vibrationer vid samtidig exponering för buller och vibrationer	51
4.17	Samband mellan sömnstörningar av tågtrafik och vibrationsnivå i hus	52
4.18	Trivsel och användning av bostad och bostadsområde.....	54
4.19	Individfaktorer och störning av tågbuller	55
	4.19.1 Känslighet för ljud/buller och störning av tågbuller.....	55
5.	SAMMANFATTANDE KOMMENTARER OCH SLUTSATSER.....	56
	5.1 Störning och påverkan på olika aktiviteter av tågbuller i områden med inga/svaga respektive starka vibrationer	56
	5.2 Bostadens utformning och påverkan av buller och vibrationer	57
	5.3 Jämförelser av dos-responssamband för störning av buller och vibrationer från tågtrafik och interaktionseffekter av buller och vibrationer.....	58
	5.4 Beräkning av vibrationer inomhus och i mark.....	59
	5.5 Slutsatser	59
6.	REFERENSER.....	43

APPENDIX

1	Undersökningsområdenas läge	62
2	PM: Bullerkällor och indata för beräkningar i de olika områdena.....	65
3	Antal tåg per timme dagtid kl. 06-22 i de olika områdena	69
4	Bullerberäkningar – kartor med ljudnivå i $L_{Aeq,24h}$ i 5-dB intervall	72
5	Undersökningspopulation: Indelning efter olika ljudnivåkategorier samt efter avstånd till järnvägen.....	76
6	Beskrivning av undersökningspopulationen.....	78
7	Beskrivning av bostaden och bostadens utformning uppdelat på områden med inga/svaga vibrationer respektive starka vibrationer samt uppdelat på områden med starka vibrationer	79
8	Beskrivning av bostaden och bostadens nära omgivning uppdelat på områden med inga/svaga vibrationer respektive starka vibrationer samt uppdelat på områden med starka vibrationer	81
9	Störning av olika olägenhetskällor i bostadsområdet	83
10	Samband mellan allmän störning och aktivitetspåverkan.....	84
11	Bostadens utformning och påverkan av tågbuller på avkoppling utomhus och utevistelse	85
12	De boendes egna kommentarer om vibrationsstörningar	86
13	Samband mellan ljudnivå ($L_{Aeq,24h}$) och allmän störning analyserat med binär logistisk regressionsanalys.....	88
14	Samband mellan avstånd från järnvägen (meter) och störning av vibrationer analyserat med binär logistisk regressionsanalys.....	89

SAMMANFATTNING

Denna rapport redovisar jämförande resultat över effekter av tågbuller baserade på empiriska socio-akustiska studier i fält i områden med respektive utan vibrationer från tågtrafik. Syftet med undersökningarna var att ta fram kunskap om hur människor påverkas av tågbuller enskilt samt i kombination med vibrationer från tågtrafik och att undersöka vilka faktorer i byggnadens och markens beskaffenhet som är av betydelse för hur starka de vibrationsnivåer som alstras av tågtrafiken är inne i bostäder. Ett sådant kunskapsunderlag är viktigt för att kunna planera åtgärder i existerande situationer och som stöd vid planering av nyetablering.

Undersökningarna utfördes med hjälp av postala enkäter om upplevelse av boendemiljö, hälsa och välbefinnande samt störning och annan påverkan av tågbuller. Undersökningarna genomfördes i två bostadsområden i Töreboda och Falköping vilka är belägna utmed Västra Stambanan där tågtrafiken inte alstrar några/enda mycket svaga markvibrationer samt i två områden i Alingsås vid Västra Stambanan respektive i Kungsbacka vid Västkustbanan där tågtrafiken alstrar starka markvibrationer. Undersökningarna genomfördes under april-maj samt november-december 2007 och omfattade totalt 980 personer. Bullerexponering ($L_{Aeq,24h}$, L_{den} , L_{natt} och L_{AFmax}) från tågtrafik fastställdes för samtliga deltagare och angavs som frifältsvärde vid mest exponerad sida av bostaden. Vidare fastställdes avståndet mellan bostaden och järnvägen. Vibrationsnivå i mm/s mättes i ett antal punkter i mark samt inomhus. Beräkningar av vibrationsnivå i mark utfördes för samtliga ingående bostäder i båda vibrationsområdena medan vibrationsnivå inomhus endast var möjligt att beräkna för bostäder i Kungsbacka.

Resultaten av undersökningarna visar att personer som bor i områden med starka vibrationer från tågtrafik påverkas i avsevärt högre omfattning av tågbuller än personer som bor i områden med inga/svaga vibrationer. Skillnaden i *allmän störning* motsvarar ca 5-7 dB, d.v.s. för att uppnå lika andel störda krävs i områden med inga/svaga vibrationer en ljudnivå som är 5-7 dB högre jämfört med i områden med starka vibrationer. Skillnaderna i andel störda mellan de två typerna av områden ökar med ökad ljudnivå och 2,5 gånger fler är störda av tågbuller vid ljudnivåer på $L_{Aeq,24h}$ 56-65 dB i områden med starka vibrationer (jfr 56 % respektive 24 % störda).

Förhållandet är likartat för påverkan på *lyssningsaktiviteter* och *samtal* samt vid *avkoppling*. En högre andel påverkas negativt av tågbuller i områden med starka vibrationer. Skillnaderna mellan områdena ökar med ökad ljudnivå och ca 2-3 gånger fler är negativt påverkade vid de högsta ljudnivåerna, 56-65 dB. Samtidig förekomst av buller och vibrationer påverkar även *sömnkvalitet* och andelen som anger *försämrad sömnkvalitet* p.g.a. tågbuller är 2-3 ggr högre i områden med starka vibrationer än i områden med inga/svaga vibrationer (jfr 12 % resp. 34 % vid ljudnivåer på 60-65 dB (L_{natt}) vid öppet fönster.

Om *balkongen/uteplatsen* samt *sovrumsfönster* vetter mot järnvägen ökar de negativa effekterna av tågbuller med bl.a. ökad störning och sämre sömnkvalitet. Övriga undersökta faktorer som typ av hus, typ av fönster och vilket år huset är byggt hade liten betydelse för upplevda effekter. De situationsfaktorer som, utöver markförhållanden, har stor betydelse för upplevelse av olika effekter av *vibrationer* från tågtrafik var typ av hus; andelen störda av vibrationer är högre i småhus än i flerbostadshus.

I TVANE-projektet ingår även experimentella studier av påverkan på sömnen av vägtrafikbuller och tågbuller samt en fältstudie i Sollentuna med ett mycket stort antal tåg per dygn. För slutsatser om effekter av vägtrafikbuller och tågbuller, se slutrapport från TVANE-projektet. Slutrapporten innehåller en översikt över resultat från samtliga delstudier samt en övergripande diskussion och slutsatser baserade på dessa delstudier, men även baserade på studier som ingår i litteraturoversikten av Öhrström & Skånberg (2006) samt ny litteratur inom området.

SUMMARY

This report presents results on the effects of railway noise based on empirical socio-acoustic field studies in residential areas with and without vibrations from railway traffic. The main purpose of the study was to generate knowledge about the health impact of railway noise per se, as well as of the combined impact of railway noise and vibration. Another purpose was to identify the factors, linked to building and geological characteristics, which potentially influence the strength of train vibrations inside the dwellings. This knowledge is most important for mitigation activities in existing situations as well as for establishing new railway infrastructure.

The investigations were carried out using postal questionnaires that contained questions on experiences of the living environment, health, well-being, annoyance, as well as other impacts of railway noise. The investigations were conducted in two residential areas, Töreboda and Falköping located along the "Västra Stambanan" where the railway traffic causes no/very weak vibrations, and in two areas Alingsås along the "Västra Stambanan" and Kungsbacka at the "Väst kustbanan" where the railway traffic causes strong vibrations. The investigations were conducted during April-May and November-December 2007 respectively and included a total of 980 people. Exposure to railway noise ($L_{Aeq,24h}$, L_{den} , L_{night} and L_{AFmax}) was calculated for all participants and stated as free field values at the most exposed side of the façade. The distance between the home and the railway was also determined. Measurements of vibration levels (mm/s) were performed in a number of positions outdoor in the ground and indoors in a number of houses. Calculations of vibration levels in the ground were performed for all dwellings in the two areas with vibrations, whereas vibration levels inside the houses only were possible to calculate for the dwellings in Kungsbacka.

The results of the investigations show that people who live in residential areas where the railway traffic causes strong vibrations are more negatively affected by railway noise than people who live in areas with no/very weak vibrations. The difference in *general annoyance* between the two type of areas corresponds to a difference in sound level of 5-7 dB. The difference in percentage annoyed increases with higher sound levels and 2.5 times more people are annoyed by railway noise at sound levels between 56 and 65 dB in areas with strong vibrations (56 vs. 24 %).

The same response pattern was found for *listening activities*, *conversation* and *relaxation*. The differences between the two types of areas increases with higher sound levels and 2-3 times more people are negatively affected by railway noise at the highest sound levels, 56-65 dB, in areas with strong vibrations. Vibrations in combination with railway noise also had an adverse impact on *sleep quality* and the proportion who reported *decreased sleep quality* due to railway noise is 2-3 times higher in areas with strong vibrations than in areas with no/weak vibrations (e.g. 12 vs. 34 % at L_{night} 60-65 dB in a situation with windows open).

There was a significant increase in noise annoyances and sleep disturbances if *balconies/patios* and *bedroom windows* were directed towards the railway. Other investigated factors, such as type of house, type of windows, and what year the house was built, had no significant influence on the perceived effects or railway noise. The situational factors, other than geological characteristics, that are of great importance for the perception of different effect of railway vibrations is *type of house*; the proportion of *vibration annoyed* people was significantly higher in detached houses than in blocks of flats.

The TVANE-project also involve experimental studies of the impact of road traffic noise and railway noise on sleep as well as field studies on road traffic noise and railway noise with fewer trains per day. For conclusions of the effects of road traffic- and railway noise, see Final Report from the TVANE-project. This report provides an overview of results from all sub-studies within the TVANE-project and an overall discussion and conclusions based on these sub-studies, as well as studies included in the literature review of Öhrström & Skånberg (2006) and new literature in the area of research.

1. INLEDNING

Buller från såväl tåg som vägtrafik och flyg ger upphov till störning och besvärreaktioner av olika slag (se t.ex. översikt av Öhrström, 2004). De vanligaste hälsoeffekterna, utöver allmän störning, är samtalsstörning, sömnstörningar och effekter på vila och avkoppling. Buller kan leda till negativa effekter på prestation och inlärning genom att koncentrationsförmåga och möjligheten att uppfatta tal försämras. Trafikbuller av olika slag ger även upphov till psykologiska och fysiologiska stressrelaterade symptom och påverkar därigenom det allmänna välbefinnandet. Allt fler undersökningar visar att risken för hjärt-kärlsjukdom kan öka vid höga bullernivåer orsakade av flyg- och vägtrafik. Spårburen trafik kan i vissa områden, särskilt markområden med djupa lerlager, ge upphov till vibrationer som orsakar störningar och besvär inomhus i bostäder.

Riksdagen antog den 20 mars 1997 långsiktiga riktvärden för trafikbuller (vägtrafik, flyg och tåg) (1996/97:53). Dessa riktvärden bör normalt inte överskridas vid nybyggnad av bostäder eller vid nybyggnad eller väsentlig ombyggnad av trafikinfrastruktur. Inomhus får medelljudnivån för dygn inte överskrida $L_{Aeq,24h}$ 30 dB och maximalnivån nattetid får inte överskrida $L_{AFmax,22-06h}$ 45 dB. Utomhus gäller för medelljudnivå att 55 dB vid fasad inte får överskridas och att maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad inte får överskrida 70 dB. För buller från tåg i befintlig miljö finns en bonus på 5 dB för utomhusmiljön "vid bostaden i övrigt" som gäller vid åtgärd i järnväg eller annan spåranläggning, dvs. riktvärdet 60 dB. Banverket har tillsammans med Naturvårdsverket tagit fram en policy för buller och vibrationer från spårburen trafik (Banverket och Naturvårdsverket 1997) som bl.a. innebär att en vibrationsnivå på 0,4 mm/s inte bör överskridas vid nybyggnad eller vid väsentlig ombyggnad av bana.

EU-direktivet om omgivningsbuller (2002/49/EG) antogs 2002 med syfte att fastställa ett gemensamt tillvägagångssätt för att "på grundval av prioriteringar förhindra, förebygga eller minska skadliga effekter, inbegripet störningar, p.g.a. exponering för omgivningsbuller". EU-direktivet har implementerats i den svenska lagstiftningen genom en förordning om omgivningsbuller (Förordning 2004:675) som trädde i kraft 1:a januari 2005 och omgivningsbuller är därmed en miljö kvalitetsnorm. Den inledande paragrafen i förordningen lyder: "1 § Genom kartläggning av omgivningsbuller samt upprättande och fastställande av åtgärdsprogram skall det eftersträvas att omgivningsbuller inte medför skadliga effekter på människors hälsa (miljö kvalitetsnorm enligt 5 kap. 2 § första stycket 4 miljöbalken)".

Cirka 500 000 personer i Sverige beräknas vara utsatta för bullernivåer från tågtrafik som överskrider riksdagens långsiktiga mål på $L_{Aeq,24h}$ 55 dB och ca 5 000 personer beräknas vara utsatta för vibrationsnivåer över 1 mm/s (maximal komfortvägd vibrationshastighet) förorsakade av spårburen trafik. Järnvägstrafiken på befintliga sträckor kommer sannolikt av bl.a. miljöskäl att öka i framtiden. Kunskaperna rörande hälsoeffekter av vibrationer och samtidig exponering för buller och vibrationer är idag otillräckliga som underlag för planering av effektiva åtgärder.

Denna rapport redovisar resultat från undersökningar av effekter av buller och vibrationer från tågtrafik baserade på fältstudier i områden med svaga/inga vibrationer från tågtrafik och bostadsområden där tågtrafiken alstrar starka vibrationer.

Undersökningen har finansierats av Banverket som beviljat medel för projektet "Effekter av buller och vibrationer från tåg- och vägtrafik - tågbonus, skillnader och samverkan mellan tåg- och vägtrafik" (TVANE), Bv:s Dnr: S07-5094/AL50 samt Dnr: S07-5095/AL50.

Projektet är godkänt av Regionala etikprövningsnämnden i Göteborg den 7 januari 2007,

2. BAKGRUND OCH SYFTE

2.1 Bakgrund

Spårburen trafik ger i varierande grad upphov till både buller och vibrationer i angränsande områden kring spåren. Man räknar med att ca 500 000 personer i Sverige är utsatta för ljudnivåer över riksdagens långsiktiga mål, $L_{Aeq,24h}=55$ dB. Markvibrationer i samband med tågtrafik förekommer vid ett relativt begränsat antal bansträckor i Sverige. Där kraftiga vibrationer förekommer utgör de dock ett stort störningsproblem. Cirka 5 000 personer beräknas vara utsatta för vibrationsnivåer över 1 mm/s som förorsakas av spårburen trafik.

Kunskaperna om hälsoeffekter av vibrationer och vibrationer i kombination med buller är relativt begränsade. De undersökningar som genomfördes i 15 tätorter belägna utmed järnvägssträckor med respektive utan markvibrationer (Öhrström & Skånberg, 1995; 1996) visade att störning av tågbuller var avsevärt högre i områden där tågtrafiken alstrade kraftiga vibrationer. Beroende på hur kraftiga vibrationerna är ger de upphov till olika typer av störningar. Några exempel på effekter som rapporterats är att föremål rör sig i bostaden, oro för skador på hus och egendom samt sömnstörningar. Vibrationer har således en stor störningspotential i sig. Enligt Göransson (1991) upplevs vibrationer vid nivåer på ca 0,5 mm/s (maximal komfortvägd vibrationshastighet) som "klart märkbara" och vid nivåer över 1,2–1,5 mm/s brukar de flesta karaktärisera dem som "kraftigt kännbara". Den litteraturstudie som genomförts på uppdrag av Banverket inom ramen för TVANE-projektet (Öhrström & Skånberg, 2006) visar samstämmiga resultat från fältstudier där effekter av samtidig exponering för buller och vibrationer undersökts. Samtliga studier visar att den upplevda störningen av buller var högre i områden med kraftiga vibrationer vilket tyder på att det finns en interaktion mellan störning av buller och störning av vibrationer. Störningsupplevelsen av buller ökar med ökad vibrationsstyrka medan störningsupplevelsen av vibrationer varierar på ett mera komplext sätt med bullernivå.

Järnvägstrafiken på befintliga sträckor kommer sannolikt, på grund av bl.a. miljöskäl, att öka i framtiden. Kombinationen av tätare tågtrafik med tyngre och snabbare tåg riskerar därför att öka antalet störningar. För att kunna planera åtgärder i existerande situationer, och som stöd vid planering av nyetablering, är det nödvändigt att ha kunskap om samverkans effekter av vibrationer och buller. Befintliga undersökningar utgör dock inte tillräcklig grund för att bedöma effekter av vibrationer vid olika vibrationsnivåer eller vid vilken vibrationsnivå som interaktion med buller leder till ökad störning av buller. Undersökningar i områden med lika antal tåg och varierande vibrationsnivåer, verifierade med mätningar, är nödvändiga för att belysa dessa frågeställningar. Kontrollerade experiment i sömnlaboratorium ger möjlighet att studera betydelsen av vibrationer för uppkomst av sömnstörningar.

2.2 Syfte

Syftet med denna studie var att genom empiriska studier i fält undersöka hur människor upplever och påverkas av tågbuller enskilt och i kombination med vibrationer samt att undersöka vilka faktorer som är avgörande för hur starka vibrationsnivåer alstrade av tågtrafik är inne i bostäder.

Följande övergripande frågeställningar formulerades:

- 1) Hur påverkar tågtrafik människor som bor i områden med inga/svaga vibrationer från tåg respektive människor som bor i områden med starka vibrationer från tåg med avseende på följande effekter:
(i) allmän störning, (ii) lyssningsaktiviteter inkl. samtal, avkoppling (inomhus med stängt respektive öppet fönster samt utomhus) och (iii) sömnstörningar?
- 2) Vilken betydelse för uppkomst av olika effekter har bostadens läge och utformning: byggnadsår, typ av hus, våningsplan, fönstertyp, sovrumsfönstrens läge, balkong/uteplatsens läge och avstånd till järnväg?
- 3) Hur ser dos-respons sambandet ut för störning av buller och vibrationer och finns det interaktionseffekter vid exponering för buller och vibrationer?
- 4) Hur kan vibrationsnivåer från tågtrafik inne i bostäder beräknas och vilken betydelse har avstånd till järnväg, markförhållanden, byggnadsstomme, våningsplan för vibrationsnivån?

3. MATERIAL OCH METOD

3.1 Val av undersökningsområden

För undersökningen valdes två områden i Töreboda respektive Falköping vilka är belägna vid Västra Stambanan där tågtrafiken inte alstrar några, eller endast mycket svaga markvibrationer samt två områden i Alingsås vid Västra Stambanan respektive Kungsbacka vid Västkustbanan. Områdena i Alingsås och Kungsbacka är utsatta för starka vibrationer från tågtrafik. Undersökningsområdena visas i Appendix 1.

3.2 Bestämning av bullerexponering

Bestämning av individuell bullerexponering gjordes för samtliga bostäder i undersökningsområdena vid mest exponerad fasad. Beräkningarna av ljudnivåer har gjorts på två höjder, 4 respektive 2 m över mark. Utöver bullermåtten $L_{Aeq,24h}$ och L_{AFmax} beräknades bullernivåerna för L_{den} och för delar av dygnet (dag $L_{Aeq,06-18}$, kväll $L_{Aeq,18-22}$, natt $L_{Aeq,22-06}$). Som underlag för beräkningarna har uppgifter om tågtrafiken på Västra stambanan (Falköping, Töreboda och Alingsås) respektive Västkustbanan (Kungsbacka) inhämtats från Banverket. Genom Töreboda och Falköping passerar totalt 124 tåg per vardagsmedeldygn varav 46 är godståg. Genom Alingsås passerar totalt 206 tåg per vardagsmedeldygn varav 53 är godståg. På Västkustbanan genom Kungsbacka är antalet tåg per vardagsmedeldygn 179 st varav 25 är godståg. Fördelning av tåg över dygnet för olika tågtyper samt beräkningsmetod redovisas i Appendix 2. Fördelning av olika tågtyper per timme dagtid kl. 06-22 visas i Appendix 3. Se även rapport 3:2010 om antal tåg per maxtimme samt beräkning av bullernivå på 2 m respektive 4 m höjd (Jerson *et al.*, 2010).

3.3 Bestämning av exponering för vibrationer

Bemannade stickprovsmätningar av förekommande vibrationsnivåer och ljudnivåer utfördes i lågvibrationsområdena Töreboda och Falköping. Syftet med mätningarna var att verifiera att förväntade vibrationsnivåer från godstågspassager på dessa platser verkligen var låga. Mätningarna utfördes simultant i marken med tre givare monterade på ett jordspett. Förekommande vibrationer från tågpassager registrerades vertikalt samt horisontellt längs och tvärs med järnvägen. Resultaten från mätningarna visar att förekommande vägda vibrationsnivåer med avseende på komfortvibration har låga värden, Töreboda 0,4 mm/s (10 m från järnvägen) och 0,25 mm/s (36 m från järnvägen) och Falköping 0,03 mm/s (82 m från järnvägen). Tersbandsspektrum för tågpassagera visar också att de dominanta vibrationsnivåerna ligger i frekvensområden som är högre än de för husresonanser kritiska frekvensområdet 2-10 Hz. Se även mätteknisk rapport av Ögren & Jerson, 2010.

I högvibrationsområdena Kungsbacka och Alingsås utfördes obemannade stickprovsmätningar. Under mätserierna placerades en loggande vibrationsmätare i en s.k. referenspunkt nära järnvägen. Mätningarna av markvibrationer i referenspunkten utfördes med en givare vertikalt monterad på ett jordspett. Simultant mättes mark- och husvibrationer i ett antal olika hus (trä- och stenhus) på olika avstånd från järnvägen. Markvibrationerna mättes med givaren vertikalt monterad på ett jordspett nära husgrunden. Husvibrationerna mättes företrädesvis i husens andra våning, vanligen sovrummen. Mätningarna av golvvibrationer utfördes i tre riktningar med givarna monterade vertikalt samt horisontellt längs och tvärs järnvägen. Resultaten från mätningarna visar att förekommande godstågspassager uppvisar höga vibrationsnivåer i Kungsbacka och Alingsås. Se även mätteknisk rapport av Ögren & Jerson, 2010.

3.4 Val av undersökningspopulation

För undersökningen valdes samtliga personer i åldern 18-75 år som bodde i bostäder med bullernivåer från tåg utanför bostaden på $L_{Aeq,24h}$ 45 dB eller högre (enligt preliminär bedömning av ljudnivåer). I urvalet ingick inga personer med en kortare boendetid än 6 månader på den utvalda adressen. I ett av områdena (Falköping) valdes endast personer med födelsedag 1-15 i varje månad för att inte få ett orimligt stort urval av personer. Målsättningen var att erhålla minst 100 svarande inom varje bullerkategori ($L_{Aeq,24h}$ 45-50, 51-55, 56-60, 61-65, >65 dB). Det totala urvalet uppgick till 1 066 personer i områdena med inga/svaga vibrationer (Töreboda och Falköping) och 846 personer i områdena med starka vibrationer (Alingsås och Kungsbacka).

Av de utvalda 1 912 personerna utgick 18 personer på grund av att de hade flyttat från adressen, bott på adressen kortare tid än 6 månader eller hade avlidit. Målgruppen uppgick därför till 1 894 personer. Antalet personer som besvarade enkäten var 525 i områden med inga/svaga vibrationer och 476 i områden med kraftiga vibrationer. Totalt för de båda områdena var svarsfrekvensen 53 % (se tabell 1).

Tabell 1. Urval och svarsfrekvens.

	Urval	Utgår (flyttat, sjuk)	Resterande urval	Svarat	Svar %
Områden med svaga vibrationer	1 066	12	1 054	525	49,8 %
Områden med starka vibrationer	846	6	840	476	56,7 %
Totalt	1 912	18	1 894	1 001	52,9 %

3.5 Undersökningspopulation

I tabell 2 redovisas undersökningspopulationens fördelning över olika ljudnivåkategorier i $L_{Aeq,24h}$ (beräknat på 2 m höjd över mark) för områden utan vibrationer respektive med kraftiga vibrationer. Motsvarande tabeller för ljudnivåkategorier i L_{den} , L_{natt} , L_{AFmax} , samt för avstånd till järnvägen visas i Appendix 5. Av de totalt 1 001 personer som besvarat enkäten uteslöts ett litet antal personer eftersom de hamnade i högre ljudnivåkategorier. Analyser av resultat från undersökningen baseras därför på totalt 980 personer, 521 personer i områden med svaga vibrationer och 459 personer i områden med starka vibrationer. Eftersom antalet personer i områden med ljudnivåer över 55 dB var litet (särskilt i områden med starka vibrationer) har alla med ljudnivåer över 55 dB slagits samman i en kategori (56-65 dB).

Tabell 2. Undersökningspopulation: antal personer i olika kategorier av ekvivalent dygnsnivå, $L_{Aeq,24h}$.

Antal personer per ljudnivåkategori $L_{Aeq,24h}$					
	<45dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB	Totalt
Områden med svaga vibrationer:					
Töreboda	6	58	93	59	216
Falköping	9	69	173	54	305
Totalt	15	127	266	113	521
Områden med starka vibrationer:					
Kungsbacka	22	119	52	25	218
Alingsås	44	99	60	38	241
Totalt	66	218	112	63	459

3.6 Utvärdering av effekter av tågbuller

Störning och andra hälsoeffekter av buller utvärderades med hjälp av ett frågeformulär. Formuläret är baserat på de formulär som tidigare använts i olika större epidemiologiska studier av bullerstörningar i Sverige, t.ex. i undersökningar av effekter av buller och vibrationer från tåg (Öhrström & Skånberg, 1995; 1996) samt studier inom forskningsprogrammet "Ljudlandskap för bättre hälsa" (Öhrström *et al.*, 2006) och studien i Lerum" (Öhrström *et al.*, 2005; 2007). Formuläret sändes till de utvalda personerna tillsammans med ett introduktionsbrev. I brevet presenterades undersökningen som en undersökning om boendemiljö och människors hälsa och välbefinnande. Dessutom angavs att frågeformuläret till stor del berörde frågor om bostaden och miljön i bostadens närhet samt den egna upplevelsen av miljön, särskilt ljud och buller. I brevet angavs också att resultaten från dessa undersökningar kommer att bli ett viktigt underlag för utformning av bebyggelse och boendemiljöer.

Frågeformuläret innehåller totalt 50 frågor exklusive delfrågor och består av följande 5 delar:

(A) *Bostad och boendemiljö*. I avsnittet om bostaden ingår frågor om boendetid, antal personer i bostaden (vuxna, barn respektive ungdom), småhus eller flerbostadshus, vilket år huset är byggt, husets stomme och om det finns källare. Vidare ställs frågor om antal rum och våningsplan samt på vilket plan sovrummet är beläget, typ av fönster i bostaden och dess placering i förhållande till olika bullerkällor (t.ex. vetter mot större gata, järnväg, gård eller grönområde). Frågor om huset stomme, källare samt vilket våningsplan sovrummet var beläget på ingick endast i enkäten som användes i området med starka vibrationer. Avsnittet innehåller även frågor om tillgång till balkong eller uteplats och vistelsetid på dem, tillgång till grönområden i närheten samt hur ofta promenader i omgivningen sker. Ett antal frågor ställs

om det mest besökta grönområdets karaktär och ljudmiljö. Avsnittet om boendemiljön innefattar även frågor om trivsel i bostaden och bostadsområdet samt om det finns en vilja att byta bostad och orsaken till detta. Denna del innehåller vidare frågor om störning av olägenheter av olika slag som kan förekomma i ett bostadsområde (bl.a. buller och lukt från industrier, ljud/buller från tåg och flyg, ventilation, installationer och grannar, buller och avgaser från vägtrafik och vibrationer från tåg- och vägtrafik).

(B och C) *Frågor om vägtrafik respektive tågtrafik.* I dessa avsnitt ingår frågor om störning (med formulering enligt ISO, [12]) och påverkan på olika vardagsaktiviteter av buller från tåg- respektive vägtrafik. Bland frågorna om tågtrafik ingår även frågor om vibrationer och här finns även utrymme för kommentarer om hur vibrationer från tåg påverkar.

(D) *Allmänna frågor.* Innehåller frågor om individkaraktäristika som ålder, kön, civilstånd, självrapporterad ljudkänslighet, försörjningssituation, färdväg till arbete/studieort samt utbildningsnivå.

(E) *Plats för egna kommentarer.*

3.7 Genomförande av undersökningen

Planering och uppläggning av undersökningarna påbörjades under hösten 2006. Arbetet med preliminär bedömning av individuell bullerexponering, urval av undersökningspopulation samt utformning av frågeformulär och introduktionsbrev var slutfört i januari 2007. Enkäter och introduktionsbrev skickades ut under april 2007 till områdena Töreboda och Falköping och till Alingsås och Kungsbacka under november-december 2007. Två påminnelsebrev sändes ut med 10 dagars mellanrum till dem som inte svarat på enkäten. Den första påminnelsen bestod endast av ett brev medan den andra påminnelsen bestod av brev och ett nytt formulär. Kompletteringar av formulär insamlades från de personer som fyllt i enkäterna bristfälligt.

3.8 Statistisk bearbetning och redovisning av resultat

Data har analyserats med SPSS for Windows version 15.0.1. Sambandet mellan olika bullermått har analyserats med Pearsons korrelationskoefficient (r) och samband mellan effektmått (t.ex. störningsgrad) och bullermått respektive vibrationsnivå (mm/s) har analyserats med Spearmans rangkoefficient (r_s). För att testa sambandet mellan effekter i form av proportioner (t.ex. andel störda) och exponeringskategorier användes χ^2 -test för trend.

För att testa skillnader i störning mellan olika grupper (t.ex. mellan områden med svaga och starka vibrationer, sovrummets läge, fönstertyp) användes dels χ^2 -test för andel störda (%) och t -test för grad av störning (medelvärde).

Med regressionsanalys beräknades sambandet mellan vibrationsnivå i mark (mm/s) och störning av vibrationer.

För att beskriva sambandet mellan bullernivå ($L_{Aeq,24h}$) och allmän störning (% som är ganska, mycket eller oerhört mycket störda) av tågbuller användes binär logistisk regressionsteknik med beräkning av oddskvoter.

För statistiskt säkerställd signifikans valdes $p < 0,05$.

4. RESULTAT

4.1 Beskrivning av bullerexponering

För varje persons bostad har exponering för tågbuller beräknats för sammanlagt 6 olika exponeringsmått. Tabellerna 3 och 4 redovisar statistisk fördelning för de beräknade bullernivåerna för vart och ett av exponeringsmåten för bostäderna i undersökningsmaterialet. Bullervärdena avser nivåer 2 m över mark vid den mest exponerade sidan av bostaden. I Appendix 2 redovisas trafikeringen av tågtrafik i de olika områdena och metod för beräkning av bullernivåer vid bostäderna. Appendix 4 visar kartor med ljudnivåer i 5 dB-intervaller för $L_{Aeq,24h}$ beräknat 2 m över mark.

Tabell 3. Bullernivåer från tåg beräknat på 2 m höjd över mark vid de olika bostäderna samt avstånd från järnvägen – statistisk fördelning för olika exponeringsmått i områden med svaga vibrationer.

Bullerexponering från tåg i områden med svaga vibrationer (n=521)							
	L_{AFmax}	$L_{Aeq,24h}$	$L_{Aeq,06-18}$	$L_{Aeq,18-22}$	$L_{Aeq,22-06^*)}$	L_{den}	Avstånd till järnväg
Mean	71,5	52,7	49,0	56,9	53,3	60,1	207
Median	70,8	52,2	48,6	56,5	52,9	59,6	213
Sd	4,5	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	83
Minimum	58,3	40,8	37,1	45,0	41	48,1	35
Maximum	84,2	64,9	61,2	69,2	65,6	72,3	451

*) L_{natt}

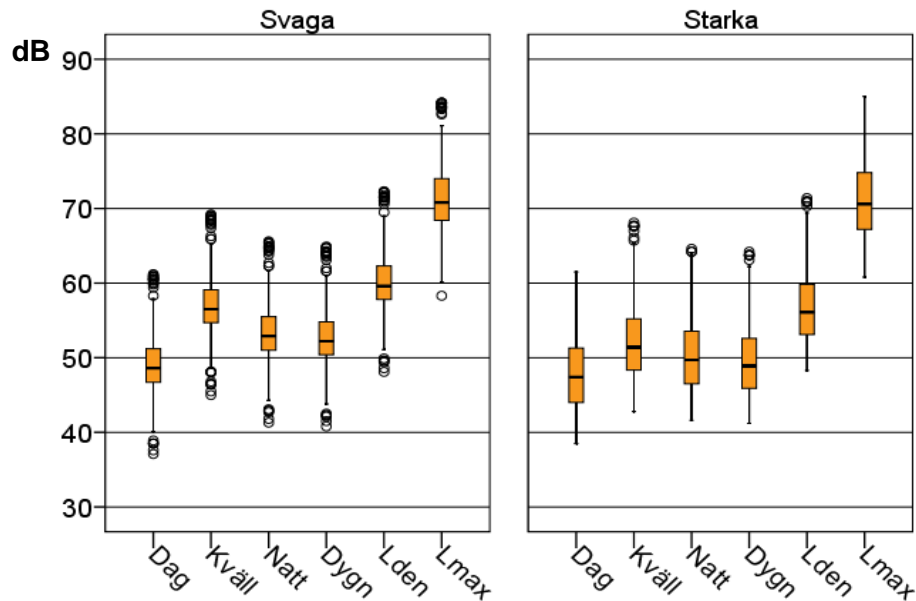
Tabell 4. Bullernivåer från tåg beräknat på 2 m höjd över mark vid de olika bostäderna samt avstånd från järnvägen – statistisk fördelning för olika exponeringsmått i områden med starka vibrationer.

Bullerexponering från tåg i områden med starka vibrationer (n=459)							
	L_{AFmax}	$L_{Aeq,24h}$	$L_{Aeq,06-18}$	$L_{Aeq,18-22}$	$L_{Aeq,22-06^*)}$	L_{den}	Avstånd till järnväg
Mean	71,2	49,8	48,0	52,6	50,5	57,0	186
Median	70,6	48,9	47,4	51,4	49,7	56,1	183
Sd	5,7	5,2	5,3	5,4	5,2	5,2	103
Minimum	60,8	41,2	38,5	42,8	41,6	48,3	19
Maximum	85,0	64,2	61,5	68,1	64,6	71,4	432

*) L_{natt}

Tågtrafiken är relativt jämnt fördelad över dygnet. Medelljudnivån är högst under kvällen (kl. 18-22) och lägst under dagen (kl. 06-18), 56,9 respektive 49 dB i områden med svaga vibrationer och 52,6 respektive 48 dB i områden med kraftiga vibrationer. Medelljudnivå för L_{den} är ca 7 dB högre än den dygnsekvivalenta nivån ($L_{Aeq,24h}$). Detta speglar förhållandet att en stor del av den tunga godstrafiken trafikerar järnvägen nattetid. Fördelningen av bullernivåer över dygnet för olika ljudnivåmått visas även i figur 1.

De bostäder som ingår i undersökningen är belägna på ett avstånd av 35 till 451 meter från järnvägen i områden med svaga vibrationer. I områden med starka vibrationer är de ingående bostäderna belägna mellan 19 och 432 m från järnvägen.



Figur 1. Bullernivå från tåg för olika exponeringsmått och tidsperioder uppdelat på undersökningsmaterialet från områden med svaga respektive starka vibrationer. Mittstreck i boxen visar medianvärdet och första och tredje kvartilen visas av de nedre respektive övre linjerna i boxen. Staplarna visar max- och minvärden och cirklarna visar extremvärden.

4.1.1 Samband mellan olika bullermått

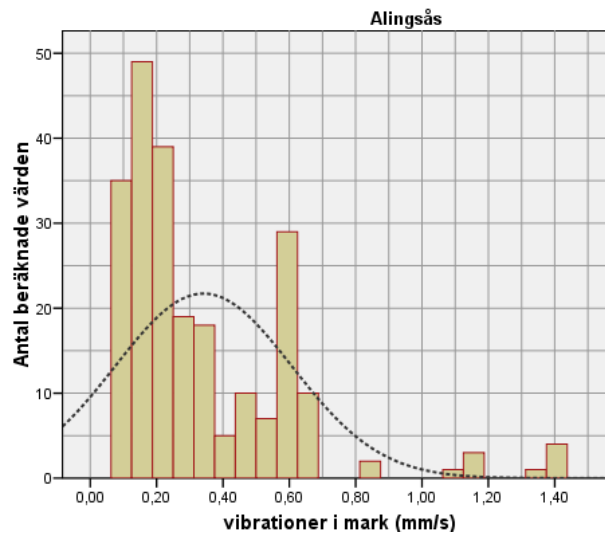
I områden med svaga vibrationer var sambandet mellan de olika bullermåtten 1,0 (Pearson korrelationskoefficient, r) förutom för L_{AFmax} som hade ett något svagare samband med övriga bullermått ($r = 0,961$). Sambanden mellan avstånd till järnvägen och de olika bullermåtten varierade mellan $r = -0,646$ ($L_{Aeq,06-18}$) och $r = -0,764$ (L_{AFmax}).

I områden med kraftiga vibrationer varierade sambanden mellan avstånd till järnvägen och olika bullermått mellan $r = -0,677$ ($L_{Aeq,06-18}$) och $r = -0,813$ ($L_{Aeq,18-22}$). Sambanden mellan de olika bullermåtten varierade mellan $r = 0,892$ och $r = 0,999$.

4.2 Beskrivning av vibrationsexponering

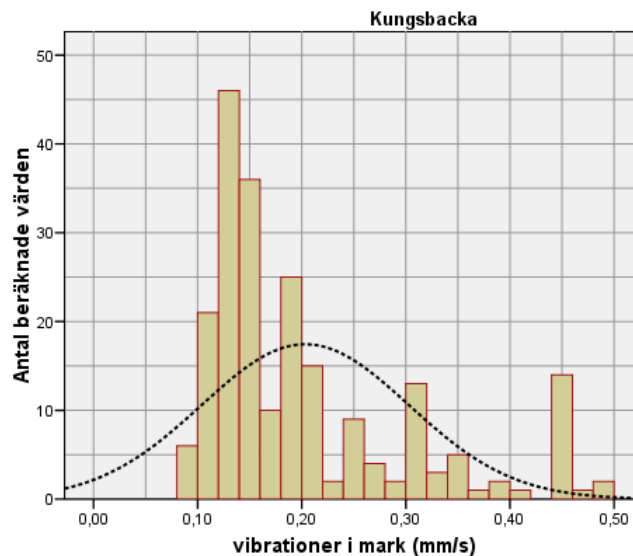
För varje deltagande persons bostad beräknades vibrationsnivå i mark utanför bostaden i de två områdena med starka vibrationer, Kungsbacka och Alingsås. Beräkningarna var baserade på mätningar vid 6 platser i Kungsbacka och 10 platser i Alingsås. De mätningar inne i hus som gjordes i Kungsbacka (4 st) stämde väl överens med mätningar i mark utanför huset varför beräkningar av vibrationsnivå inomhus gick att genomföra. Mätningar inne i hus i Alingsås var inte relaterade till vibrationsnivå i mark och det var inte möjligt att beräkna vibrationsnivå inomhus i hus i Alingsås. Se mätteknisk rapport Ögren & Jerson, 2010.

I Alingsås (figur 2) var vibrationsnivån i mark utanför de undersökta husen i medeltal 0,341 mm/s (SD=0,266, minvärde=0,11 och maxvärde=1,43 mm/s). En majoritet (70 %) av bostäderna hade vibrationsnivåer i mark under 0,4 mm/s och 1,0 mm/s överskreds endast för 4 % (9 st) av husen.



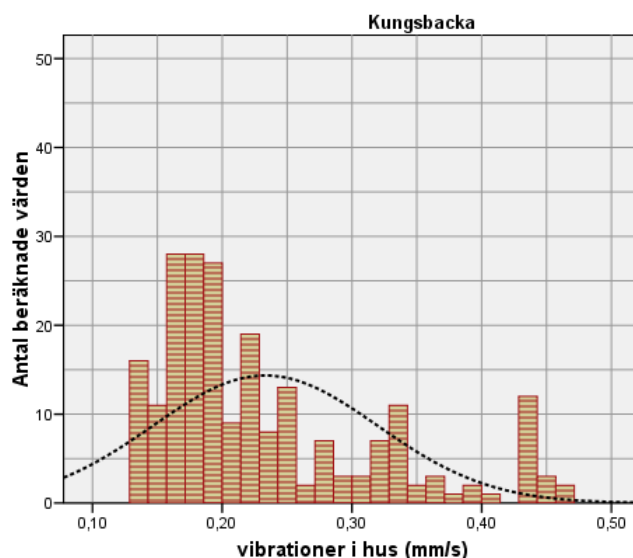
Figur 2. Vibrationsnivåer i mark i Alingsås angett som frekvens samt fördelningskurva (beräknat värde i mm/s), n=241.

I Kungsbacka (figur 3 nedan) var vibrationsnivåerna lägre, i medeltal 0,203 mm/s (SD=0,099, minvärde=0,10 och maxvärde=0,49 mm/s). En majoritet (75 %) av bostäderna i Kungsbacka hade vibrationsnivåer i mark under 0,25 mm/s och 8 % (18 bostäder) hade vibrationsnivåer över 0,4 mm/s.



Figur 3. Vibrationsnivåer i mark i Kungsbacka angett som frekvens samt fördelningskurva (beräknat värde i mm/s), n=218.

Beräknade vibrationsnivåer inne i hus i Kungsbacka visas i figur 4. Vibrationsnivåerna var något högre inomhus än utomhus i mark, genomsnittligt medelvärde 0,233 mm/s (SD=0,087, minvärde=0,13 och maxvärde=0,47). Tre fjärdedelar (75 %) av bostäderna i Kungsbacka hade vibrationsnivåer under 0,28 mm/s och 8 % (18 bostäder) hade vibrationsnivåer över riktvärdet 0,4 mm/s inne i huset.



Figur 4. Vibrationsnivåer i hus i Kungsbacka angett som frekvens samt fördelningskurva (beräknat värde i mm/s), n=218.

4.3 Beskrivning av undersökningspopulationen

Appendix 6 redovisar olika individkaraktistika som ålder, kön, civilstånd, ljudkänslighet, typ av försörjning samt utbildning m.m. för områden med svaga/inga respektive starka vibrationer. Medelåldern var 48 respektive 52 år och andelen kvinnor var 44 resp. 54 %. Majoriteten var sammanboende eller gifta (59 respektive 76 %). Andelen svarande med barn under 7 år var 12 resp. 15 % och andelen hushåll med barn/ungdom 7-17 år var 23 resp. 26 %. En femtedel resp. en tredjedel av personerna upplever sig som ganska eller mycket känsliga för ljud och buller. En majoritet (62 resp. 75 %) var anställda, hade eget företag eller studerade, övriga var pensionärer (förtids-, sjuk- eller ålderspensionär) eller tjänstlediga, arbetslösa, sjukskrivna eller annat. Varannan person hade utbildning kortare än 12 år och 20 resp. 38 % hade genomgått en universitetsutbildning i 3 år eller mer. Det förelåg signifikanta skillnader mellan områdena för några individfaktorer (ålder, könsfördelning, civilstånd och ljudkänslighet), se Appendix 6.

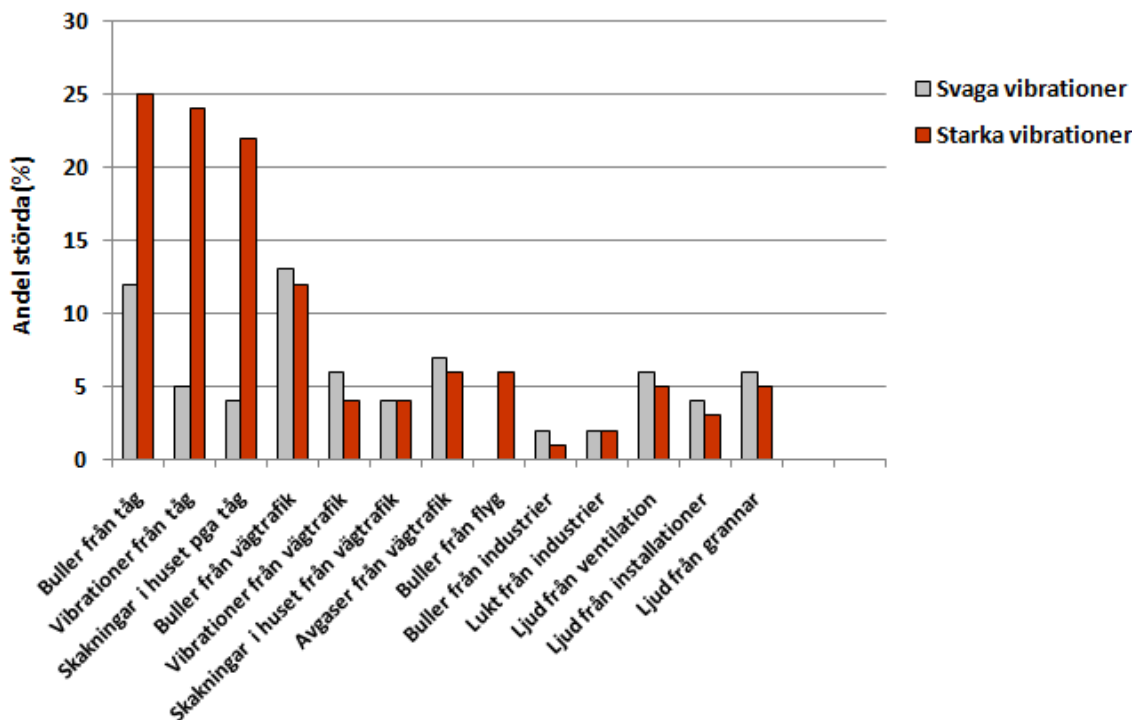
4.4 Beskrivning av bostädernas utformning

Bostadens utformning är av betydelse för olika upplevda effekter av buller från tåg- och vägtrafik. I Appendix 7 och 8 visas en beskrivning av bostaden och dess utformning indelat på områden med svaga respektive starka vibrationer.

Boendetiden var i genomsnitt 10 respektive 16 år och 50 respektive 74 % bodde i småhus. En tredjedel i resp. område bodde i hus byggda före 1941 och 25 resp. 16 % bodde i hus byggda efter 1975. En tredjedel i områden med svaga vibrationer hade 3-glasfönster mot varannan i områden med starka vibrationer. I båda områdena hade ca 15 % sovrumsfönster mot järnväg och 15 respektive 18 % hade balkong eller uteplats mot järnvägen. Tillgång till grönområden inom 400 m från bostaden var lika, 82 % i båda områdena.

4.5 Störning av olika olägenhetskällor

Enkäten innehöll frågor om störningar från vanligt förekommande olägenheter i ett bostadsområde som kan vara störande eller besvärande. Störningsskalan var en 6-gradig kategoriskala från "märker inte" till "störs oerhört mycket". Andelen personer som är "stödda" (ganska, mycket eller oerhört mycket störda) från olika källor redovisas i figur 5 för områden med svaga (grå staplar) och starka vibrationer (röda staplar). Resultatet visas även i tabellform i Appendix 9.



Figur 5 . Andel (%) personer som är störda (ganska, mycket eller oerhört mycket) hemma av olika olägenhetskällor för områden med svaga vibrationer (grå staplar) och områden med starka vibrationer (röda staplar).

Figuren visar att de olägenhetskällor som ger upphov till mest bullerstörningar är tåg och vägtrafik, 25 respektive 12 % i områden med starka vibrationer och 12 respektive 13 % i områden med svaga vibrationer. Vibrationsstörningar från tåg är omfattande i områden med starka vibrationer (24 % anger vibrationer och 22 % anger skakningar i huset) men vägtrafiken ger inte upphov till vibrationer som stör. I övrigt är det en låg andel som upplever sig störda av någon olägenhetskälla i de två undersökningsområdena.

4.6 Allmän störning av buller från tågtrafik

Två standardiserade frågor om störning av buller ingick i frågeformuläret. Frågorna hade följande formuleringar "Om du tänker på de senaste 12 månaderna, när Du befinner dig hemma, hur mycket störs eller besväras Du av buller från tåg": Svarsalternativen var "störs inte alls", "störs inte särskilt mycket", "störs ganska mycket", "störs mycket" och "störs oerhört mycket". I resultatredovisningen anges störning som andel som svarat att de störs ganska mycket, störs mycket eller störs oerhört mycket ("andel störda"). Dessutom ingick frågor om störning graderade från 0-10 om störning "hemma", störning "inomhus med stängt fönster", störning "inomhus med öppet fönster" samt störning "utomhus".

4.6.1 Samband mellan allmän störning av tågbuller och olika bullermått

I tabell 5 visas samband (Spearman's r_s) mellan störning av tågbuller och bullernivå mätt med olika bullerexponeringsmått samt samband mellan störning och avstånd till järnvägen.

Tabell 5. Korrelationskoefficienten (r_s) för samband på individnivå mellan allmän störning av tågbuller och exponering beräknad för olika bullermått samt avstånd till järnväg.

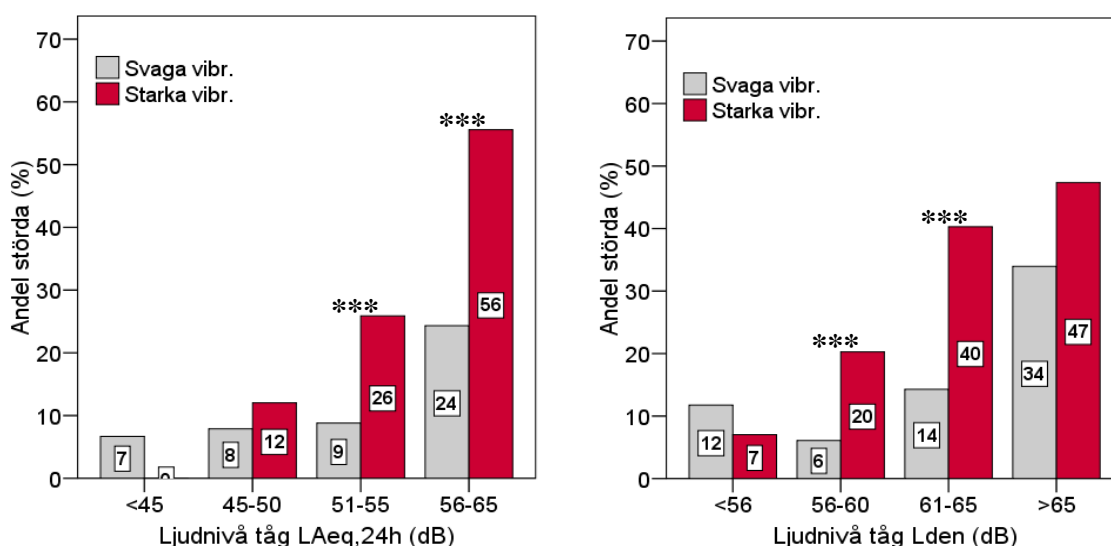
	$L_{Aeq,24h}$	L_{natt}	L_{den}	L_{AFmax}	Avstånd
Störning av tågbuller (störningsskala 1-5)	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s
Områden med svaga vibrationer	0,246	0,245	0,246	0,287	-0,367
Områden med starka vibrationer	0,418	0,412	0,416	0,434	-0,473

Sambanden är statistiskt signifikanta, $p < 0,01$.

Sambanden mellan störning och bullernivå mätt med olika exponeringsmått var statistiskt signifikanta i båda typerna av områden men betydligt högre i områden med starka vibrationer. Samband mellan avstånd till järnväg och störning av buller (r_s) var något bättre än sambanden mellan störning och bullernivå mätt med olika bullermått, särskilt i områden med svaga vibrationer.

4.6.2 Störning av tågbuller i relation till bullerexponering angett i $L_{Aeq,24h}$, L_{den} och L_{AFmax} samt avstånd till järnvägen

Jämförelser för störning av tågbuller (andel störda) mellan områden med svaga respektive starka vibrationer visas i figur 6 nedan för $L_{Aeq,24h}$ och L_{den} .

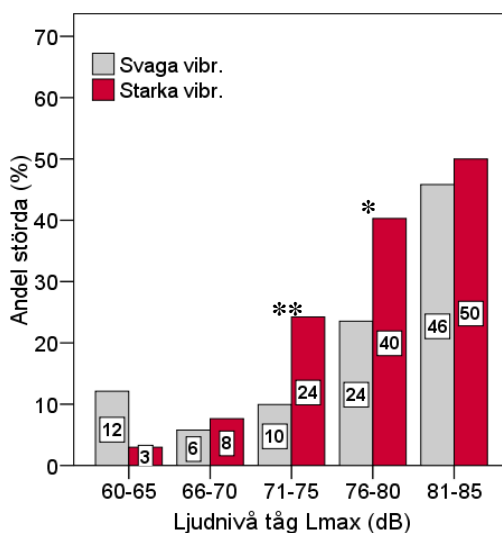


Figur 6. Andel störda (%) av buller från tågtrafik i relation till ljudnivå i $L_{Aeq,24h}$ (vänster) och i relation till ljudnivå i L_{den} (höger) i områden med svaga respektive starka vibrationer.

Andelen störda i områden med starka vibrationer ökar från 7 % vid nivån $L_{Aeq,24h} < 45$ dB till 56 % i den högsta bullerkategorin (56-65 dB). Störning av tågbuller är lägre i områden med svaga vibrationer (mellan 4 och 32 procentenheter lägre). Skillnaderna i störning mellan områdena är statistiskt signifikant i kategorierna 51-55 dB och 56-65 dB ($p < 0,001$). Se även Appendix 13 som visar resultat från logistisk regressionsanalys.

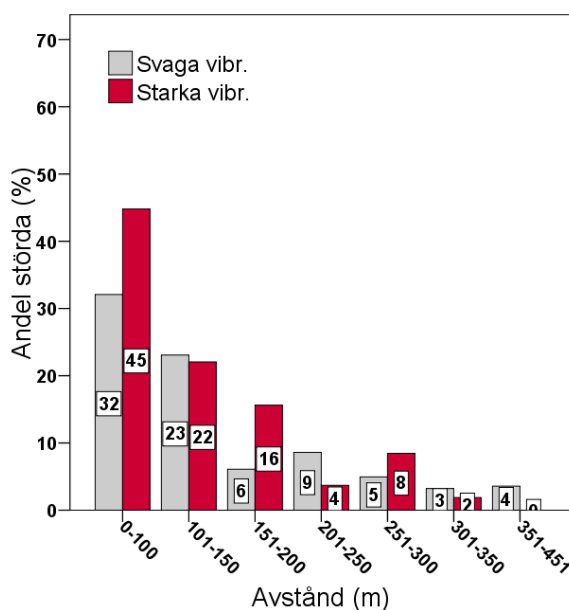
Då ljudnivån anges i L_{den} finns statistiskt säkerställda skillnader i störning mellan områden med starka respektive svaga vibrationer i L_{den} -kategorierna 56-60 och 61-65 ($p < 0,001$).

Vid de högsta L_{AFmax} -nivåerna (81-85 dB) är andelen störda lika i områden med svaga respektive starka vibrationer (46 respektive 50 % störda), se figur 7. Vid lägre L_{AFmax} -nivåer i kategorierna 71-75 och 76-80 dB är andelen störda signifikant högre i områden med kraftiga vibrationer ($p < 0,01$ respektive $p < 0,05$).



Figur 7. Andel störda (%) av buller från tågtrafik i relation till ljudnivå i L_{AFmax} i områden med svaga respektive starka vibrationer.

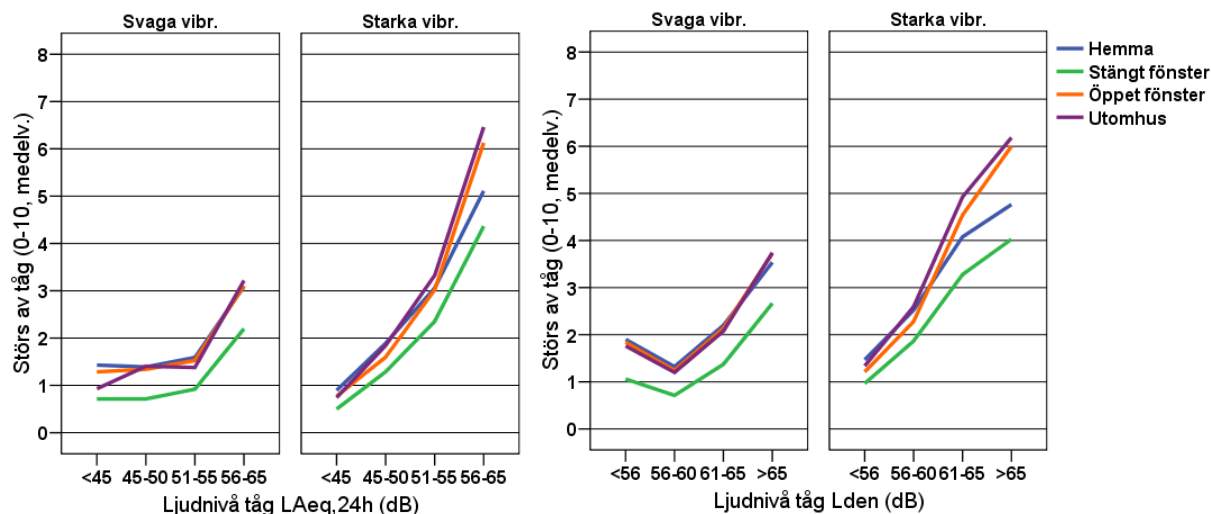
Andelen störda minskar med ökat avstånd till järnvägen i båda områdena (figur 8), men skillnader i störning mellan områdena varierar. Vid 101-150 m är störningen lika, ca 20 % störda, medan en högre andel är störda av buller i områdena med starka vibrationer närmast järnvägen (45 jämfört med 32 %) liksom på avståndet 151-200 m från järnvägen (16 respektive 6 % störda av buller). Skillnaderna är dock inte statistiskt signifikanta ($p = 0,06$).



Figur 8. Andel störda (%) av buller från tågtrafik i relation till avstånd till järnvägen i områden med respektive utan vibrationer.

4.7 Jämförelser mellan störning av tågbuller inomhus med stängt respektive öppet fönster samt störning utomhus

Störning av tågbuller inomhus och utomhus i relation till ljudnivå i $L_{Aeq,24h}$ och till L_{den} visas i figur 9 a och b.



Figur 9 a och b. Störning av buller (medelvärde, skala 0-10) hemma, inomhus med stängt respektive öppet fönster samt störning utomhus i områden med svaga vibrationer respektive starka vibrationer i relation till bullernivå i $L_{Aeq,24h}$ (Figur a: vänster) och i relation till bullernivå i L_{den} (figur b: höger).

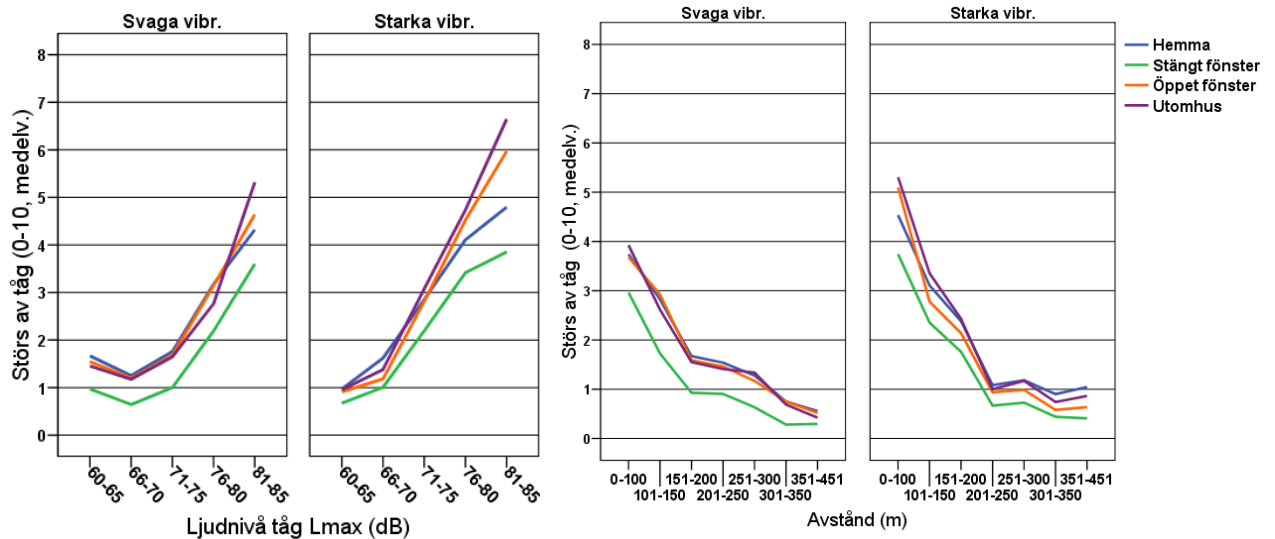
Inom respektive område bedöms störningen av tågbuller som i stort sett lika under förhållandena "hemma", "inne med öppet fönster" och "utomhus" medan störning inomhus med stängt fönster (grön kurva) anges av en avsevärt lägre andel.

Störning "hemma" (blå kurva) i kategorin med höga ljudnivåer i L_{den} (figur 9 b) är lägre än störning utomhus och störning inne med öppet fönster i områden med starka vibrationer.

Störning av tågbuller inomhus och utomhus i relation till ljudnivå i L_{AFmax} och avstånd till järnvägen visas i figur 10 a och b.

Figur 10 a och b visar lika relationer mellan de olika störningsskalorna för samband med L_{AFmax} respektive avstånd till järnvägen som för $L_{Aeq,24h}$ i figur 9 a. I områden med svaga vibrationer bedöms störningen av tågbuller som i stort sett lika under förhållandena "hemma", "inne med öppet fönster" eller "utomhus" medan störning inomhus med stängt fönster anges av en avsevärt lägre andel.

I områden med starka vibrationer är störningskurvan för "hemma" obetydligt lägre än störning med öppet fönster respektive störning utomhus.



Figur 10 a och b. Störning av buller (medelvärde, skala 0-10) hemma, inomhus med stängt respektive öppet fönster samt störning utomhus i områden med svaga vibrationer respektive starka vibrationer i relation till bullernivå i L_{AFmax} (figur a: vänster) och i relation till avstånd från järnvägen (figur b: höger).

4.8 Påverkan av tågbuller på olika aktiviteter inomhus och utomhus

Ett flertal frågor om påverkan av buller på olika aktiviteter ingick i frågeformuläret. Frågorna bestod av två delar och var formulerade som följer. "För det första (1) undrar vi Hur ofta Du anser att buller från tågtrafik stör på något sätt när Du befinner dig hemma. 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 adderades i ett summamått, som kan anta värden mellan 0 och 6. Personer med summamåttet >3 klassas som påverkade. De som har svarat "Ja ibland" i kombination med "ganska" eller "mycket störande/besvärande" har fått summamåttet 4 respektive 5. De som har svarat "Ja ofta" i kombination med "inte särskilt", "ganska" eller "mycket störande/besvärande" har fått summamåttet 4, 5 respektive 6.

4.8.1 Samband mellan påverkan av tågbuller på olika aktiviteter och olika bullermått

I tabell 6 visas samband (Spearman's r_s) mellan påverkan av tågbuller på olika aktiviteter och bullernivå beräknat med olika bullerexponeringsmått och avstånd till järnvägen. Eftersom L_{den} och $L_{Aeq,24h}$ är helt interkorrelerade visas inte samband för L_{den} och aktivitetspåverkan av buller i tabellerna.

Tabell 6. Korrelationskoefficienten (r_s) för samband på individnivå mellan olika aktivitetsstörningar av tågbuller inomhus med stängt fönster, med öppet fönster respektive utomhus och exponering beräknad för olika bullermått samt avstånd till järnväg.

Påverkan av tågbuller på olika aktiviteter:	Områden med svaga vibrationer			Områden med starka vibrationer		
	$L_{Aeq,24h}$	L_{AFmax}	Avstånd	$L_{Aeq,24h}$	L_{AFmax}	Avstånd
	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s
<i>Inomhus med stängt fönster:</i>						
Lyssna på radio/TV	0,20	0,22	-0,24	0,32	0,34	-0,41
Telefonsamtal	0,17	0,18	-0,24	0,24	0,25	-0,32
Samtal	0,15	0,17	-0,21	0,21	0,22	-0,31
Koncentration	0,07	0,10	-0,14	0,28	0,30	-0,33
Avkoppling	0,11	0,12	-0,13	0,29	0,31	-0,32
Svårt att ha fönster öppna	0,20	0,22	-0,24	0,35	0,34	-0,39
<i>Inomhus med öppet fönster:</i>						
Lyssna på radio/TV	0,27	0,31	-0,37	0,47	0,49	-0,55
Telefonsamtal	0,26	0,28	-0,36	0,38	0,40	-0,45
Samtal	0,27	0,31	-0,38	0,38	0,40	-0,44
Koncentration	0,15	0,17	-0,29	0,30	0,32	-0,33
Avkoppling	0,11	0,15	-0,20	0,35	0,39	-0,39
<i>Utomhus:</i>						
Samtal utomhus	0,31	0,34	-0,38	0,50	0,52	-0,54
Avkoppling utomhus	0,19	0,21	-0,24	0,42	0,44	-0,43
Vistelse utomhus	0,11	0,13	-0,13	0,29	0,32	-0,34

Spearman test r_s : p -värden högre än $r_s \pm 0,15$, $p < 0,001$; $r_s = \pm 0,13-0,14$, $p < 0,01$; $r_s = \pm 0,10-0,12$, $p < 0,05$.

Av tabellen framgår att sambanden mellan olika exponeringsmått och olika typer av aktivitetspåverkan var högre i områden med starka vibrationer (jfr korrelationen mellan "lyssna på radio/TV" och avstånd för områden med svaga vibrationer $r_s = -0,24$ respektive områden med starka vibrationer $r_s = -0,41$). Sambanden mellan påverkan på aktiviteter och de olika bullerexponeringsmått var genomgående högre för avstånd till järnvägen än för $L_{Aeq,24h}$ och L_{AFmax} . Samband mellan exponeringsmått och aktivitetspåverkan var högre i situationen inomhus med öppet fönster samt utomhus jämfört med inomhus med stängt fönster.

De aktiviteter som var mest påverkade av tågbuller var, som förväntat, aktiviteter som involverar lyssning och samtal. Att "lyssna på radio/TV", "telefonsamtal" och "svårt ha fönster öppna" hade högst samband med bullerexponeringsmått i båda undersökningsområdena. I områden med starka vibrationer var även sambanden mellan "koncentration", "avkoppling" och de olika bullermått relativt höga vilket inte var fallet i områden med svaga vibrationer.

4.8.2 Samband mellan påverkan av tågbuller på olika aktiviteter och olika mått på allmän störning av tågbuller

I tabell 7 visas samband (Spearman's r_s) mellan påverkan av tågbuller inomhus med stängt fönster för olika aktiviteter och allmän störning mätt med olika frågor.

Tabell 7. Korrelationskoefficienten (r_s) för samband på individnivå mellan olika aktivitetsstörningar av tågbuller inomhus med stängt fönster och olika mått på allmän störning för områden med svaga respektive starka vibrationer.

	Områden med svaga vibrationer			Områden med starka vibrationer		
	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning stängt fönster (0-10)	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning stängt fönster (0-10)
<i>Störning inomhus (summamått 0-6) med stängt fönster av:</i>	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s
Lyssna på radio/TV	0,43	0,45	0,49	0,50	0,52	0,57
Telefonsamtal	0,35	0,36	0,41	0,44	0,46	0,50
Samtal	0,38	0,39	0,40	0,44	0,46	0,50
Koncentration	0,39	0,40	0,45	0,55	0,56	0,57
Avkoppling	0,42	0,45	0,50	0,57	0,59	0,60
Svårt att ha fönster öppna	0,45	0,50	0,48	0,54	0,52	0,59

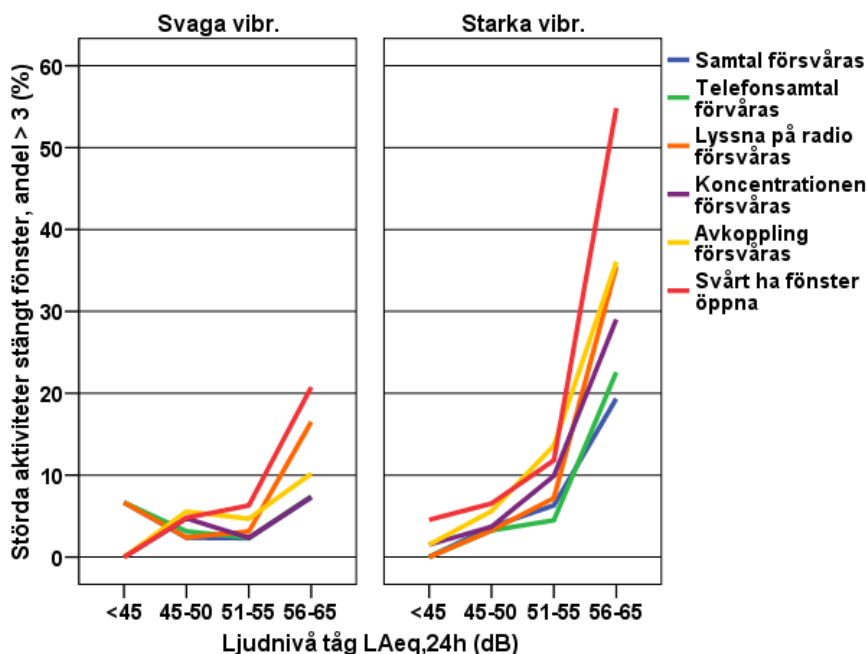
Spearman's test r_s : Samtliga korrelationer signifikanta, $p < 0,001$.

Samband mellan allmän störning och påverkan på olika aktiviteter är högre än samband mellan bullerexponering och påverkan på aktiviteter (se tabell 6 sid 24). De olika måtten på allmän störning är högt korrelerade med varandra vilket gör att det inte föreligger några stora skillnader i samband mellan olika störningsmått och påverkan på aktiviteter. I båda undersökningsområdena är dock sambanden (som förväntat) något högre för störning inomhus med stängt fönster skala 0-10, $r_s=0,40-0,50$ i områden med svaga vibrationer och $r_s=0,50-0,60$ i områden med starka vibrationer.

I Appendix 10 visas även samband mellan allmän störning och aktivitetspåverkan inomhus med öppet fönster samt utomhus. Dessa samband är högre än för inomhusförhållanden med stängt fönster (jfr. samtal stängt fönster $r_s=0,50$, öppet fönster $r_s=0,64$ samt $r_s=0,73$ för utomhusförhållanden i områden med starka vibrationer).

4.8.3 Påverkan av tågbuller vid olika aktiviteter inomhus med stängt fönster

Påverkan av tågbuller på olika dagliga aktiviteter inomhus med stängt fönster vid olika bullernivåer visas i figur 11.



Figur 11. Andel (%) personer som har summamåttet >3 för påverkan av tågbuller med stängt fönster vid olika aktiviteter på dagen i relation till bullernivå från tåg, $L_{Aeq,24h}$.

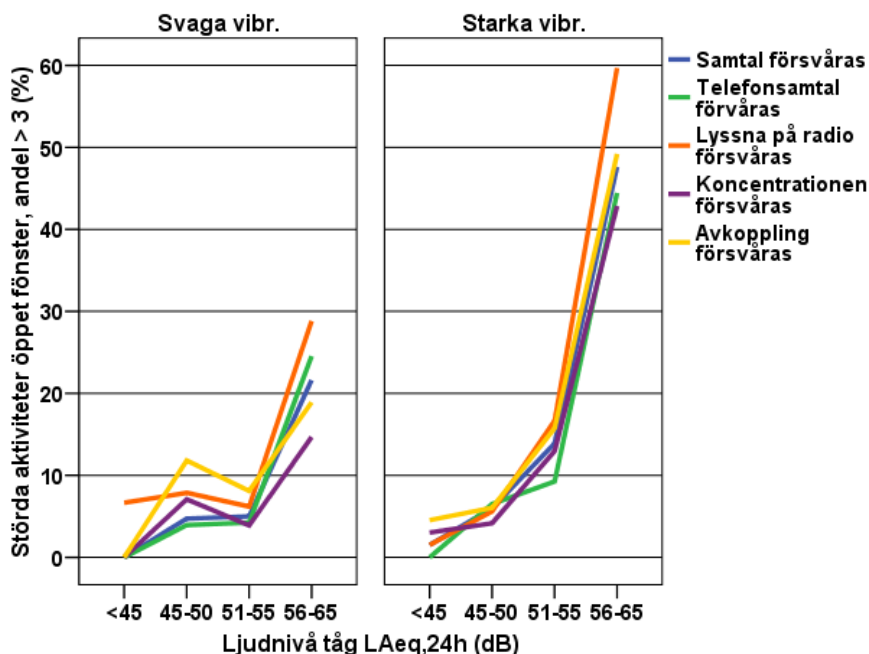
Figur 11 och tabell 8 visar att de mest påverkade aktiviteterna inomhus med stängt fönster är svårt att ha fönster öppna och att lyssna på radio/TV, men det är bara vid de högsta ljudnivåerna i områden med svaga vibrationer som 10 % eller fler anger att tågbuller påverkar dessa aktiviteter. I områden med starka vibrationer påverkas även koncentration och avkoppling i betydande omfattning, särskilt i den högsta ljudnivåkategorin ($L_{Aeq,24h}$ 56-65 dB).

Tabell 8. Andel (%) personer, som har summamåttet >3 för påverkan av tågbuller inomhus med stängt fönster vid olika aktiviteter i relation till bullernivå från tåg, $L_{Aeq,24h}$ i områden med svaga respektive starka vibrationer.

	Områden med svaga vibrationer				Områden med starka vibrationer			
	< 45dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB	< 45dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB
<i>Störning (andel med påverkan >3) av:</i>								
Lyssna på radio/TV	7	2	3	17	0	3	7	35
Samtal	7	2	2	7	0	4	6	19
Telefonsamtal	7	3	2	7	0	3	5	23
Koncentration	0	5	2	7	2	4	10	29
Avkoppling	0	6	5	10	2	6	14	36
Svårt öppna fönster	0	5	6	21	5	7	12	55

4.8.4 Påverkan av tågbuller vid olika aktiviteter inomhus med öppet fönster

Påverkan av tågbuller på olika dagliga aktiviteter inomhus med öppet fönster vid olika bullernivåer visas i figur 12.



Figur 12. Andel (%) personer som har summamåttet >3 för påverkan av tågbuller med öppet fönster vid olika aktiviteter på dagen i relation till bullernivå från tåg, $L_{Aeq, 24h}$.

I situationen inomhus med öppet fönster (se figur 12 och tabell 9) påverkas inte bara lyssningsaktiviteter, även koncentration och avkoppling är påverkade för mer än 10 % vid de högsta ljudnivåerna i områden med svaga vibrationer.

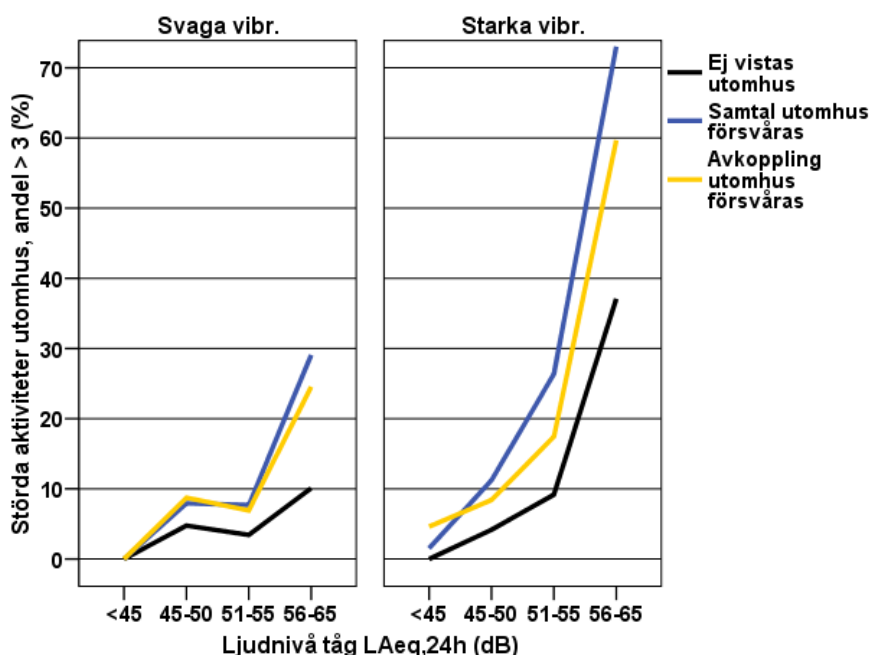
I områden med starka vibrationer påverkas ungefär dubbelt så många vid öppet fönster jämfört med vid stängt fönster i den högsta ljudnivåkategorin (jfr t.ex. 60 % störda då man lyssnar på radio/TV jämfört med 35 % då fönstret är stängt, se även tabell 8).

Tabell 9. Andel (%) personer som har summamåttet >3 för påverkan av tågbuller inomhus med öppet fönster vid olika aktiviteter i relation till bullernivå från tåg, $L_{Aeq, 24h}$ i områden med svaga respektive starka vibrationer.

	Områden med svaga vibrationer				Områden med starka vibrationer			
	< 45dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB	< 45dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB
<i>Störning (andel med påverkan >3) av:</i>								
Lyssna på radio/TV	7	8	6	29	2	6	17	60
Samtal	0	5	5	22	2	6	14	48
Telefonsamtal	0	4	4	25	0	7	9	44
Koncentration	0	7	4	15	3	4	13	43
Avkoppling	0	12	8	19	5	6	16	49

4.8.5 Påverkan av tågbuller på olika aktiviteter utomhus

Påverkan av tågbuller på olika dagliga aktiviteter utomhus vid olika bullernivåer visas i figur 13.



Figur 13. Andel (%) personer som har summamättet >3 för påverkan av tågbuller vid olika aktiviteter utomhus i relation till bullernivå från tåg, $L_{Aeq, 24h}$.

Utomhus vid bostaden påverkas både samtal och avkoppling av mer än 10 % först vid ljudnivåer över $L_{Aeq,24h}$ 55 dB i områden med svaga vibrationer.

I områden med starka vibrationer är en relativt hög andel störda under samtal och avkoppling vid ljudnivåer mellan $L_{Aeq,24h}$ 51 och 55 dB och vid nivåer över 55 dB är en majoritet störda (73 % störs vid samtal, 60 % anger att avkoppling försvåras medan 37 % anger att tågbuller påverkar hur gärna de vistas utomhus nära bostaden).

Tabell 10. Andel (%) personer som har summamättet >3 för påverkan av tågbuller vid olika aktiviteter utomhus i relation till bullernivå från tåg, $L_{Aeq, 24h}$ i områden med svaga respektive starka vibrationer.

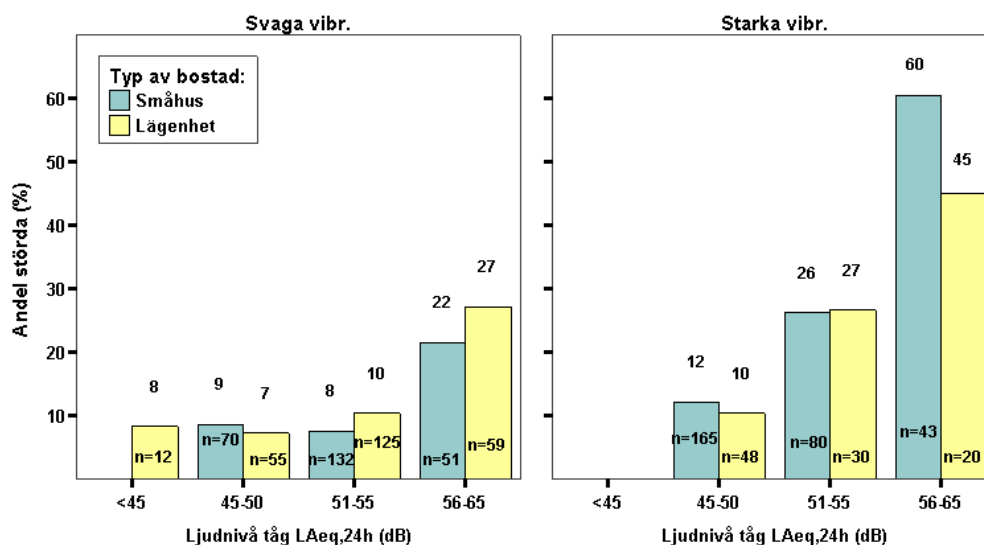
	Områden med svaga vibrationer				Områden med starka vibrationer			
	< 45dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB	< 45dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB
<i>Störning (andel med påverkan >3) av:</i>								
Samtal	0	8	8	29	2	11	26	73
Avkoppling	0	9	7	25	5	8	17	60
Vistelse utomhus	0	5	3	10	0	4	9	37

4.9 Bostadens utformning och allmän störning av tågbuller

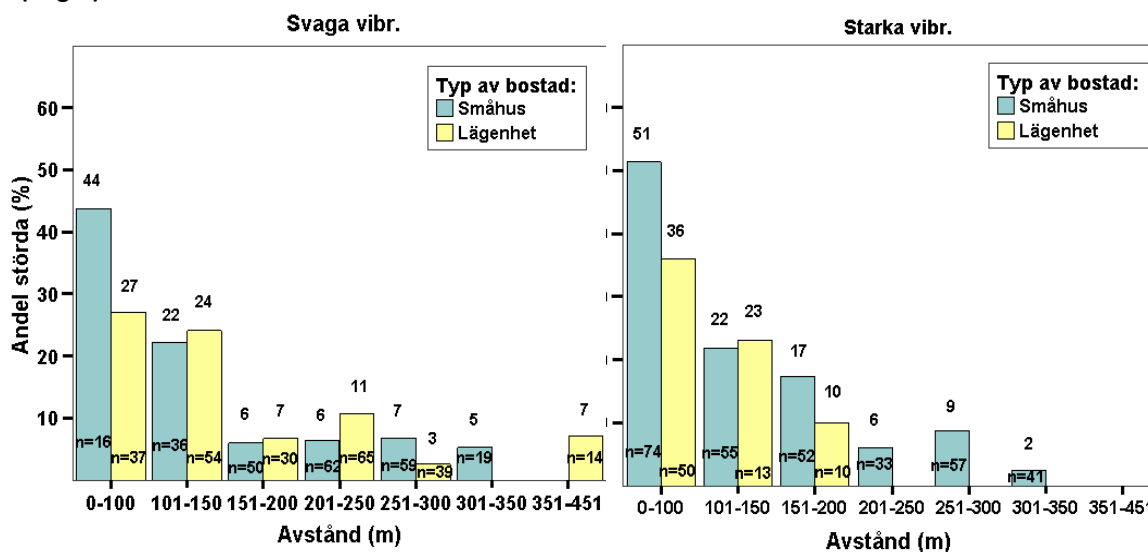
I det följande redovisas jämförande resultat för allmän störning av tågbuller indelat på typ av bostad (flerfamiljshus respektive småhus), vilket år fastigheten är byggd (före 1941, 1942-1975 respektive efter 1975) samt fönstertyp i bostaden (2-glas respektive 3-glas).

4.9.1 Störning av tågbuller i småhus respektive flerfamiljshus

Andelen som störs av tågbuller är ungefär lika i småhus och i flerfamiljshus i områden med svaga vibrationer (figur 14, vänster). I områden med starka vibrationer (figur 14, höger) var en något högre andel av de som bor i småhus störda av tågbuller vid ljudnivåer över $L_{Aeq,24h}$ 55 dB (60 % jämfört med 45 %) men skillnaden var inte statistiskt signifikant ($p > 0,05$). Se även figur 15 nedan som visar samband mellan störning av tågbuller i respektive hustyp och avstånd till järnvägen.



Figur 14. Andel som är störda (%) av tågbuller i småhus respektive lägenhet i flerfamiljshus i relation till ljudnivå från tåg i områden med svaga vibrationer (vänster) samt i områden med starka vibrationer (höger).



Figur 15. Andel som är störda (%) av tågbuller i småhus respektive lägenhet i flerfamiljshus i relation till avstånd till järnväg i områden med svaga vibrationer (vänster) samt i områden med starka vibrationer (höger).

4.9.2 Störning av tågbuller i bostäder byggda under olika tidsperioder

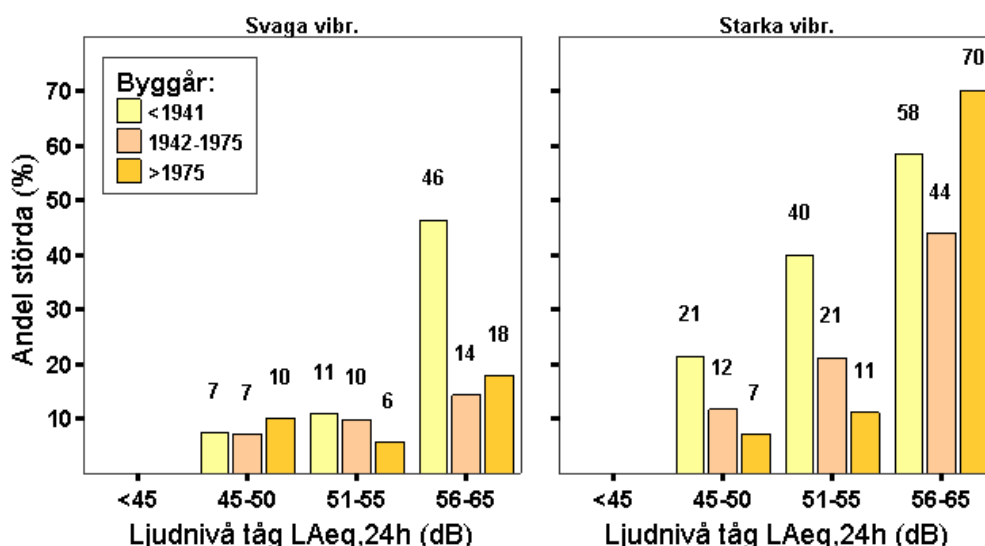
Samband mellan störning av tågbuller och husets ålder visas i figur 16 nedan. Som framgår av tabell 11 nedan var antalet nyare hus byggda efter 1975 litet i områden med starka vibrationer och ljudnivåer över $L_{Aeq,24h}$ 50 dB (15 % av boende i områden med svaga vibrationer och 4 % i områden med starka vibrationer angav att de inte visste när huset var byggt.)

Tabell 11. Antal boende i hus byggda under olika tidsperioder för olika ljudnivåkategorier i $L_{Aeq,24h}$ i områden med svaga och starka vibrationer.

Huset byggt år:	Områden med svaga vibrationer				Områden med starka vibrationer			
	<45 dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB	<45 dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB
före 1941	6	27	83	28	34	42	35	24
1942-1975	1	56	63	28	17	120	52	25
efter 1975	5	20	70	29	11	42	9	10

I områden med svaga vibrationer (Törebooda och Falköping) var andelen som stördes av tågbuller lika oavsett vilket år huset de bodde i var byggt med undantag för äldre hus byggda före 1941 med höga ljudnivåer utomhus (46 % störda jämfört med 14 respektive 18 % i bostäder byggda senare), figur 16 (vänster).

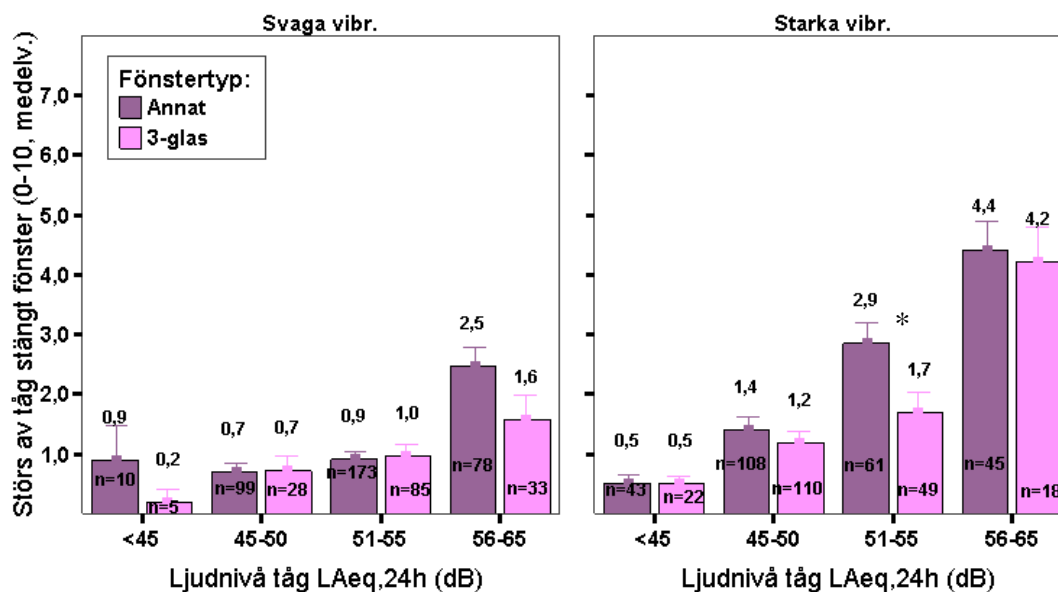
I områden med starka vibrationer (Alingsås och Kungsbacka) fanns ett samband mellan andel som stördes av tågbuller och årtal då huset är byggt (figur 16 nedan). De som bor i de senast byggda husen var mindre störda av tågbuller än de som bor i äldre hus inom ljudnivåkategorierna $L_{Aeq,24h}$ 45-50 och 51-55 dB. Personer som bor i hus byggda efter 1975 i områden med de högsta ljudnivåerna, $L_{Aeq,24h}$ 56-65 dB, var mer störda av tågbuller än de som bor i hus byggda tidigare. Sålunda anger 70 % av dem som bor i de nyaste husen att de är störda av tågbuller jämfört med 58 % i hus byggda före 1941 och 44 % i hus byggda mellan 1942 och 1975. Antalet boende i hus byggt efter 1975 var dock för litet (endast 9 i kategorin 51-55 dB och 10 i kategorin 56-65 dB, se tabell 11 ovan) för att några slutsatser ska kunna dras.



Figur 16. Andel som är störda (%) av tågbuller i hus byggda före 1941, mellan 1942-1975 och efter 1975 i relation till ljudnivå från tåg i områden med svaga vibrationer (vänster) samt i områden med starka vibrationer (höger).

4.9.3 Störning av tågbuller i bostäder med 3-glasfönster respektive 2-glasfönster

Samband mellan störning av tågbuller (medelvärde störning inomhus med stängt fönster) och typ av fönster i bostaden visas i figur 17 nedan. Totalt var det endast 6 respektive 7 % som inte kände till fönstertyp i sin bostad i respektive område och dessa har därför sammanförts i kategorin "annat" tillsammans med 2-glasfönster. Andelen som har 3-glasfönster (se Appendix 7) är något lägre i områden med svaga vibrationer (34 %) än i områden med starka vibrationer (53 %). Den grupp som angett att de har 3-glasfönster i sin bostad kan även ha angett att de har 2-glasfönster i något rum.

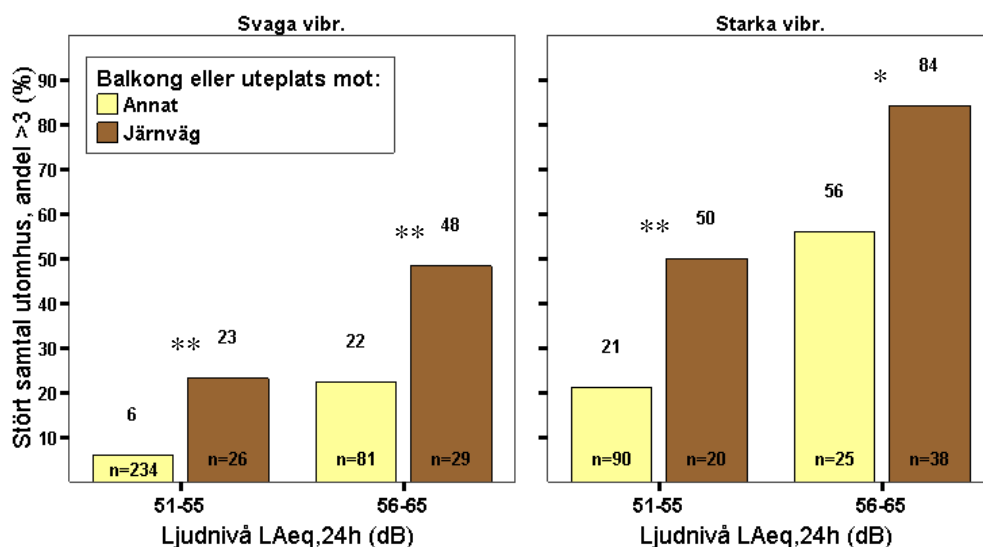


Figur 17. Störning av tågbuller inomhus med stängt fönster (medelvärde) i hus som har 3-glas fönster eller annan fönstertyp i relation till ljudnivå från tåg i områden med svaga vibrationer (vänster) samt i områden med starka vibrationer (höger).

Störning av tågbuller inomhus med stängt fönster är låg i områden med svaga vibrationer och det finns inga skillnader i störning beroende på fönstertyp (figur 17, vänster). I områden med starka vibrationer (figur 17, höger) är störningen högre bland boende som inte har 3-glasfönster vid ljudnivåer över $L_{Aeq,24h}$ 45 dB men det är endast vid nivåer mellan 51-55 dB som skillnaden är statistiskt signifikant ($p < 0,05$).

4.10 Bostadens utformning och påverkan av tågbuller på olika aktiviteter utomhus

De allra flesta hade tillgång till egen eller allmän uteplats och ca hälften hade balkong men en relativt liten andel hade uteplats/balkong vänd mot järnvägen (mellan 5 och 13 %). I figur 18 nedan visas hur samtal utomhus påverkas av tågbuller beroende på om balkong eller uteplats vetter mot järnväg eller mot annat (dvs. mindre gata, gård samt större gata eller trafikled håll). Resultaten visas för ljudnivåer över 50 dB och uppdelat på två ljudnivåkategorier (51-55 och 56-65 dB) för områden med svaga respektive starka vibrationer.



Figur 18. Andel (%) med summamåttet >3 för påverkan av tågbuller på samtal utomhus i relation till balkongens/uteplatsens läge till järnvägen samt ljudnivå från tåg ($L_{Aeq,24h}$) för områden med svaga vibrationer (vänster figur) och starka vibrationer (höger figur).

Figurerna visar att det är viktigt att balkong och uteplats inte vetter direkt mot järnvägen. Andelen som angett att samtal utomhus störs av tågbuller är högre då uteplats/balkong vetter mot järnvägen. Endast mellan ca en fjärdedel till hälften så hög andel anger att samtal påverkas negativt av tågbuller om balkong/uteplats vetter mot "annat håll" än mot järnvägen.

Skillnaderna i upplevd samtalsstörning av tågbuller mellan de som har uteplats/balkong på samma sida som järnvägen och de som har sin uteplats/balkong åt annat håll är statistiskt signifikanta ($p < 0,01$) i områden med svaga vibrationer och i områden med starka vibrationer ($p < 0,01$ vid lägre ljudnivåer och $p < 0,05$ vid högre ljudnivåer).

Motsvarande samband för upplevd störning av tågbuller på avkoppling på balkong/uteplats och upplevd påverkan på utevistelse visas i Appendix 11. Resultaten för avkoppling överensstämmer med resultat för samtalsstörning men skillnaderna är inte statistiskt signifikanta för områden med starka vibrationer. Utevistelse påverkas inte i lika hög grad av tågbuller eller uteplatsens läge.

4.11 Påverkan av tågbuller på sömnen

Påverkan av tågbuller på sömnen utvärderades med 4 frågor (påverkan på möjligheten att sova med öppet fönster, insomning, väckning samt påverkan på sömnkvalitet). Frågorna bestod av två delar och var formulerade som följer. "För det första (1) undrar vi Hur ofta Du anser att buller från tågtrafik stör på något sätt när Du befinner dig hemma. 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 adderades i ett summamått som kan anta värden mellan 0 och 6. Personer med summamåttet >3 klassas som påverkade. De som har svarat "Ja ibland" i kombination med "ganska" eller "mycket störande/besvärande" har fått summamåttet 4 respektive 5. De som har svarat "Ja ofta" i kombination med "inte särskilt", "ganska" eller "mycket störande/besvärande" har fått summamåttet 4, 5 respektive 6.

Förekomst av olika sömnstörningar redovisas i relation till ljudnivå från tåg angett som L_{natt} , dvs. ekvivalent ljudnivå kl. 22-06, se nedanstående tabell som redovisar antal personer i varje ljudnivåkategori för de olika undersökningsområdena.

Tabell 12. Undersökningspopulation – antal personer i olika ljudnivåkategorier för L_{natt} .

Antal personer per ljudnivåkategori i L_{natt}					
	< 50 dB	50-54dB	55-59dB	60-65dB	Totalt
Områden med svaga vibrationer:					
Töreboda	40	96	54	26	216
Falköping	33	187	65	20	305
Totalt	73	283	119	46	521
Områden med starka vibrationer:					
Kungsbacka	101	75	28	14	218
Alingsås	118	69	30	24	241
Totalt	219	144	58	38	459

4.11.1 Samband mellan påverkan av tågbuller på sömnen och olika bullermått

I tabell 13 visas samband (Spearman's r_s) mellan påverkan av tågbuller på sömnen vid öppet sovrumsfönster och bullernivå mätt med olika bullerexponeringsmått (L_{natt} , L_{AFmax} samt avstånd till järnvägen). Vid öppet fönster är sambanden mellan sömnstörningar och olika bullerexponeringsmått genomgående låga i områden med svaga vibrationer, de högsta sambanden finns mellan försämrad sömnkvalitet och avstånd till järnvägen (-0,24). I områden med starka vibrationer är sambanden mellan sömnstörning och olika bullermått höga och statistiskt signifikanta.

Motsvarande samband mellan sömnstörningar och olika exponeringsmått för en situation med stängt sovrumsfönster (nedre delen av tabell 13) var genomgående lägre än i en situation med öppet sovrumsfönster i områden med svaga vibrationer. T.ex. var sambandet mellan svårt att somna och avstånd till järnvägen r_s -0,13 vid stängt fönster och r_s -0,18 vid öppet fönster. I områden med starka vibrationer var sambanden mellan olika sömnstörningar och exponeringsmått höga och statistiskt signifikanta även vid stängt sovrumsfönster.

Tabell 13. Korrelationskoefficienten (r_s) för samband på individnivå mellan olika sömnstörningar av tågbuller inomhus med öppet respektive stängt sovrumsfönster och bullerexponering beräknad för olika bullermått samt avstånd till järnväg i områden med svaga vibrationer.

	Områden med svaga vibrationer			Områden med starka vibrationer		
	L_{natt}	L_{AFmax}	Avstånd	L_{natt}	L_{AFmax}	Avstånd
	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s
Sovrumsfönster <u>öppet</u>						
<i>Störs (summamått 0-6):</i>						
Svårt att somna	0,10	0,12	- 0,18	0,36	0,35	-0,43
Väcks	<u>0,09</u>	0,10	- 0,20	0,35	0,38	-0,41
Sämre sömnkvalitet	0,15	0,17	- 0,24	0,35	0,37	-0,41
<i>Index sömnstörning (summa svårt somna, väcks, sömnkvalitet)</i>	<u>0,09</u>	0,11	-0,20	0,34	0,36	-0,42
Sovrumsfönster <u>stängt</u>						
<i>Störs (summamått 0-6):</i>						
Svårt att somna	<u>0,04</u>	<u>0,06</u>	-0,13	0,28	0,27	-0,35
Väcks	<u>0,07</u>	<u>0,07</u>	-0,12	0,29	0,31	-0,34
Sämre sömnkvalitet	<u>0,07</u>	<u>0,08</u>	-0,11	0,28	0,30	-0,32
Svårt ha fönster öppet	0,13	0,16	- 0,20	0,37	0,38	-0,41
<i>Index sömnstörning (summa svårt somna, väcks, sömnkvalitet)</i>	<u>0,07</u>	<u>0,08</u>	-0,15	0,31	0,33	-0,36

Spearman's test: $r_s \pm 0,15$ och högre, $p < 0,001$; $r_s \pm 0,13 - 0,14$, $p < 0,01$; $r_s \pm 0,10 - 0,12$, $p < 0,05$. Ej statistiskt signifikanta samband ($p > 0,05$) är understruckna i tabellen.

4.11.2 Samband mellan påverkan av tågbuller på sömnen och olika mått på allmän störning av tågbuller

Tabell 14 och 15 nedan visar samband mellan olika sömnstörningsmått och olika mått på allmän störning mätt med 5-gradig kategoriskala respektive numeriska skalor 0-10. Oavsett mått på allmän störning är sambanden med olika sömnvariabler höga och statistiskt signifikanta. I en situation med stängt sovrumsfönster (tabell 14) är sambanden något högre i områden med starka vibrationer (jämför t.ex. störning stängt fönster och svårt att somna, $r_s = 0,46$ respektive 0,55).

Tabell 14. Korrelationskoefficienten (r_s) för samband på individnivå mellan olika sömnstörningar av tågbuller inomhus med stängt sovrumsfönster och mått för allmän störning.

	Områden med svaga vibrationer			Områden med starka vibrationer		
	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning stängt fönster (0-10)	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning stängt fönster (0-10)
Sovrumsfönster <u>stängt</u>:						
<i>Störs (summamått 0-6):</i>						
Svårt att somna	0,40	0,44	0,46	0,49	0,52	0,55
Väcks	0,42	0,45	0,45	0,54	0,58	0,62
Sämre sömnkvalitet	0,41	0,43	0,45	0,55	0,58	0,62
Svårt ha fönster öppet	0,49	0,54	0,50	0,58	0,57	0,59
<i>Index sömnstörning (summa svårt somna, väcks, sömnkvalitet)</i>	0,47	0,49	0,50	0,58	0,62	0,67

Spearman's test: Samtliga samband är signifikanta, $p < 0,001$.

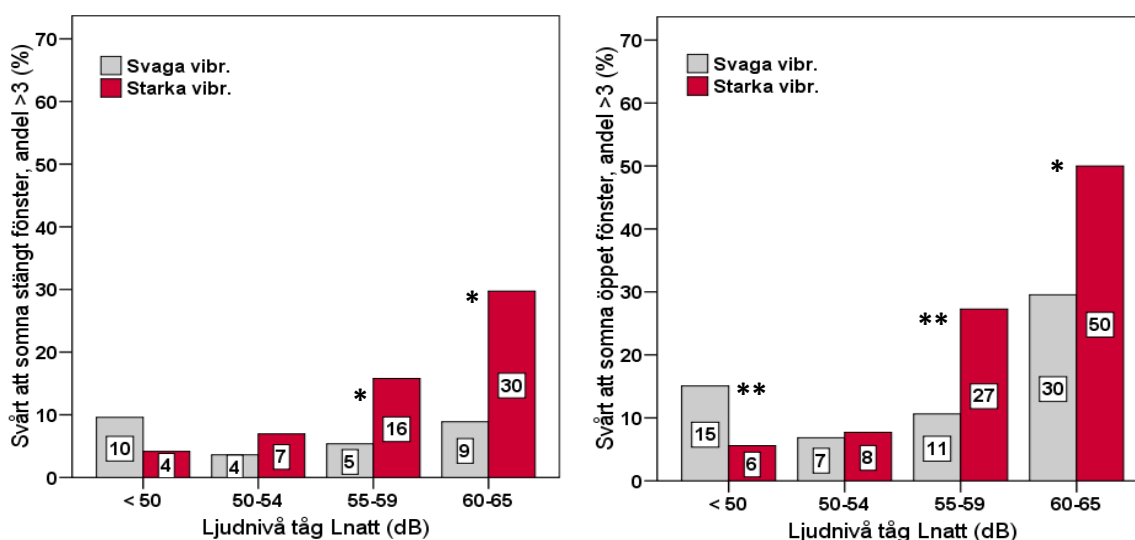
I en situation med sovrumsfönstret öppet (tabell 15) är sambanden mellan störning och sömnstörningar högre än vid en situation med stängt fönster och oavsett mått på allmän störning är sambanden med olika sömnvariabler höga och statistiskt signifikanta. Sambanden är likartade i områden med svaga respektive starka vibrationer.

Tabell 15. Korrelationskoefficienten (r_s) för samband på individnivå mellan olika sömnstörningar av tågbuller inomhus med öppet sovrumsfönster och mått för allmän störning.

	Områden med svaga vibrationer			Områden med starka vibrationer		
	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning Öppet fönster (0-10)	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning öppet fönster (0-10)
Sovrumsfönster <u>öppet</u>:	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s
<i>Störs (summamått 0-6):</i>						
Svårt att somna	0,48	0,55	0,58	0,55	0,56	0,63
Väcks	0,45	0,51	0,54	0,59	0,61	0,67
Sämre sömnkvalitet	0,45	0,51	0,53	0,58	0,60	0,64
<i>Index sömnstörning (summa svårt somna, väcks, sömnkvalitet)</i>	<i>0,50</i>	<i>0,56</i>	<i>0,60</i>	<i>0,61</i>	<i>0,63</i>	<i>0,69</i>

Spearman's test: Samtliga samband är signifikanta, $p < 0,001$.

De fyra frågorna som berör tågbullrets påverkan på sömnen vid stängt och öppet fönster visas i figurerna 19 till 23 och i tabellerna 16 till 18 i relation till ljudnivå nattetid kl. 22-06 (L_{natt}) för områden med starka respektive svaga vibrationer.



Figur 19. Andel (%) personer som har summamåttet >3 för påverkan av tågbuller på insomning i relation till bullernivå från tåg (L_{natt}) i områden med svaga resp. starka vibrationer vid stängt (vänster) och öppet fönster (höger).

Andelen med svårigheter att somna p.g.a. tågbuller ökade med ökad ljudnivå i områden med starka vibrationer från 4 % till 30 % vid stängt sovrumsfönster och från 6 % till 50 % vid öppet sovrumsfönster. I områden med svaga vibrationer fanns ingen ökning i svårigheter att somna med sovrumsfönstret stängt, men med fönstret öppet hade var 3:e person svårt att somna p.g.a. tågbuller vid de högsta ljudnivåerna (L_{natt} 60-65 dB).

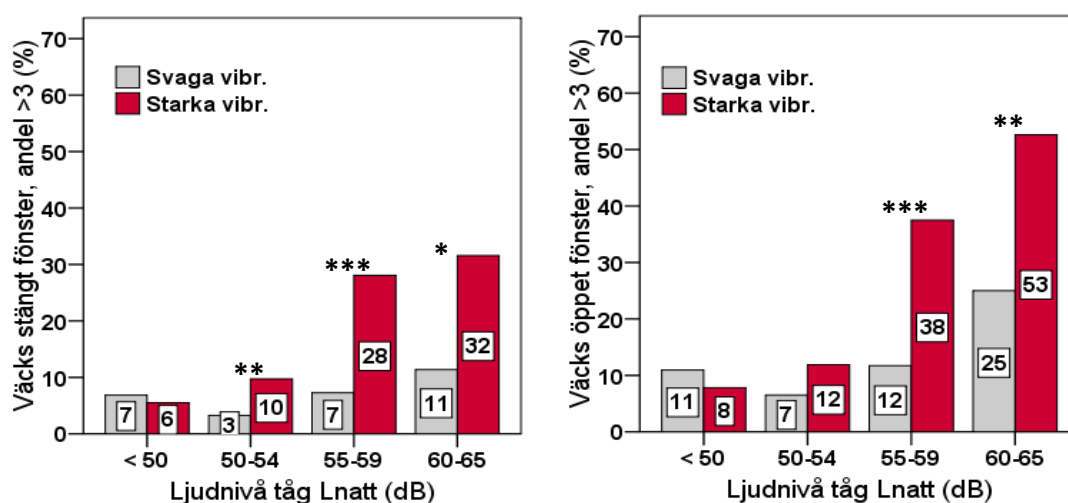
Signifikanta skillnader mellan de två områdena för svårt att somna p.g.a. tågbuller med stängt fönster föreligger vid ljudnivåer mellan 55-59 och 60-65 dB ($p<0,05$) och med öppet fönster vid <50 dB, mellan 55-59 dB ($p<0,01$) samt mellan 60-65 dB ($p<0,05$).

Skillnaderna i insomningssvårigheter var stora mellan stängt och öppet fönster (tabell 16) i båda undersökningsområdena vid ljudnivåer över L_{natt} 54 dB (jfr. 5 respektive 11 % och 16 respektive 27 % i området med svaga respektive starka vibrationer).

Tabell 16. Andel (%) med summamåttet >3 för svårt att somna på grund av tågbuller vid stängt resp. öppet fönster vid olika ljudnivåer, L_{natt} i områden med svaga respektive starka vibrationer.

	<50 dB		50-54 dB		55-59 dB		60 – 65 dB	
	stängt	öppet	stängt	öppet	stängt	öppet	stängt	öppet
Områden med svaga vibrationer	10	15	4	7	5	11	9	30
Områden med starka vibrationer	4	6	7	8	16	27	30	50

Andelen som väcktes p.g.a. tågbuller ökade med ökad ljudnivå i områden med starka vibrationer från 6 till 32 % vid stängt sovrumsfönster och från 8 till 53 % vid öppet sovrumsfönster (figur 20 nedan). I områden med svaga vibrationer fanns ingen ökning i uppvaknanden p.g.a. tågbuller med sovrumsfönstret stängt men med fönstret öppet angav var 4:e person att de väcktes av tågbuller vid de högsta ljudnivåerna (L_{natt} 60-65 dB).



Figur 20. Andel (%) personer som har summamåttet >3 för väcks p.g.a. tågbuller i relation till bullernivå från tåg (L_{natt}) i områden med svaga resp. starka vibrationer vid stängt (vänster) och öppet fönster (höger).

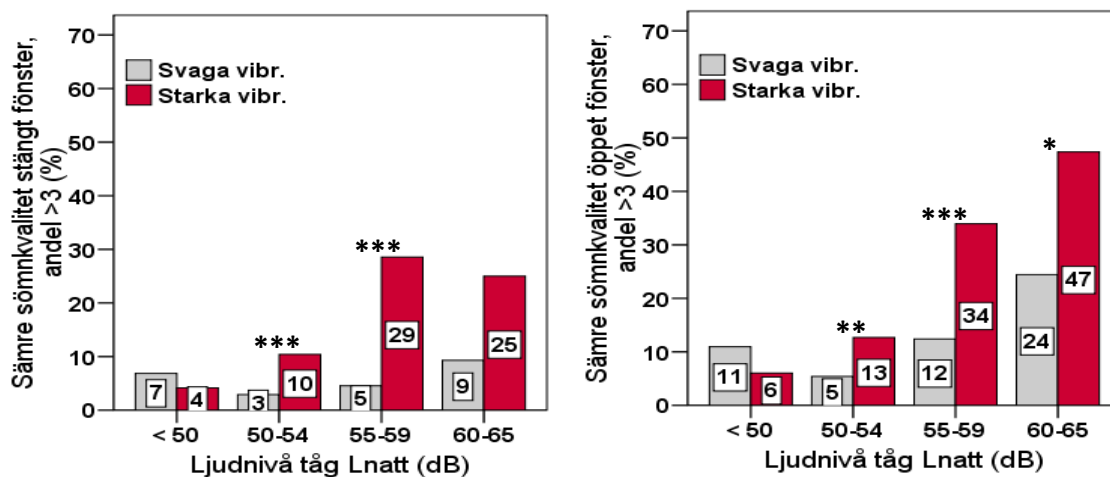
Signifikanta skillnader mellan de två vibrationsområdena för väcktes p.g.a. tågbuller med stängt fönster föreligger vid ljudnivåer mellan 50-54, 55-59 och 60-65 dB ($p=0,006$, $p<0,001$ respektive $p=0,02$) och med öppet fönster vid ljudnivåer mellan 55-59 dB ($p<0,001$) samt mellan 60-65 dB ($p=0,01$).

Skillnaderna i uppvaknanden p.g.a. tågbuller var stora mellan stängt och öppet fönster (tabell 17) i båda undersökningsområdena vid ljudnivåer över L_{natt} 60 dB (jfr 11 respektive 25 % och 32 respektive 53 % i området med svaga respektive starka vibrationer).

Tabell 17. Andel (%) med summamåttet >3 för väcks på grund av tågbuller vid stängt resp. öppet fönster vid olika ljudnivåer, L_{natt} i områden med svaga respektive starka vibrationer.

	<50 dB		50-54 dB		55-59 dB		60-65 dB	
	stängt	öppet	stängt	öppet	stängt	öppet	stängt	öppet
Områden med svaga vibrationer	7	11	3	7	7	12	11	25
Områden med starka vibrationer	6	8	10	12	28	38	32	53

Andelen som angav att deras sömnkvalitet försämrades p.g.a. tågbuller ökade med ökad ljudnivå i områden med starka vibrationer från 4 till 25 % vid stängt sovrumsfönster och från 6 till 47 % vid öppet sovrumsfönster (figur 21 nedan). I områden med svaga vibrationer fanns ingen försämring i sömnkvalitet p.g.a. tågbuller med sovrumsfönstret stängt men med fönstret öppet angav var 4:e person att deras sömnkvalitet försämrades av tågbuller vid de högsta ljudnivåerna (L_{natt} 60-65 dB).



Figur 21. Andel (%) personer som har summamåttet >3 för försämrad sömnkvalitet p.g.a. tågbuller i relation till bullernivå från tåg (L_{natt}) i områden med svaga resp. starka vibrationer vid stängt (vänster) och öppet fönster (höger).

Signifikanta skillnader mellan de två vibrationsområdena för försämringar av sömnkvalitet p.g.a. tågbuller med stängt fönster föreligger vid ljudnivåer mellan 50-54 dB ($p<0,001$) och 55-59 dB ($p<0,001$). Vid de högsta ljudnivåerna mellan L_{natt} 60-65 dB fanns en tendens till skillnad mellan områdena ($p=0,061$). För en situation med öppet fönster fanns signifikanta skillnader mellan områdena vid ljudnivåer mellan 50-54 dB ($p=0,009$), 55-59 dB ($p<0,001$) samt mellan 60-65 dB ($p=0,03$).

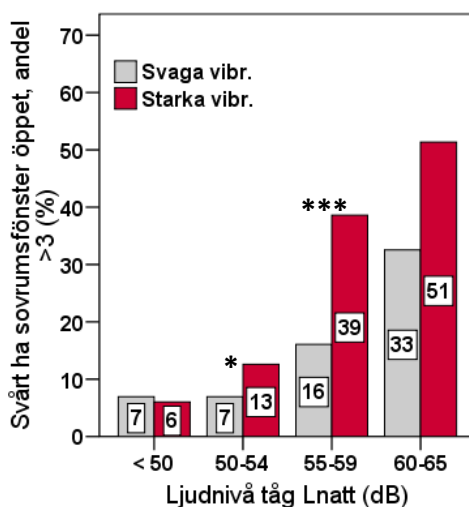
Skillnaderna i försämring av sömnkvalitet var stora mellan stängt och öppet fönster (tabell 18) i båda undersökningsområdena vid ljudnivåer över L_{natt} 60 dB (jfr 9 respektive 24 % och 25 respektive 47 % i området med svaga respektive starka vibrationer).

Tabell 18. Andel (%) med summamåttet >3 för sämre sömnkvalitet på grund av tågbuller vid stängt resp. öppet fönster vid olika ljudnivåer, L_{natt} i områden med svaga respektive starka vibrationer.

	<50 dB		50-54 dB		55-59 dB		60-65 dB	
	stängt	öppet	stängt	öppet	stängt	öppet	stängt	öppet
Områden med svaga vibrationer	7	11	3	5	5	12	9	24
Områden med starka vibrationer	4	6	10	13	29	34	25	47

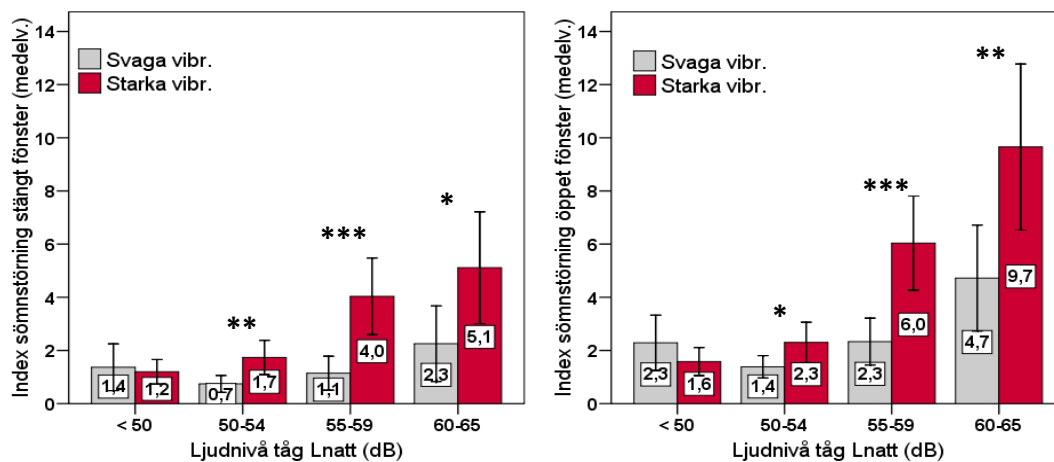
I båda undersökningsområdena fanns ett tydligt dos-respons samband mellan andelen som angav att de störcdes av att inte kunna sova med fönstret öppet och ljudnivå från tåg (figur 22). Störning till följd av detta ökade från 7 till 33 % i områden med svaga vibrationer och från 6 till 51 % i områden med starka vibrationer vid de högsta ljudnivåerna (L_{natt} 60-65 dB).

Signifikanta skillnader mellan de två vibrationsområdena för störning p.g.a. av att man inte kunde sova med öppet fönster utan att bli störd av tågbuller föreligger vid ljudnivåer mellan 50-54 dB ($p < 0,05$) och 55-59 dB ($p < 0,001$). Vid de högsta ljudnivåerna mellan L_{natt} 60-65 dB fanns en tendens till skillnad mellan områdena ($p = 0,089$).



Figur 22. Andel (%) personer som har summamåttet >3 för påverkan av tågbuller på möjligheten att sova med öppet fönster i relation till bullernivå från tåg (L_{natt}) i områden med svaga resp. starka vibrationer.

Figur 23 nedan visar index för sömnstörningar beräknat som medelvärdet av de tre typerna av sömnstörningar (svårt somna, väcks samt sämre sömnkvalitet) vid stängt fönster (vänster figur) och öppet fönster (höger figur).



Figur 23. Index (medelvärde) för sömnstörningar (svårt att somna, väcks, sämre sömnkvalitet) p.g.a. tågbuller i relation till bullernivå från tåg (L_{natt}) i områden med svaga resp. starka vibrationer vid stängt (vänster) och öppet (höger) fönster.

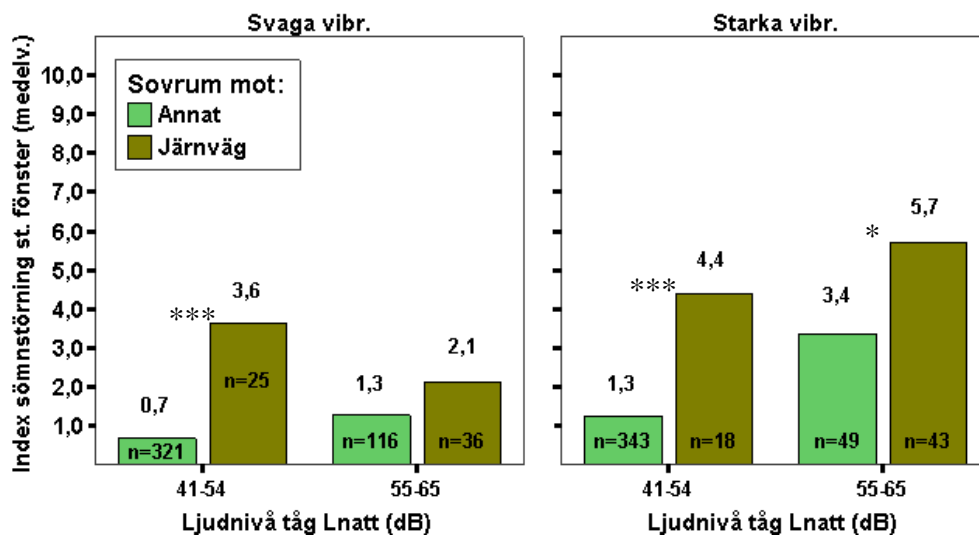
Indexmättet för sömnstörningar visar en ökning av sömnstörningar med ökad ljudnivå i L_{natt} för båda undersökningsområdena för situationer med stängt såväl som med öppet sovrumsfönster. Skillnaderna mellan områden med svaga och starka vibrationer var statistiskt signifikanta för ljudnivåer från L_{natt} 50 dB.

4.12 Bostadens utformning och påverkan på sömnen av tågbuller

Påverkan av tågbuller på sömnen analyserades i relation till sovrummets läge i förhållande till järnvägen (mot järnväg eller mot annat, dvs. mindre gata, gård samt större gata eller trafikled), i relation till fönstertyp (3-glas eller 2-glas/annat) i bostaden samt på vilket våningsplan sovrummet var beläget (markplan/högre plan).

4.12.1 Sömnstörningar och sovrummets läge i förhållande till järnväg

Samband mellan index för sömnstörningar av tågbuller och ljudnivå från tåg visas uppdelat på två ljudnivåkategorier för en situation med stängt (figur 24) respektive öppet fönster (figur 25).

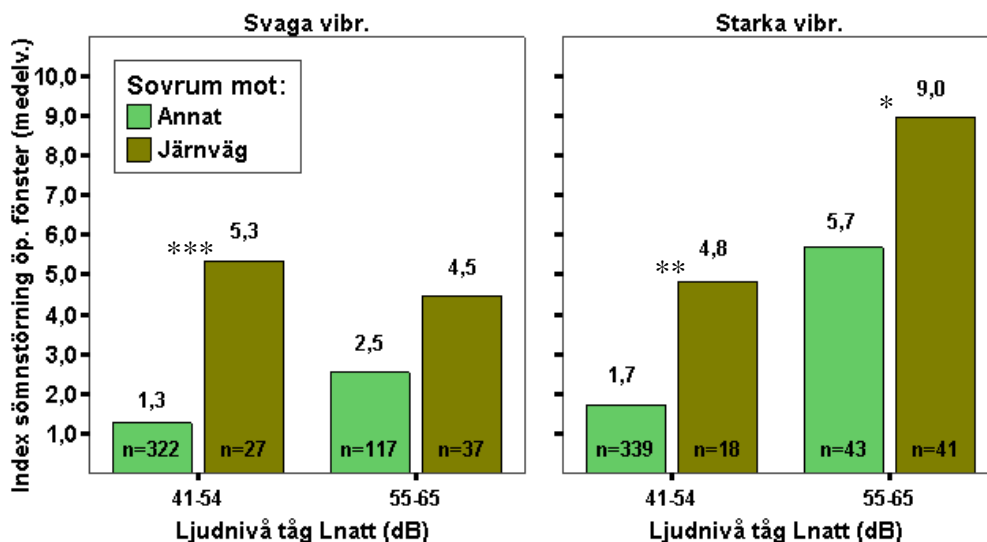


Figur 24. Index (medelvärde) för sömnstörningar (svårt att somna, väcks, sämre sömnkvalitet) p.g.a. tågbuller vid stängt fönster i relation till sovrummets läge och bullernivå från tåg (L_{natt}) i områden med svaga (vänster) resp. starka (höger) vibrationer.

Förekomsten av sömnstörningar av tågbuller var högre bland boende med sovrumsfönster mot järnvägen i situationen med sovrumsfönstret stängt. I områden med svaga vibrationer är skillnader i sömnstörning beroende på sovrummets läge störst i ljudnivåkategorin L_{natt} 41-54 dB (ca 5 gånger högre, $M=3,6$ respektive $0,7$, $p<0,001$).

I områden med starka vibrationer finns den högsta förekomsten av sömnstörningar bland personer som bor nära och har sovrumsfönster mot järnvägen ($M=5,7$). Statistiskt signifikanta skillnader i sömnstörningar beroende på sovrummets läge föreligger för båda ljudnivåkategorierna ($p<0,001$ respektive $p<0,05$). Sömnstörningarna är ungefärligt lika hos personer som bor på längre avstånd och har sovrumsfönster mot järnvägen som hos personer som bor närmare järnvägen men har sovrumsfönster åt annat håll ($M=4,4$ respektive $3,4$).

Resultatet är likartat för en situation med sovrumsfönstret öppet (figur 25).



Figur 25. Index (medelvärde) för sömnstörningar (svårt att somna, väcks, sämre sömnkvalitet) p.g.a. tågbuller vid öppet fönster i relation till sovrummets läge och bullernivå från tåg (L_{natt}) i områden med svaga (vänster) resp. starka (höger) vibrationer.

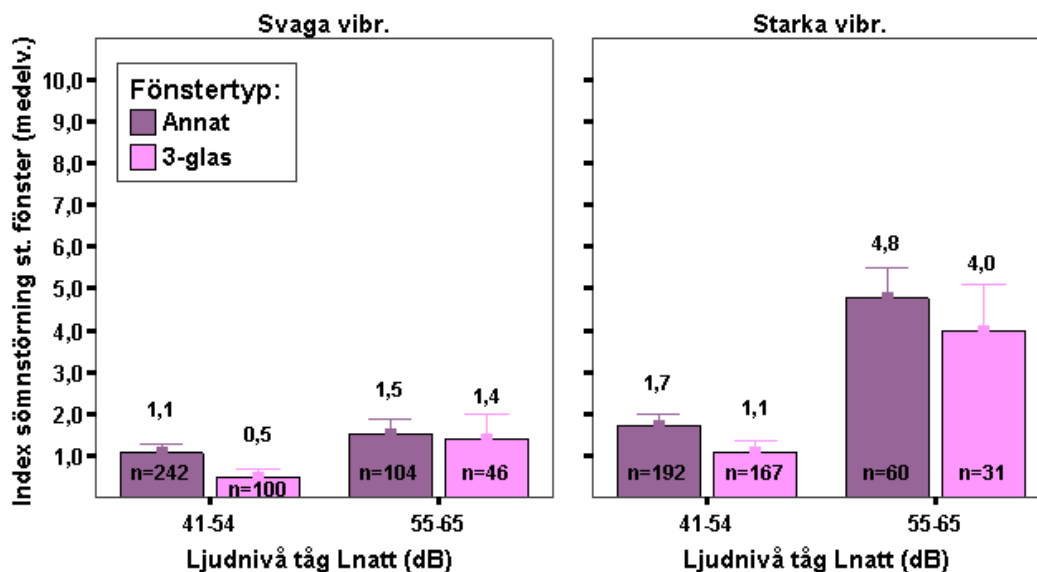
I områden med svaga vibrationer är skillnader i sömnstörning vid öppet fönster störst i ljudnivåkategorin L_{natt} 41-54 dB (ca 5 gånger högre, $M=5,3$ respektive 1,3). Statistiskt signifikanta skillnader i sömnstörningar föreligger för ljudnivåkategorin 41-54 dB ($p<0,001$) medan det vid högre ljudnivåer finns en tendens till skillnad ($p=0,056$).

I områden med starka vibrationer finns den högsta förekomsten av sömnstörningar bland personer som bor nära och har sovrumsfönster mot järnvägen. Statistiskt signifikanta skillnader i sömnstörningar föreligger för båda ljudnivåkategorierna ($p<0,01$ respektive $p<0,05$). Sömnstörningarna är ungefärligt lika för personer som bor på längre avstånd med fönster mot järnvägen som för personer som bor närmare järnvägen men har sovrumsfönster åt annat håll ($M=4,8$ respektive 5,7).

4.12.2 Sömnstörningar och typ av fönster i bostaden

Samband mellan typ av fönster i bostaden (3-glasfönster eller 2-glasfönster inklusive annat) och sömnstörningar (medelvärde för sömnstörningsindex) analyserades uppdelat på två ljudnivåkategorier i respektive undersökningsområde. Det fanns ingen särskild fråga om typ av fönster i sovrum men sannolikt finns det 3-glasfönster i sovrum om man angett att det finns 3-glasfönster i bostaden. Figur 26 redovisar resultat för områden med svaga vibrationer (vänster) och (höger) för områden med starka vibrationer.

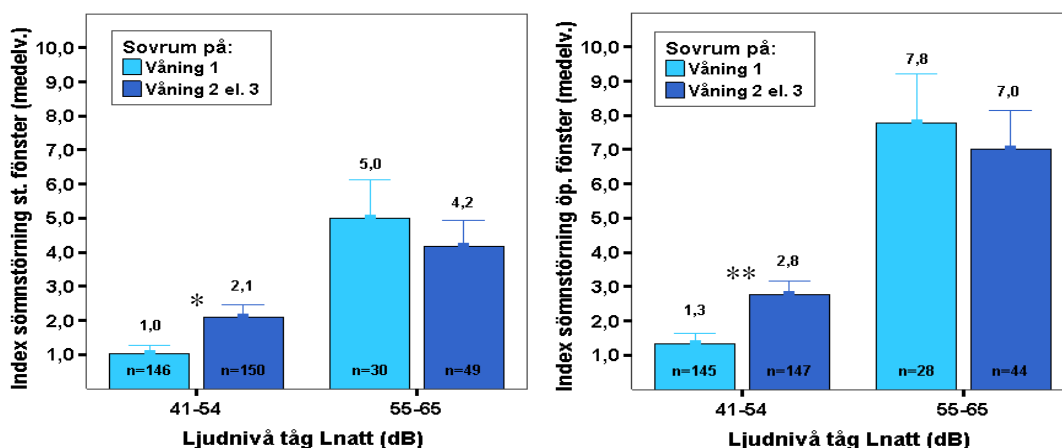
Störning av tågbuller inomhus med stängt fönster är låg i områden med svaga vibrationer och det finns inga skillnader i störning beroende på fönstertyp. I områden med starka vibrationer är störningen något högre bland boende som inte har 3-glasfönster vid ljudnivåer över L_{natt} 55 dB men skillnaden är inte statistiskt signifikant ($p>0,05$).



Figur 26. Index (medelvärde) för sömnstörningar (svårt att somna, väcks, sämre sömnkvalitet) p.g.a. tågbuller vid stängt fönster i relation till fönstertyp (3-glas eller annat) och bullernivå från tåg (L_{natt}) i områden med svaga (vänster) resp. starka vibrationer (höger).

4.12.3 Sömnstörningar och våningsplan

Det var endast i områden med starka vibrationer (Kungsbacka och Alingsås) som frågeformuläret till de boende innehöll en fråga om vilken våning sovrummet var beläget på varför sömnstörningar i relation till våningsplan endast analyserats för områden med starka vibrationer.



Figur 27. Områden med starka vibrationer: Index (medelvärde) för sömnstörningar (svårt att somna, väcks, sämre sömnkvalitet) p.g.a. tågbuller i relation till våningsplan (våning 1 eller högre) och bullernivå från tåg (L_{natt}) i en situation med stängt fönster (vänster) resp. öppet fönster (höger).

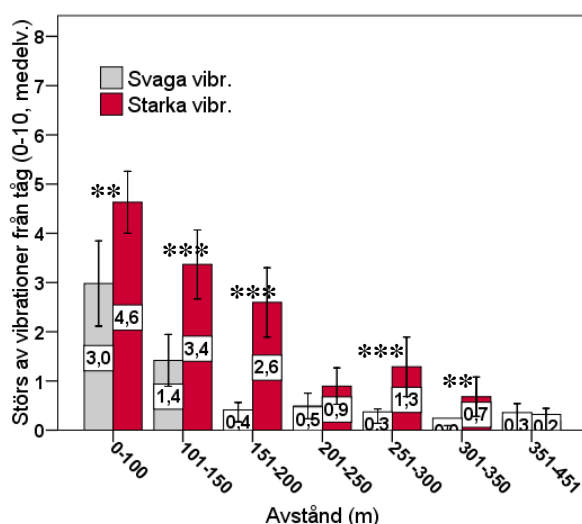
Figuren visar att sömnstörningar p.g.a. tågbuller är signifikant lägre då sovrummet är beläget på första våningen jämfört med på våning 2 eller högre upp i huset vid ljudnivåer på L_{natt} 44-56 dB, dvs. på relativt långt avstånd från järnvägen. Vid högre ljudnivåer (L_{natt} 57-67 dB) finns inga signifikanta skillnader i sömnstörning beroende på vilket våningsplan sovrummet är beläget på.

4.13 Effekter av vibrationer från tågtrafik

Störning av vibrationer utvärderades med 2 olika frågor, en 6-gradig kategoriskala som ingick i frågebatteriet om störning av olägenheter i området. Denna fråga var graderad från "märker inte" till "oerhört störd" samt en 11-gradig skala (0-10) med ändpunkterna "inte alls störd" respektive "oerhört störd". De som angett att de stördes av vibrationer hade också möjlighet att beskriva hur de stördes. De boendes egna kommentarer redovisas i Appendix 12 uppdelat på olika områden. Följande typer av störningar av vibrationer från tågtrafiken, ordnade efter förekomst, angavs: (1) Huset skakar, (2) Föremål eller möbler rör sig, glas klirrar, (3) störningar natt, sängen rör sig, sömnen störs, (4) radio, TV, elektronik störs, (5) tapeter och puts spricker och (6) fönsterrutor skallrar. De tre förstnämnda typerna av störningar utgjorde drygt 80 % av störningarna i områden med starka vibrationer medan bara en person angav att fönsterrutor skallrar. I områden med svaga vibrationer var det 8 % som stördes av vibrationer i Töreboda och 2 % i Falköping. I Töreboda angav nio personer att fönsterrutor skallrar och ytterligare två personer angav att huset skakar och att föremål flyttar sig.

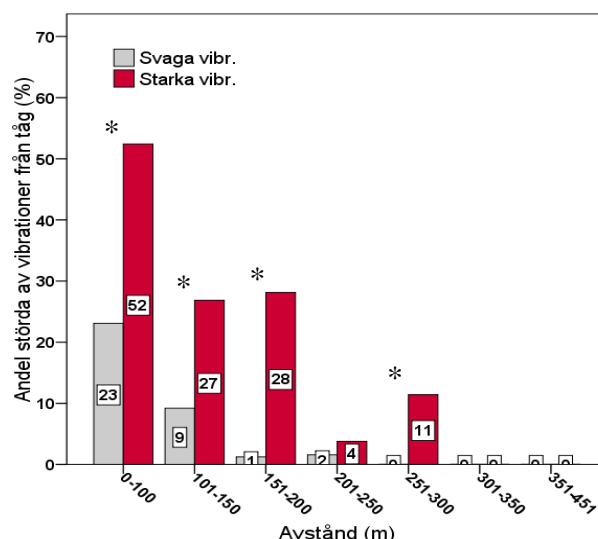
4.13.1 Samband mellan allmän störning av vibrationer och avstånd till järnväg

Störning av vibrationer i relation till avstånd från järnvägen visas i figur 28 (medelvärde störning) och i figur 29 (andel störda).



Figur 28. Störning (medelvärde skala 0-10) av vibrationer från tågtrafik i relation till avstånd från järnvägen i områden med svaga respektive starka vibrationer.

Störningar av vibrationer från tågtrafiken avtar med ökat avstånd och är extremt låga på avstånd över 300 m även i områden med starka vibrationer. Signifikanta skillnader i störningsmedelvärde föreligger mellan områden med starka och svaga vibrationer för samtliga avståndskategorier utom i intervallet 201-250 m från järnvägen. (t -test: $p=0,004$ för kategorin 0-100 m, $p<0,001$ för kategorierna 101-150, 151-200 respektive 251-300 m samt $p=0,015$ för kategorin 301-350 m).



Figur 29. Andel störda (%) av vibrationer från tågtrafik i relation till avstånd från järnvägen i områden med svaga respektive starka vibrationer.

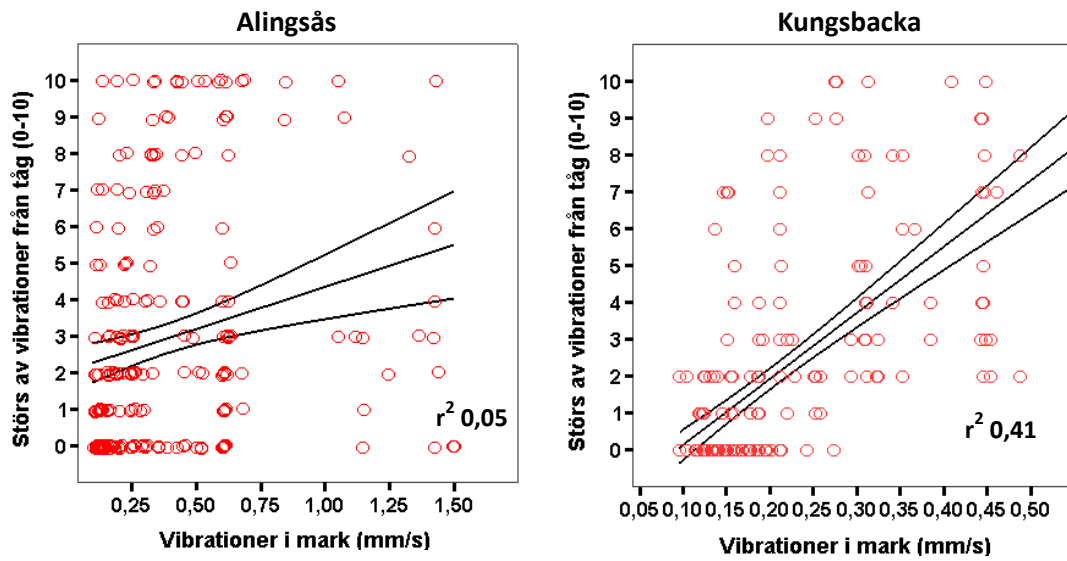
I områden med svaga vibrationer rapporterar var 4:e person att de är störda av vibrationer närmast järnvägen medan på avstånd över 150 m är ingen störd av vibrationer. I områden med starka vibrationer störs hälften av de boende inom 100 m från järnvägen och närmare en tredjedel störs av vibrationer upptill 200 m från järnvägen. Skillnaderna i störning av vibrationer mellan områdena är statistiskt signifikant ($p < 0,05$) på avstånd upp till 200 m från järnvägen samt i avståndsintervallet 251-300 m från järnvägen. Se även Appendix 14 med resultat från logistisk regressionsanalys av samband mellan andel störda av vibrationer och avstånd från järnvägen.

4.13.2 Samband mellan störning av vibrationer och vibrationsnivå i mm/s

Störning av vibrationer (skala 0-10) var högt korrelerad (Spearman's r_s) med vibrationsnivå angiven som mm/s i Kungsbackaområdet ($r_s=0,67$ för samband med vibrationsnivå i mark och $r_s=0,67$ för vibrationsnivå i hus). I Alingsåsområdet var sambandet mellan störning av vibrationer och vibrationsnivå i mark lågt ($r_s=0,35$).

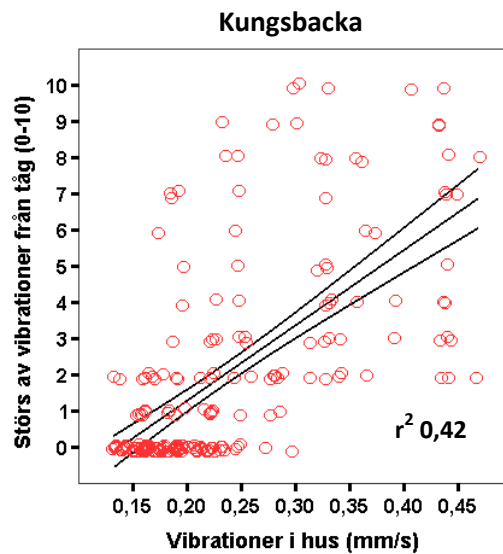
Figur 30 visar resultat av linjära regressionsanalyser av samband mellan störning av vibrationer och vibrationsnivå i mark i mm/s samt 95 % konfidensintervall för Alingsås och Kungsbacka och figur 31 visar motsvarande sambandsfunktion för störning av vibrationer och vibrationsnivå i hus i Kungsbackaområdet.

Resultatet från regressionsanalyserna visar att sambandet mellan markvibrationer och störning av vibrationer var lågt i Alingsås (Pearson's $r=0,22$ och $r^2=0,05$), se figur 30 (vänster) men betydligt högre i Kungsbacka (Pearson's $r=0,64$ och $r^2=0,41$), se figur 30 (höger).



Figur 30. Samband mellan störning av vibrationer (medelvärde, skala 0-10 med 95 % konfidensintervall) och vibrationsnivå i mark angett som mm/s för Alingsås (vänster) samt för Kungsbacka (höger).

Figur 31 visar att för Kungsbacka är sambandet mellan störning av vibrationer och vibrationsnivå i hus och vibrationer i mark är lika (Pearsons $r=0,65$ och $r^2 = 0,42$).

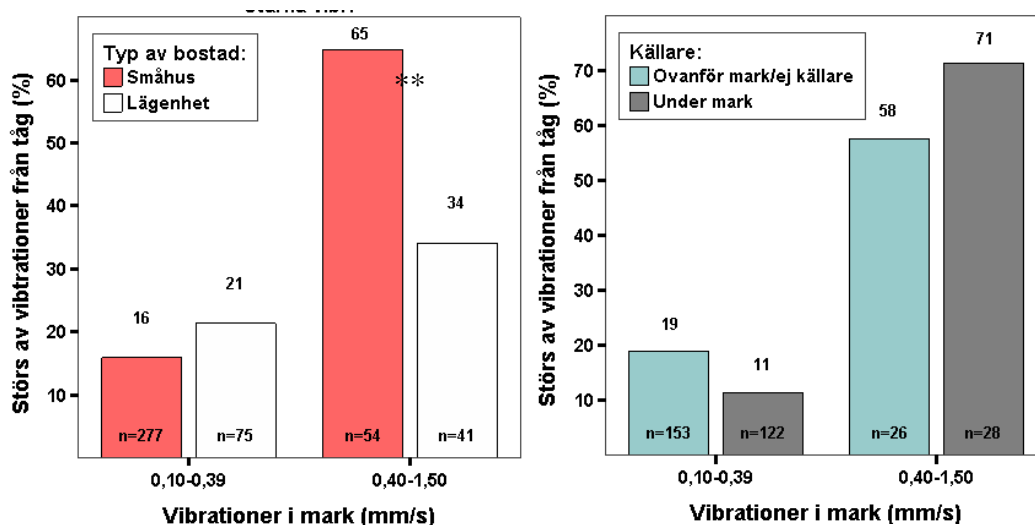


Figur 31. Kungsbacka. Samband mellan störning av vibrationer (medelvärde, skala 0-10 med 95 % konfidensintervall) och vibrationsnivå i hus angett som mm/s.

4.14 Bostadens utformning och störning av tåg vibrationer i områden med starka vibrationer

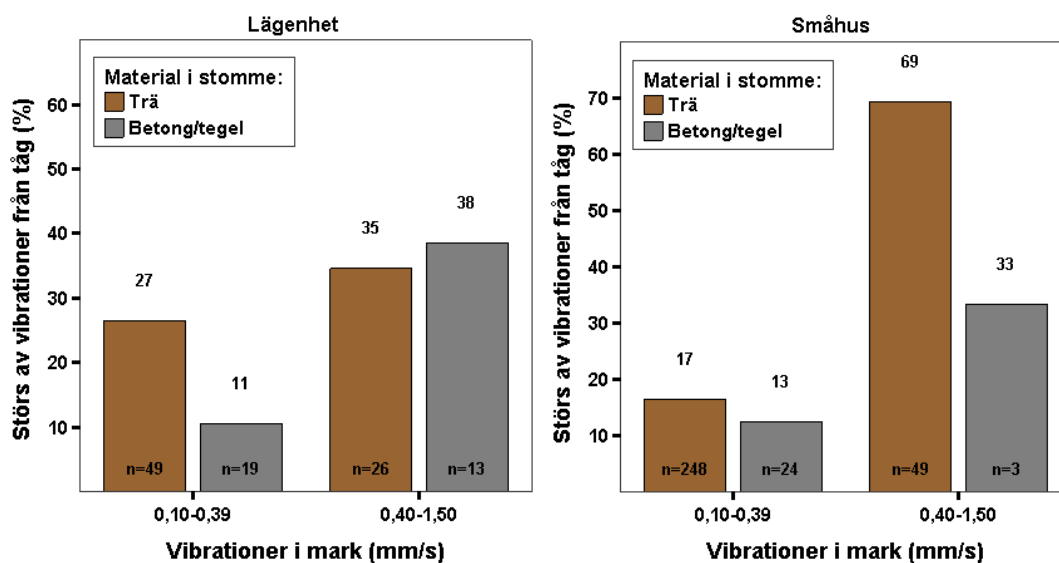
I det följande redovisas jämförande resultat för störning av vibrationer från tåg i områden med starka vibrationer indelat på typ av bostad (flerfamiljshus respektive småhus), material i byggnadsstomme (trä eller betong/tegel) samt om huset har källare eller ej.

Figur 32 (vänster) visar att andelen som störs av vibrationer är signifikant högre ($p < 0,01$) för boende i småhus där vibrationsnivån i mark är 0,4 mm/s eller högre. Vid vibrationsnivåer lägre än 0,4 mm/s finns inga skillnader i störning av vibrationer från tåg mellan boende i småhus och de som bor i lägenhet i flerfamiljshus. Störning av vibrationer i småhus var inte relaterat till om det fanns källare i bostaden eller ej (figur 32, höger).



Figur 32. Andel som är störda (%) av tåg vibrationer i småhus respektive lägenhet i relation till vibrationer i mark från tåg (vänster). Andel som är störda (%) av vibrationer i småhus i relation till källartyp och vibrationer i mark från tåg (höger).

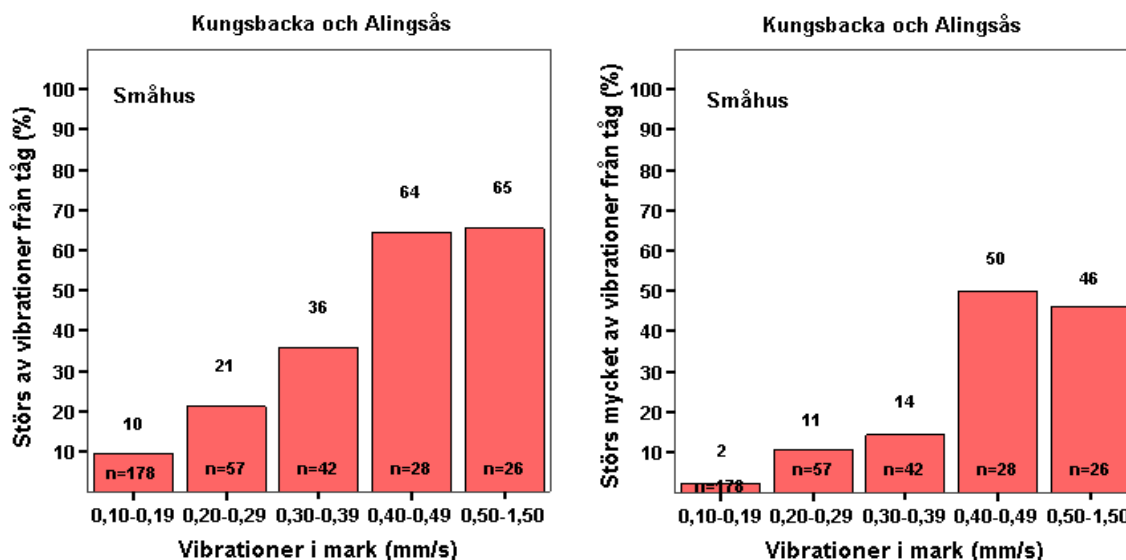
Figur 33 visar att störning av vibrationer för lägenhet (vänster) och småhus (höger) inte var relaterat till typ av material i byggnadsstommen.



Figur 33. Andel som är störda (%) av tåg vibrationer i relation till husets stommateriäl (trä respektive betong/tegel) och vibrationer i mark från tåg i lägenhet i flerfamiljshus (vänster) och i småhus (höger).

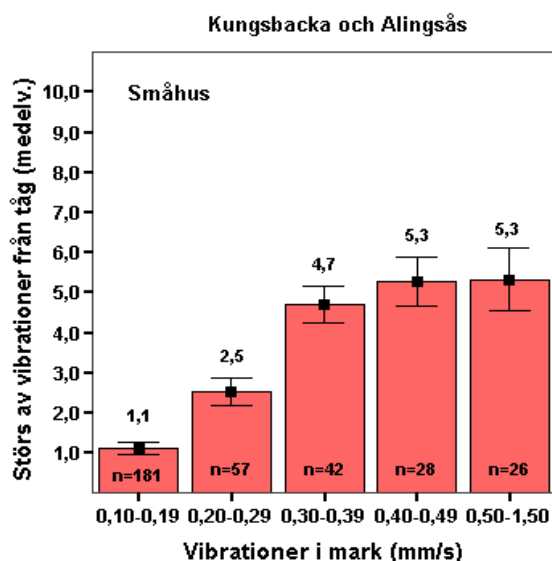
4.14.1 Störning av vibrationer i småhus i relation till vibrationsnivå i mark

Som framgår av figur 32 (vänster) finns det stora skillnader i störning av vibrationer mellan småhus och flerbostadshus. I Kungsbacka var samtliga hus småhus medan 50 % av bostäderna i Alingsåsområdet utgjordes av flerbostadshus. I figur 34 nedan visas mera i detalj andel störda (vänster) och andel mycket/oerhört mycket störda (höger) av vibrationer från tågtrafik i relation till vibrationsnivå i mm/s för boende i småhus i Kungsbacka och i Alingsås. Notera att i Kungsbacka har inga av de boende vibrationsnivåer i mark över 0,49 mm/s.



Figur 34. Andel (%) av boende i småhus som är störda (vänster) respektive mycket/oerhört mycket störda (höger) av tåg vibrationer i relation till markvibrationer i Kungsbacka och Alingsås (n=331).

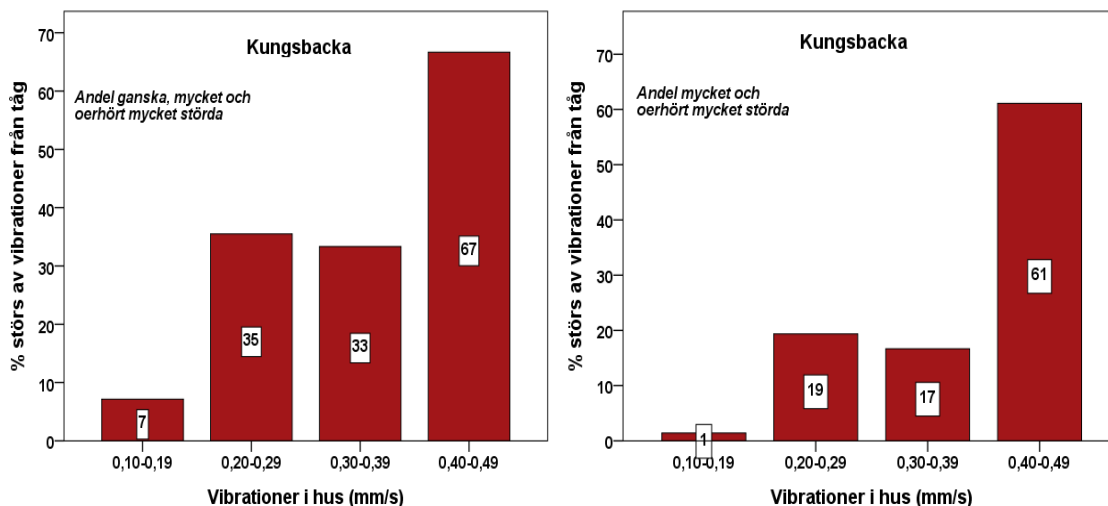
Figuren visar att andelen som är störda av markvibrationer från tågtrafik (vänster) ökar med ökad vibrationsnivå från 10 % störda vid vibrationsnivåer mellan 0,10 och 0,19 mm/s till 36 % vid 0,30 - 0,39 mm/s. Vid nivåer över 0,40 mm/s uppgår andelen som störs av vibrationer till 65 %. Andelen som är mycket/oerhört mycket störda av markvibrationer (höger) är relativt låg vid vibrationsnivåer under 0,40 mm/s (2-14 %). Vid vibrationsnivåer över 0,40 mm/s är dock störningen hög (ca 50 % är mycket/oerhört mycket störda). Figur 35 nedan visar samband mellan störning av vibrationer (medelvärde skala 0-10) och vibrationsnivå i mark.



Figur 35. Störning (medelvärde skala 0-10) av vibrationer från tåg i relation till vibrationer i mark.

4.14.2 Störning av vibrationer i småhus i Kungsbacka i relation till vibrationsnivå i hus

Eftersom det inte var möjligt att beräkna vibrationsnivå inne i hus i Alingsåsområdet redovisas ned endast sambandet mellan störning av vibrationer och vibrationsnivå i hus för Kungsbackaområdet.



Figur 36. Andel (%) av boende i småhus som är störda (vänster) respektive mycket/oerhört mycket störda (höger) av tåg vibrationer i relation till vibrationer i hus i Kungsbacka (n=218).

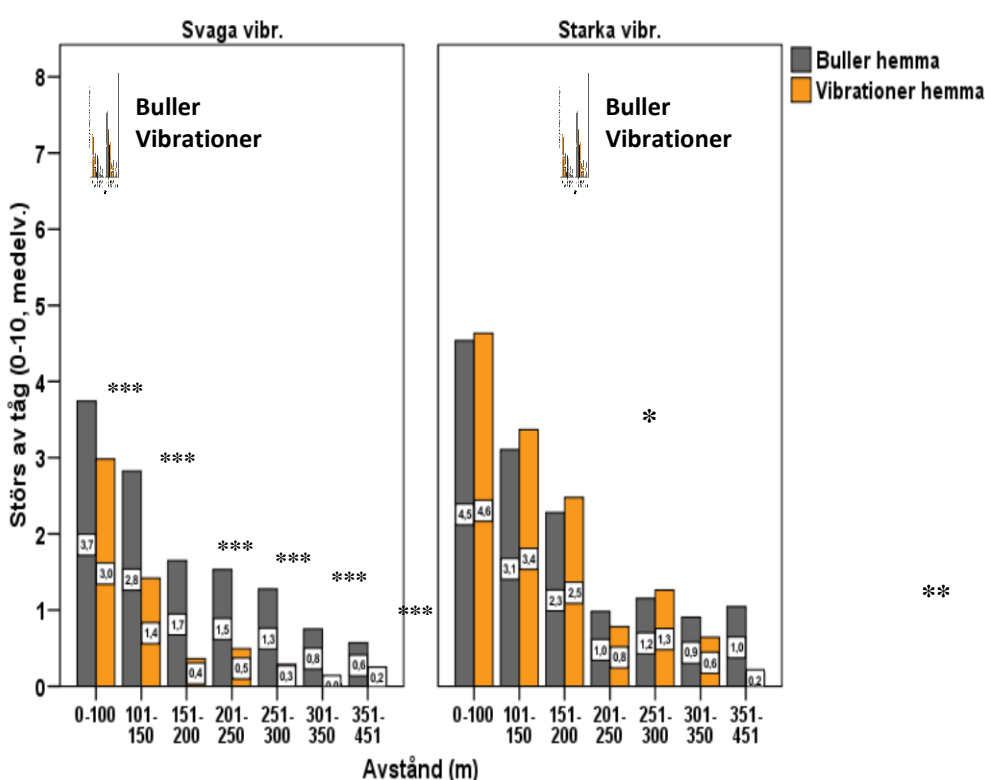
Figuren visar att andelen som är störda av vibrationer från tåg (vänster) ökar med ökad vibrationsnivå i hus från 7 % störda vid vibrationsnivåer mellan 0,10 och 0,19 mm/s till 67 % vid 0,40 - 0,49 mm/s. Närmare 20 % är mycket/oerhört mycket störda av vibrationer (höger) under 0,40 mm/s. Vid vibrationsnivåer i hus som överstiger 0,39 mm/s är dock en majoritet mycket/oerhört störda av vibrationer (61 %).

4.15 Jämförelser av störning av vibrationer och buller

4.15.1 Jämförelser av störning av vibrationer och störning av buller vid olika avstånd från järnvägen

I områden med svaga vibrationer (figur 37, vänster) förekommer störning av vibrationer upp till ca 150 m från järnvägen men störning av buller är signifikant högre (parat t -test: $p < 0,001$) i samtliga avståndskategorier utom längst bort från järnvägen.

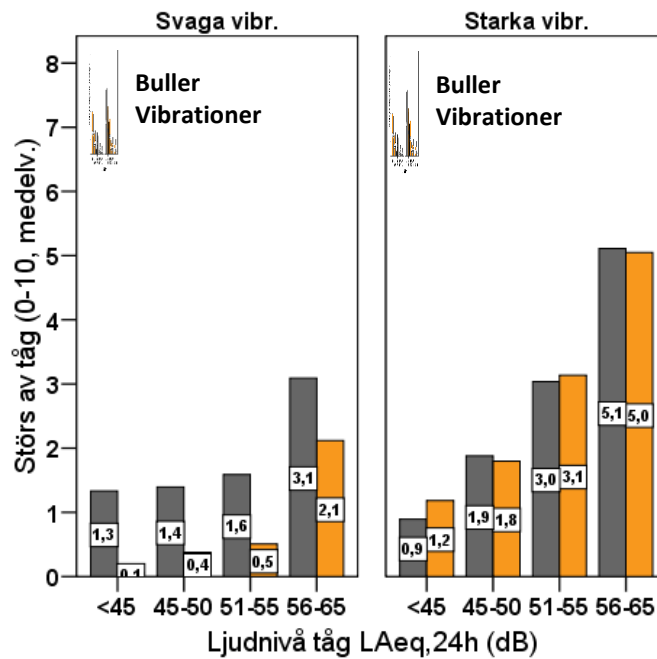
I områden med starka vibrationer (figur 37, höger) är medelvärdet för störning av vibrationer ungefär detsamma som störning av buller med undantag för avståndet 351-450 m där medelvärdet för störning av buller är något högre, 1,0 jfr med 0,2 ($p < 0,01$). På avståndet 101-150 m finns en liten men statistiskt signifikant högre störning av vibrationer ($M=3,4$ jämfört med $M=3,1$ för störning av buller, $p < 0,05$).



Figur 37. Störning (medelvärde skala 0-10) av vibrationer och buller från tågtrafik i relation till avstånd till järnvägen i områden med svaga (vänster) respektive starka vibrationer (höger).

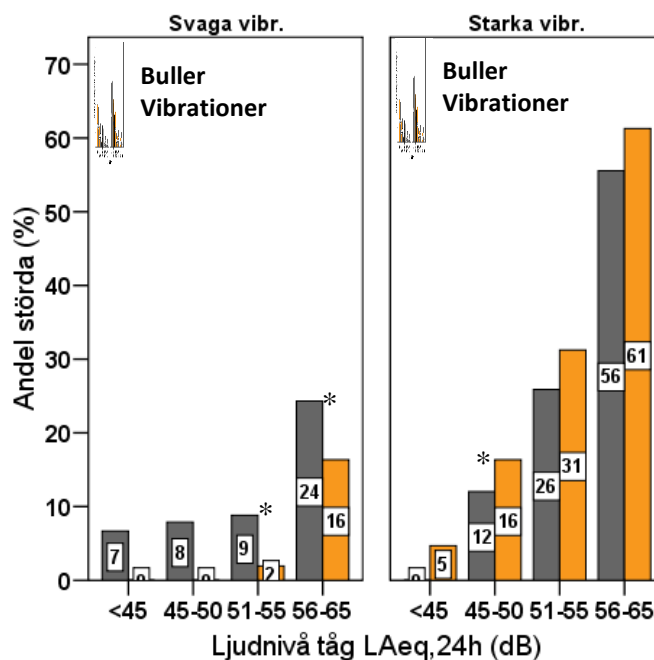
4.15.2 Jämförelser av störning av vibrationer och buller vid olika ljudnivåer i $L_{Aeq,24h}$

Figur 38 (vänster) visar att i områden med svaga vibrationer förekom störningar av vibrationer i de högsta ljudnivåkategorierna men den genomsnittliga störningen av buller var signifikant högre än störningen av vibrationer (medelvärde 3,1 respektive 2,1). Skillnaderna mellan störning av buller och störning av vibrationer var statistiskt signifikanta, för de tre högsta ljudnivåkategorierna ($p < 0,001$) och för den lägsta ljudnivåkategorin ($p < 0,02$). I områden med starka vibrationer (figur 38, höger) var störning av vibrationer samma som störning av buller i alla ljudnivåkategorierna.



Figur 38. Störning (medelvärde skala 0-10) av vibrationer och buller från tågtrafik i relation till ljudnivå $L_{Aeq,24h}$ i områden med svaga (vänster) respektive starka vibrationer (höger).

I figur 39 nedan visas motsvarande samband för störning av buller och störning av vibrationer angivet som andel störda i %. Resultatet för störning av vibrationer baseras på den fråga om störning (6 svarsalternativ) av vibrationer som ingick i frågebatteriet om olägenheter i området. I områden med svaga vibrationer (vänster figur) anges buller som signifikant mer störande än vibrationer (9 respektive 2 % störda i kategorin 51-55 dB och 24 respektive 16 % störda i kategorin 56-65 dB ($p < 0,05$)). I områden med starka vibrationer (höger figur) finns en signifikant skillnad i andel störda av buller respektive vibrationer i kategorin 45-50 dB där 16 % är störda av vibrationer och 12 % av buller ($p < 0,05$).

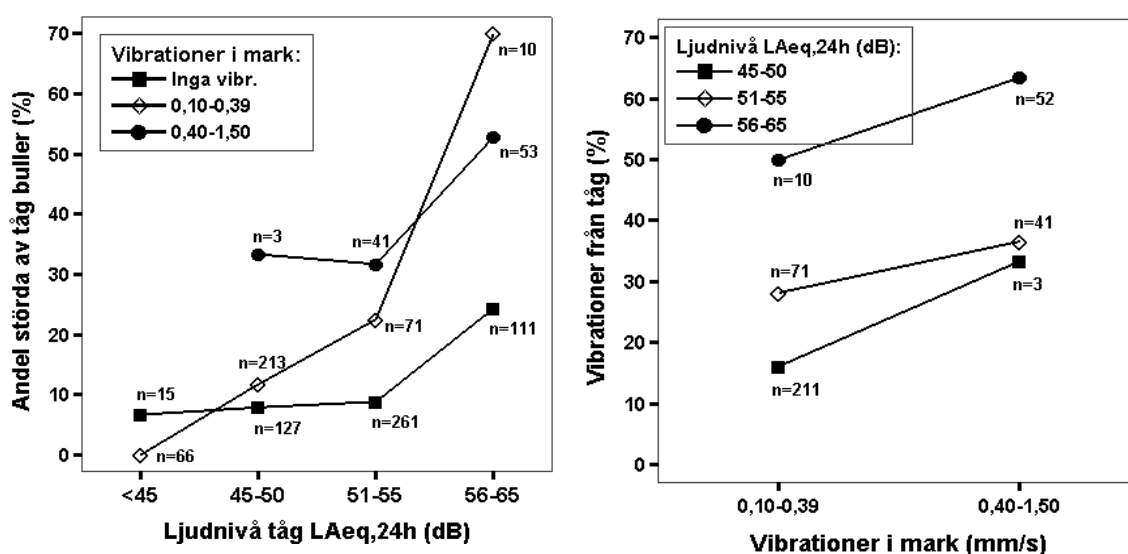


Figur 39. Störning (andel i %) av vibrationer och buller från tågtrafik i relation till ljudnivå $L_{Aeq,24h}$ i områden med svaga (vänster) respektive starka vibrationer (höger).

4.16 Samverkans effekter på störning av buller och vibrationer vid samtidig exponering för buller och vibrationer

För att mera i detalj undersöka om det finns samverkans effekter av samtidig exponering av buller och vibrationer från tågtrafiken delades undersökningsmaterialet in i olika grupper baserat på vibrationsnivå i mark (inga/svaga vibrationer = Töreboda och Falköping, 0,10 - 0,39 mm/s samt starka vibrationer = Kungsbacka och Alingsås, 0,40 - 1,50 mm/s) samt baserat på bullerexponering i $L_{Aeq,24h}$ (45-50 dB, 51-55 dB och 56-65 dB). Eftersom spridningen i vibrationsnivå var liten och de flesta hade vibrationsnivåer < 0,40 mm/s (se figur 2 och 3 sid 17) är antalet personer i några av grupperna extremt få, som lägst 3 personer, se figur 40.

I figur 40 (vänster) presenteras samband mellan andel störda (%) av buller och ljudnivå från tåg för tre grupper med olika stark vibrationsexponering. Här ingår samtliga områden. I höger figur visas samband mellan andel störda (%) av vibrationer och vibrationsnivå för tre grupper med olika hög bullerexponering. Här ingår enbart Alingsås och Kungsbacka.



Figur 40. Andel störda av buller i relation till ljudnivå från tåg ($L_{Aeq,24h}$) för tre grupper med olika vibrationsexponering (vänster) samt andel störda av vibrationer i relation till vibrationsnivå i mark (mm/s) för tre grupper med olika bullerexponering (höger).

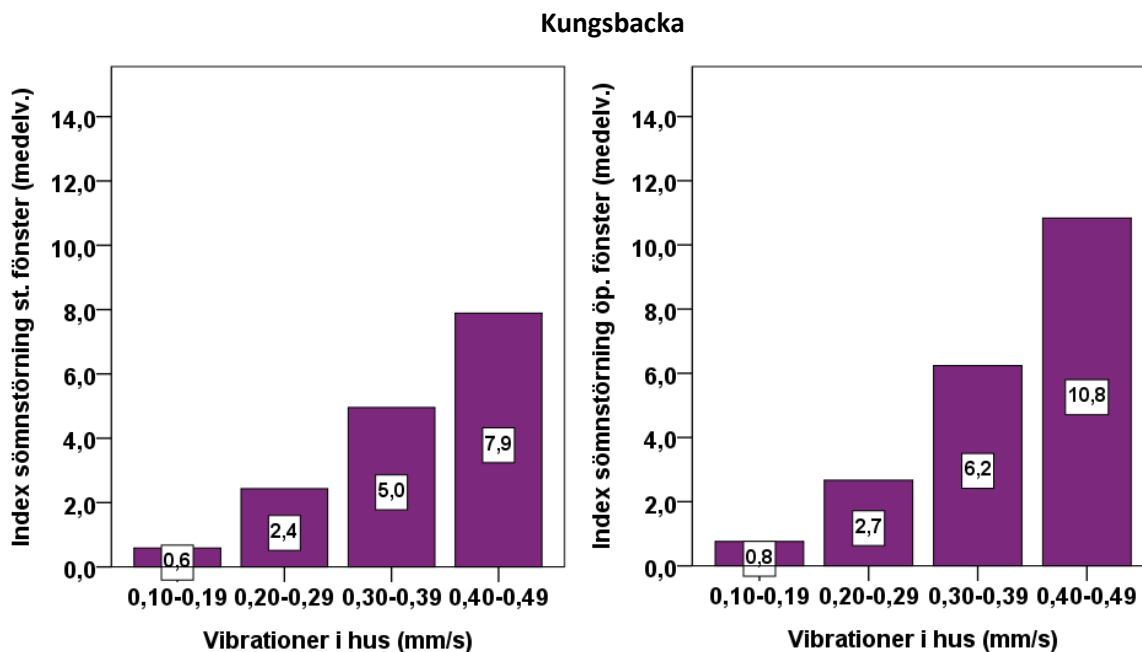
Andelen störda av buller varierar med styrkan på vibrationerna (vänster figur). Störning av buller är lägst för den grupp som inte är exponerad för vibrationer. Den grupp som har starkast vibrationer (0,40 - 1,50 mm/s) är också mest störda av buller. I gruppen med vibrationsnivåer mellan 0,10 - 0,39 mm/s är andelen störda av buller något högre vid den högsta ljudnivåkategorin (vilken bara omfattar 10 personer). Andelen som störs av vibrationer (höger figur) är lägst för den grupp som är utsatt för lägst bullernivåer (45-50 dB) och högst i den grupp som har högst bullernivåer (56-65 dB).

Då antalet personer i några av grupperna är litet är möjligheten att göra statistiska analyser begränsade. Skillnader i störning av buller mellan grupper med olika vibrationsnivå (vänster figur) testades vid ljudnivåerna 51-55 dB där antalet personer var relativt stort. Andelen störda av buller ökade signifikant (χ^2 -test för trend, $p < 0,001$) med ökad vibrationsnivå från 9 % (inga vibrationer) till 22 % (0,10-0,39 mm/s) och 32 % för gruppen med starkast vibrationer (0,40-1,50 mm/s).

Skillnader i störning av vibrationer mellan grupper med olika bullernivå (höger figur) testades för gruppen med lägst vibrationer. Här ökade störningen av vibrationer med ökad bullernivå från 16 % störda av vibrationer vid lägst bullernivåer (45-50 dB) till 28 % i gruppen med 51-55 dB och 50 % störda av vibrationer i gruppen med högst bullernivåer, 56-65 dB ($p = 0,001$).

4.17 Samband mellan sömnstörningar av tågtrafik och vibrationsnivå i hus

I figur 41 nedan visas samband mellan vibrationsnivå i hus i Kungsbackaområdet och indexmättet för sömnstörning (svårt att somna, väcks, sämre sömnkvalitet) vid stängt (vänster) och öppet fönster (höger).



Figur 41. Index (medelvärde) för sömnstörningar (svårt att somna, väcks, sämre sömnkvalitet) p.g.a. tågbuller vid stängt (vänster) och öppet fönster (höger) i relation till vibrationsnivå i hus för Kungsbackaområdet.

Indexmättet visar att vid såväl stängt som vid öppet fönster ökar de boendes sömnstörningar med ökad vibrationsnivå i hus. Vid låga vibrationsnivåer (0,10-0,29 mm/s) är förekomsten av sömnstörningar liten och ungefärligt lika vid de båda situationerna (jmf $M=0,6$ och $0,8$ vänster figur samt $M=2,4$ och $2,7$ höger figur). Vid vibrationsnivåer mellan 0,40-0,49 mm/s har sömnstörningarna ökat kraftigt (ca 3 gånger vid stängt respektive 4 gånger vid öppet fönster jämfört med vid nivåer mellan 0,20-0,29 mm/s).

4.18 Trivsel och användning av bostad och bostadsområde

Upplevelse av boendemiljön med avseende på trivsel med bostad och bostadsområde samt andelen som vill byta bostad visas i tabell 19.

Tabell 19. Andel (%) som trivs mycket bra i bostaden och bostadsområdet samt andel som önskar byta bostad på grund av miljöskäl och andra skäl i relation till bullerexponering $L_{Aeq,24h}$.

Områden med svaga vibrationer:	Ljudnivå från tågtrafik, $L_{Aeq,24h}$			
	<45 dB	45-50 dB	51-55 dB	56-65 dB
Trivsel med bostaden (% mycket bra)	60	49	59	55
Trivsel med bostadsområdet (% mycket bra)	47	41	52	43
Önskar byta bostad (%)	13	32	34	25
Önskar byta bostad pga:				
Miljöskäl ¹⁾	0	7	8	5
Andra skäl ¹⁾	20	28	30	24

¹⁾ Andel av samtliga personer.

Det finns inget samband mellan tågbuller och trivsel i bostaden och bostadsområdet i områden med svaga vibrationer. Önskan att byta bostad är lägst i kategorin med ljudnivåer < 45 dB men det finns inga samband mellan ljudnivå från tåg och att man önskar byta bostad p.g.a. miljöskäl.

Tabell 20. Andel (%) som trivs mycket bra i bostaden och bostadsområdet samt andel som önskar byta bostad på grund av miljöskäl och andra skäl i relation till bullerexponering $L_{Aeq,24h}$.

Områden med starka vibrationer:	Ljudnivå från tågtrafik, $L_{Aeq,24h}$			
	<45 dB	45-50 dB	51-55 dB	56-65 dB
Trivsel med bostaden (% mycket bra)	74	72	68	51
Trivsel med bostadsområdet (% mycket bra)	69	72	77	60
Önskar byta bostad (%)	25	25	30	51
Önskar byta bostad pga:				
Miljöskäl ¹⁾	8	4	2	35
Andra skäl ¹⁾	25	23	30	27

¹⁾ Andel av samtliga personer.

I områden med starka vibrationer (tabell 20) finns ett samband mellan ljudnivå från tåg och trivsel med bostaden. Trivseln betecknas som mycket bra av en majoritet men andelen som trivs mycket bra med bostaden är lägst i den högsta ljudnivåkategorin (51 % jfr 74 % i kategorin < 45 dB; $p < 0,01$). Trivsel med bostadsområdet är inte relaterad till ljudnivå från tåg.

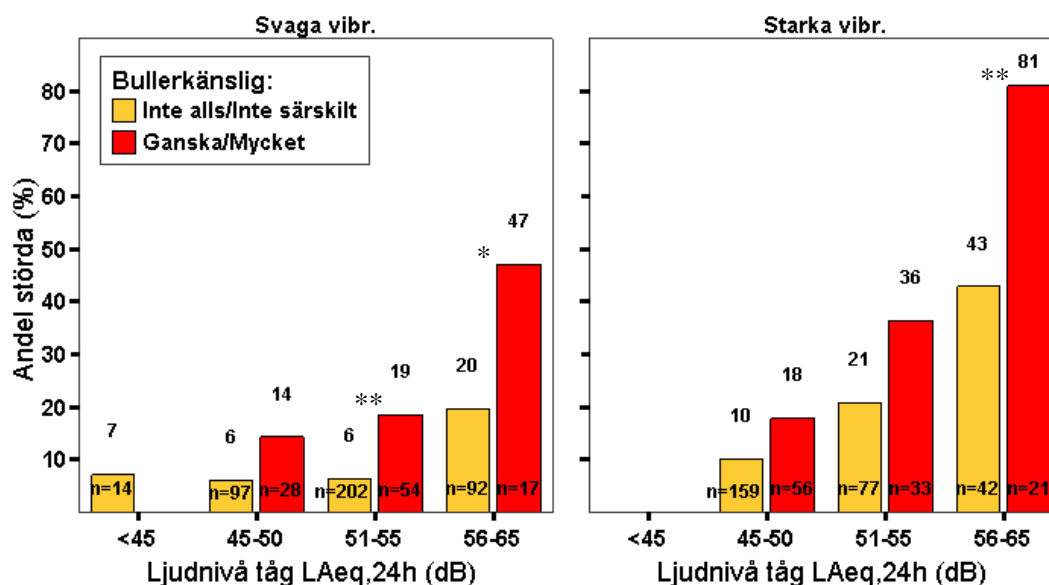
Andelen som önskar byta bostad ökar med ökad ljudnivå och är dubbelt så hög i den högsta ljudnivåkategorin (51 %) och 35 % anger att miljöskäl ligger bakom deras önskan att byta bostad ($p < 0,01$). Av de som skrivit kommentar om skäl till att vilja byta bostad var det dock bara 3 personer som nämnde tågtrafik som orsak.

4.19 Individfaktorer och störning av tågbuller

4.19.1 Känslighet för ljud/buller och störning tågbuller

Det finns inget samband mellan känslighet för ljud/buller och de olika bullermåtten. De som är känsliga för ljud/buller är dock mer störda av tågbuller än de som är mindre känsliga. Detta mönster (inget samband mellan bullernivå och bullerkänslighet, men ett starkt samband mellan störning och bullerkänslighet) har setts i andra undersökningar av störning av vägtrafikbuller.

Figur 42 visar att bland de icke ljudkänsliga (inte alls känslig + inte särskilt känslig; orange staplar) är en mindre andel störda av tågbuller jämfört med gruppen ljudkänsliga (ganska + mycket känsliga; röda staplar). I områden med svaga vibrationer (vänster figur) är skillnaden i störning mellan grupperna statistiskt signifikant i ljudnivåkategorierna $L_{Aeq,24h}$ 51-55 dB och 56-65 dB ($p < 0,01$ resp. $p < 0,05$). I områden med starka vibrationer är skillnaderna mellan grupperna endast statistiskt signifikant i den högsta ljudnivåkategorin $L_{Aeq,24h}$ 56-65 dB (43 resp. 81 % störda, $p < 0,01$).



Figur 42. Andel störda (%) av buller från tågtrafik i relation till känslighet för buller/ljud och ljudnivå från tåg $L_{Aeq,24h}$ i områden med svaga vibrationer (vänster) och områden med starka vibrationer (höger).

5. SAMMANFATTANDE KOMMENTARER OCH SLUTSATSER

Huvudsyftet med undersökningarna var att undersöka hur tågtrafiken påverkar människor (t.ex. störning och sömnstörning) som bor i områden med starka vibrationer från tågtrafik jämfört med i områden där tågtrafiken orsakar inga/svaga vibrationer och hur dos-respons sambanden ser ut för störning av buller respektive vibrationer. Ett annat syfte var att belysa eventuella interaktionseffekter på störning vid exponering för både buller och vibrationer. Ett tredje syfte var att undersöka vilken betydelse byggnadsstomme, våningsplan, markförhållanden och avstånd från järnvägen har för vibrationsnivå inne i huset och olika situationsfaktorer betydelse (t.ex. byggnadsår, typ av hus, våningsplan, avstånd till järnväg) för hur störande tågbuller och vibrationer upplevs. En central frågeställning var hurvida vibrationsnivåer från tågtrafik inne i bostäder kan beräknas (med tillräckligt god precision) utifrån resultat av enstaka mätningar utomhus i mark samt inomhus.

5.1 Störning och påverkan på olika aktiviteter av tågbuller i områden med inga/svaga respektive med starka vibrationer

Tabell 21 visar översiktligt huvudresultaten för effekter av tågbuller för olika ljudnivåkategorier avseende (i) allmän störning, (ii) samtal, lyssningsaktiviteter och avkoppling (inomhus med stängt respektive öppet fönster och utomhus) och tabell 22 visar (iii) sömnstörningar (vid stängt respektive öppet fönster).

Se även analyser med binär logistisk regression av samband för andel störda av buller i relation till ljudnivå (Appendix 13) och andel störda av vibrationer i relation till avstånd till järnvägen (Appendix 14).

Tabell 21. Översikt av jämförelser avseende störningar av tågbuller (andel i %): allmän störning och störning av aktiviteter mellan områden med svaga/inga vibrationer (Töreboda och Falköping) och områden med starka vibrationer (Alingsås och Kungsbacka). Allmän störning och aktivitetsstörningar dagtid anges för olika ljudnivåkategorier i $L_{Aeq,24h}$.

$L_{Aeq,24h}$	Töreboda, Falköping inga/svaga vibrationer			Alingsås, Kungsbacka starka vibrationer					
	45-50 dB	51-55 dB	56-65 dB	45-50 dB	Diff	51-55 dB	Diff	56-65 dB	Diff
Allmän störning ¹⁾	8	9	24	12	+4	26	+17	56	+32
Aktivitetsstörningar ²⁾									
Samtal:									
Inomhus stängt fönster	2	2	7	4	+2	6	+4	19	+12
Inomhus öppet fönster	5	5	22	6	+1	14	+9	48	+26
Utomhus	8	8	29	11	+3	26	+18	73	+44
Lyssna på radio/TV:									
Inomhus stängt fönster	2	3	17	3	+1	7	+4	35	+17
Inomhus öppet fönster	8	6	29	6	-2	17	+11	60	+31
Avkoppling:									
Inomhus stängt fönster	6	5	10	6	0	14	+9	36	+26
inomhus öppet fönster	12	8	19	6	-6	16	+8	49	+30
Utomhus	9	7	25	8	-1	17	+10	60	+35

¹⁾ Andel i % som är ganska, mycket eller oerhört mycket störda. ²⁾ Andel i % med påverkan >3. Siffror i rött indikerar högre störning av tågbuller i områden med starka vibrationer.

Som framgår av översiktstabellen ovan påverkas människor som bor i områden med starka vibrationer från tågtrafik i högre omfattning av tågbuller än människor som bor i områden med svaga/inga vibrationer från tågtrafik. Andelen som störs eller påverkas negativt av tågbuller i områden med svaga vibrationer är relativt begränsade vid ljudnivåer lägre än $L_{Aeq,24h}$ 56 dB liksom i områden med starka vibrationer där ljudnivåerna understiger $L_{Aeq,24h}$ 51 dB.

I områden med inga/svaga vibrationer från tågtrafik uppgår **andelen som störs** av tågbuller till 24 % vid ljudnivåer mellan 56 och 65 dB medan motsvarande andel störda uppnås vid 5 dB lägre ljudnivå i områden utsatta för starka markvibrationer från tågtrafik. I de högsta ljudnivåkategorierna, $L_{Aeq,24h} = 56-65$ dB, är 2,5 gånger fler störda av tågbuller i områden med starka vibrationer (56 respektive 24 % störda).

Förhållandet är likartat för påverkan på **lyssningsaktiviteter** och **samtal** samt vid **avkoppling** (inomhus med stängt respektive öppet fönster samt utomhus). En högre andel påverkas negativt av tågbuller i områden med starka vibrationer. Skillnaderna mellan områdena ökar med ökad ljudnivå och ca 2-3 gånger fler är negativt påverkade vid de högsta ljudnivåerna (jfr. 36 respektive 10 % störda vid avkoppling inomhus med stängt fönster).

Andelen som anger **försämrad sömnkvalitet** p.g.a. tågbuller vid öppet fönster uppgår till mer än 10 % först vid ljudnivåer (L_{natt}) mellan 55-59 dB i områden med inga/svaga vibrationer. I områden med starka vibrationer anger 13 % sämre sömnkvalitet redan vid 5 dB lägre ljudnivå (50-54 dB) och vid ljudnivåer mellan 60 och 65 dB anger 47 % sämre sömnkvalitet p.g.a. tåguller, se tabell 22 nedan).

Tabell 22. Översikt av jämförelser avseende sömnstörningar av tågbuller (andel i %) mellan områden med svaga/inga vibrationer (Töreboda och Falköping) och områden med starka vibrationer (Alingsås och Kungsbacka). Ljudnivåkategorier anges för olika ljudnivåkategorier i L_{natt} .

L_{natt}	Töreboda, Falköping inga/svaga vibrationer			Alingsås, Kungsbacka starka vibrationer					
	50-54 dB	55-59 dB	60-65 dB	50-54 dB	Diff	55-59 dB	Diff	60-65 dB	Diff
Sömnstörningar ¹⁾									
Sämre sömnkvalitet:									
Vid stängt fönster	3	5	9	10	+7	29	+24	25	+16
Vid öppet fönster	5	12	24	13	+8	34	+22	47	+23
Störs av att inte kunna sova med öppet sovrumsfönster	7	16	33	13	+6	39	+23	51	+18

¹⁾ Andel i % med påverkan >3. Siffror i rött indikerar högre störning av tågbuller i områden med starka vibrationer. (Sömnstörningar $L_{natt} < 50$ dB lika som L_{natt} 50-54 dB och redovisas inte i tabellen.)

5.2 Bostadens utformning och påverkan av buller och vibrationer

Några av de undersökta faktorerna har ingen eller liten påverkan på olika effekter av tågbuller. **Typ av hus** (småhus/flerbostadshus) eller vilket **år huset är byggt** (- 1941, 1942-75, 1975-) har ingen signifikant inverkan på allmän störning av tågbuller även om det i några fall finns en något högre andel störda av tågbuller i hus byggda före 1941 (figur 14; 15 och 16). I de fall det förekom **3-glasfönster** i bostaden var störning av tågbuller marginellt lägre än då enbart annan typ av fönster fanns 2-glas (figur 17). Typ av fönster hade inte någon signifikant inverkan på förekomsten av sömnstörningar (figur 26). I de fall **sovrummet var beläget på våning 1** var förekomsten av sömnstörningar vid stängt och vid öppet fönster signifikant lägre än då

sovrummet var beläget på våning 2 eller högre upp men detta gällde bara då ljudnivåerna understeg L_{natt} 55 dB (figur 27).

Faktorer som hade mycket stor betydelse för uppkomst av störning och sömnstörningar av buller var **balkong/uteplatsens läge** respektive **sovrumsfönstrens läge** i förhållande till järnvägen (figur 18, 24 och 25). Andelen som stördes av tågbuller vid samtal på uteplats var signifikant högre om balkong/uteplats var belägen mot järnvägen jämfört mot åt ett annat håll och detta var fallet både vid relativt låga ljudnivåer (51-55 dB) som vid de högsta ljudnivåerna (56-65 dB). Vid såväl lägre ljudnivåer (L_{natt} 41-54 dB) som vid högre ljudnivåer (L_{natt} 55-65 dB) var förekomsten av sömnstörningar avsevärt mycket lägre då sovrumsfönstren inte vette mot järnvägen.

Avstånd till järnvägen har ett mycket starkt samband med vibrationsnivå och samvarierar därför med störning av vibrationer. I områden med starka vibrationer var relativt många störda av tåg vibrationer även på långt avstånd från järnvägen (t.ex. ca 10 % störda på 250 m avstånd). I områden med inga/svaga vibrationer minskade andelen som stördes av vibrationer snabbt med ökande avstånd från järnvägen (Appendix 14).

Typ av hus var en faktor av stor betydelse för störning av vibrationer. Boende i **småhus** var signifikant mer störda av vibrationer men det fanns inga signifikanta skillnader i störning av vibrationer beroende på om det fanns **källare** eller ej eller om **materialet i byggnadsstommen** var av trä eller tegel/betong (figur 32, 33).

5.3 Jämförelser av dos-respons samband för störning av buller och vibrationer från tågtrafik och interaktionseffekter av buller och vibrationer

Samtidig förekomst av vibrationer från tågtrafiken påverkar upplevelse och **störning av buller**. Skillnaderna i dos-responssamband mellan bullernivå och andel störda av buller i områden med starka vibrationer respektive inga/svaga vibrationer ökar med ökad ljudnivå. Vi låga ljudnivåer mellan 45 och 50 dB är mellan 5 och 9 procentenheter färre störda av tågbuller i områden utan vibrationer och vid ljudnivåer mellan 60 och 65 dB är skillnaderna i störning ca 25-30 procentenheter. För lika andel störda av buller behöver ljudnivån från tågtrafiken i områden med starka vibrationer vara 5-7 dB lägre än i områden med inga/svaga vibrationer (Appendix 14).

Störning av vibrationer från tågtrafiken ökar med ökad vibrationsnivå och resultaten tyder på att det finns en tröskel för störning vid ca 0,4 mm/s maximal komfortvägd vibrationshastighet inomhus. Under 0,20 mm/s är färre än 10 % störda av vibrationer, mellan 0,20 och 0,39 mm/s är andel störda ca 35 % och ca 20 % mycket störda. Vid vibrationsnivåer däröver fördubblas andelen störda av vibrationer, 65 % störda och 61 % mycket störda (figurer gällande småhus sid 47).

Där starka vibrationer förekommer kan dessa upplevas som lika störande som buller från tågtrafiken (figur 36, höger). Spridningen i vibrationsnivå i undersökningsmaterialet var liten, i de flesta fall var vibrationsnivåerna < 0,40 mm/s, vilket begränsade möjligheterna att dela in materialet i mindre grupper för analys av **interaktionseffekter mellan störning av buller och vibrationer** (se figur 2 och 3 sid xx). En signifikant trend för ökad störning av vibrationer med ökande bullernivå och en motsvarande signifikant trend för ökad störning av buller med ökande vibrationsnivå förelåg dock (fig 39).

5.4 Beräkning av vibrationer inomhus och i mark

Mätningarna av vibrationer i mark visar att det är ett ganska enkelt samband mellan vibrationshastighet och *avstånd från järnvägen*, den maximala komfortvägda vibrationshastigheten minskar med ca 47 % om avståndet dubblas. Vibrationerna i huskroppen är dock helt beroende av *husets konstruktion* och kan både dämpas så de blir något lägre än nivåerna i mark och förstärkas upp till fem gånger. Mätserierna visar också att det inte förekommer några starka vibrationer i de områden där de *geologiska förutsättningarna* inte finns, d.v.s. de som är valda som lågvibrationsområden i studierna.

Eftersom husens konstruktion till stor del avgör hur starka vibrationerna blir inomhus måste man veta alla detaljer kring material och byggnadsmetod för att kunna beräkna vibrationshastigheten. Det är dessutom ganska komplicerade beräkningar för att avgöra precis vilka resonansfrekvenserna är och hur mycket dessa exciteras av markvibrationerna. Slutsatsen blir att det inte är möjligt att beräkna vibrationshastigheten inomhus om man inte har medel att göra detaljerade beräkningar eller mätningar för varje byggnad som ingår i studien.

I Kungsbacka visade det sig dock under fältmätningarna att en stor majoritet av byggnaderna är av liknande konstruktion och är lika känsliga för vibrationer. Därför var det möjligt att beräkna en trolig vibrationshastighet inomhus i Kungsbacka.

5.5 Slutsatser

- Samtidig förekomst av buller och vibrationer från tågtrafik leder till förhöjd störning av tågbuller. Skillnaden i störning motsvarar ca 5-7 dB, d.v.s. för att erhålla samma andel störda krävs en ljudnivå som är 5-7 dB lägre i områden med starka vibrationer jämfört med i områden med inga/svaga vibrationer.
- Situationsfaktorer som har stor betydelse för upplevelse av olika effekter av tågbuller var *balkongens/uteplatsens och sovrumsfönstrens läge* i förhållande till järnvägen. Övriga undersökta faktorer som typ av hus, typ av fönster och vilket år huset var byggt hade liten betydelse för upplevda effekter.
- Den situationsfaktor som har stor betydelse för upplevelse av olika effekter av vibrationer från tågtrafik är *typ av hus*, andelen störda av vibrationer är högre i småhus än i flerbostadshus.

6. REFERENSER

Banverket och Naturvårdsverket 1997. Buller och vibrationer från spårburen linjetrafik. Policy och tillämpning. BVPO 724.001.

Direktiv 2002/49 EG: Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/49 EG av den 25 juni 2002 om bedömning och hantering av omgivningsbuller.

Förordning om omgivningsbuller SFS nr: 2004:675 utfärdad 2004-07-01.

Göransson, C. (1991). Vibrationer från tågtrafik - Jämförelse av två mätmetoder och olika riktvärden. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, 1991:44.

Infrastrukturinriktning för framtida transporter, prop. 1996/97:53, antagen av riksdagen den 20/3 1997. <http://www.riksdagen.se>.

ISO (2003). ISO/TS15666, Technical Specification, first edition 2003-02-01 Acoustics-Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys. Reference number ISO/TS 15666:2003 (E).

Jerson, T., Ögren, M., Gidlöf-Gunnarsson, A. & Öhrström, E. (2010). Effekter av tågbuller: Samband med bullernivåer beräknade på 2 och 4 m höjd (Del 1) samt antal tåg per maxtimme > $L_{AFmax} 70$ dB på uteplats (Del 2). Rapport nr 3: 2010, Enheten för Arbets- och miljömedicin, Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa, Göteborgs universitet.

Ögren, M. & Jerson, T. (2010). Mätning och beräkning av buller och vibrationer från tåg- och vägtrafik inom TVANE-projektet. VTI-notat nr xx-2010 .

Öhrström, E. (2004). Samhällsbuller – Omfattning, hälsoeffekter och bedömning. I: *Miljökonsekvensbeskrivning och hälsa – Några föroreningskällor beskrivning och riskbedömning*. Socialstyrelsen 2004. ISBN 91-7201-8666-6.

Öhrström, E., Barregård, B., Andersson, E., Skånberg, A., Svensson, H. & Ängerheim, P. (2007). Annoyance due to single and combined exposure from railway and road traffic noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 122 (5): 2642-2652 Part 1.

Öhrström E, Barregård L, Skånberg A, Svensson H, Ängerheim P, Holmes M and Bonde E (2005). Undersökning av hälsoeffekter av buller från vägtrafik, tåg och flyg i Lerums kommun. Göteborgs universitet, avd för miljömedicin 2005;1. ISSN 1400-5808, ISRN GU-MMED-R-2005/1-SE.

Öhrström, E. & Skånberg, A. (1995) . Effekter av exponering för buller och vibrationer från tågtrafik - undersökningar i 15 tätorter. Rapport 1/95, Avdelningen för miljömedicin, Göteborgs universitet.

Öhrström, E. & Skånberg, A. (1996). "A field survey on effects of exposure to noise and vibration from railway traffic, part I: annoyance and activity effects." *Journal of Sound and Vibration*, 193 (1), 39-47.

Öhrström, E. & Skånberg, A. (2006). Litteraturstudie – Effekter avseende buller och vibrationer från tåg- och vägtrafik. Arbets- och miljömedicin, Sahlgrenska Akademin vid Göteborgs universitet. Rapport 112, 2006. ISSN 1650-4321, ISBN 91-7876-111-5.

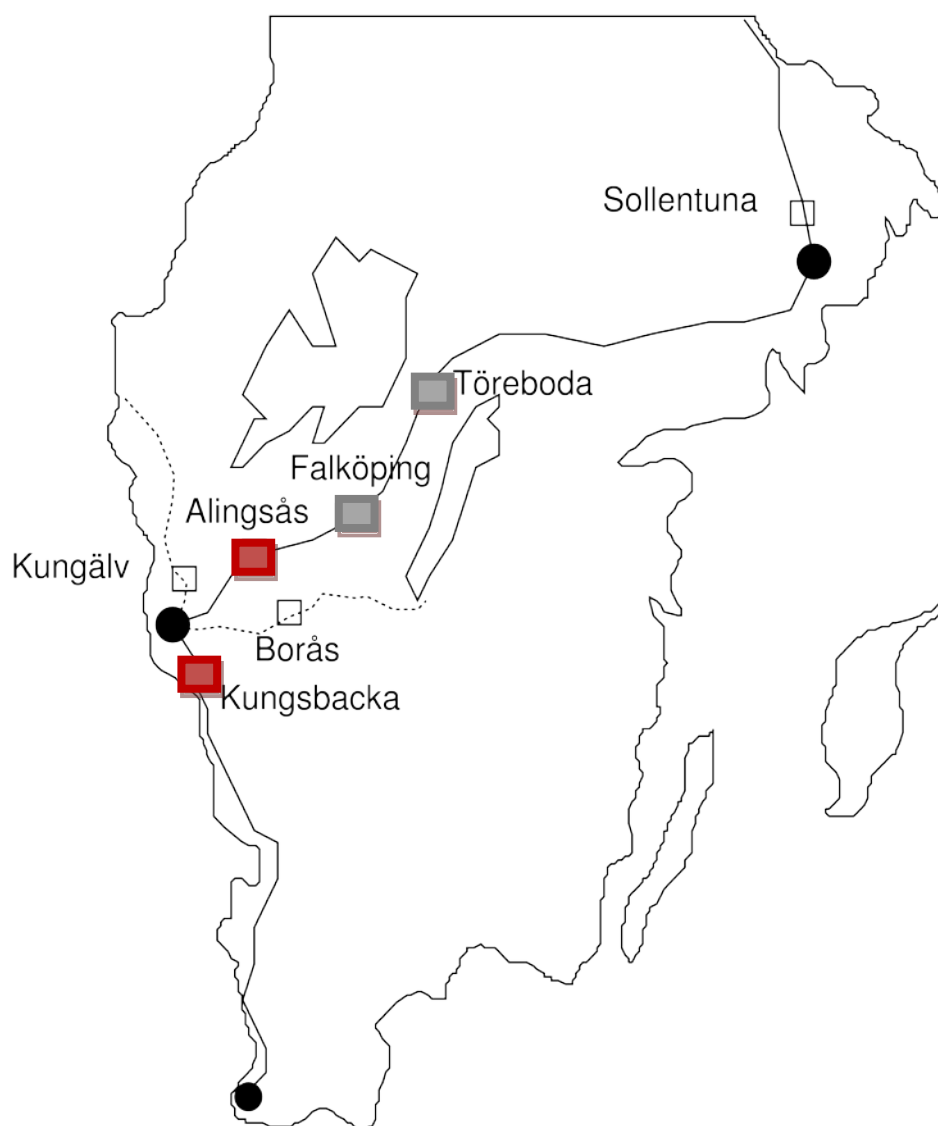
Öhrström, E., Skånberg, A. Svensson, H. & Gidlöf-Gunnarsson, A. (2006). Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness. *Journal of Sound and Vibration*, 295, 40-59.

APPENDIX

Innehållsförteckning

1. Undersökningsområdenas läge
2. PM Bullerkälla och indata för beräkningar av buller
3. Antal tåg per timme kl. 06-22
4. Bullerberäkningar 2 m över mark – kartor med ljudnivå i $L_{Aeq,24h}$ i 5-dB intervall
5. Undersökningspopulationen – indelning för olika ljudnivåkategorier
6. Beskrivning av undersökningspopulationen
7. Beskrivning av bostaden och bostadens utformning
8. Beskrivning av bostaden och bostadens nära omgivning
9. Störning av olika olägenhetskällor i bostadsområdet
10. Samband mellan allmän störning och aktivitetspåverkan
11. Bostadens utformning och påverkan av tågbuller på avkoppling och utevistelse
12. De boendes egna kommentarer om vibrationsstörningar
13. Samband mellan ljudnivå (L_{Aeq24h}) och allmän störning analyserat med binär logistisk regressionsanalys
14. Samband mellan avstånd från järnvägen och störning av vibrationer analyserat med binär logistisk regressionsanalys

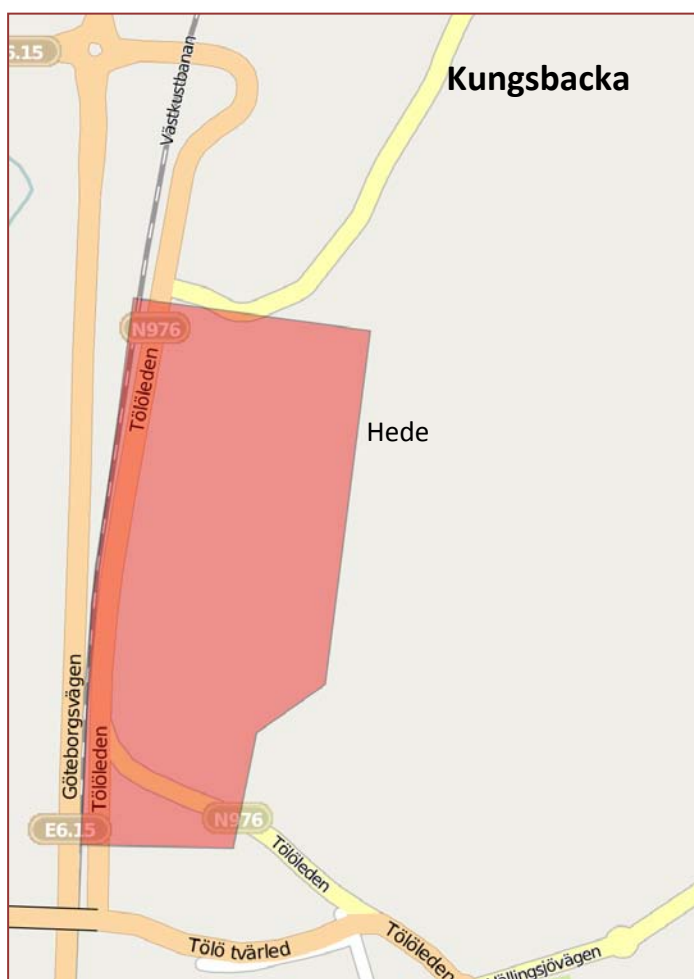
Undersökningsområdenas läge



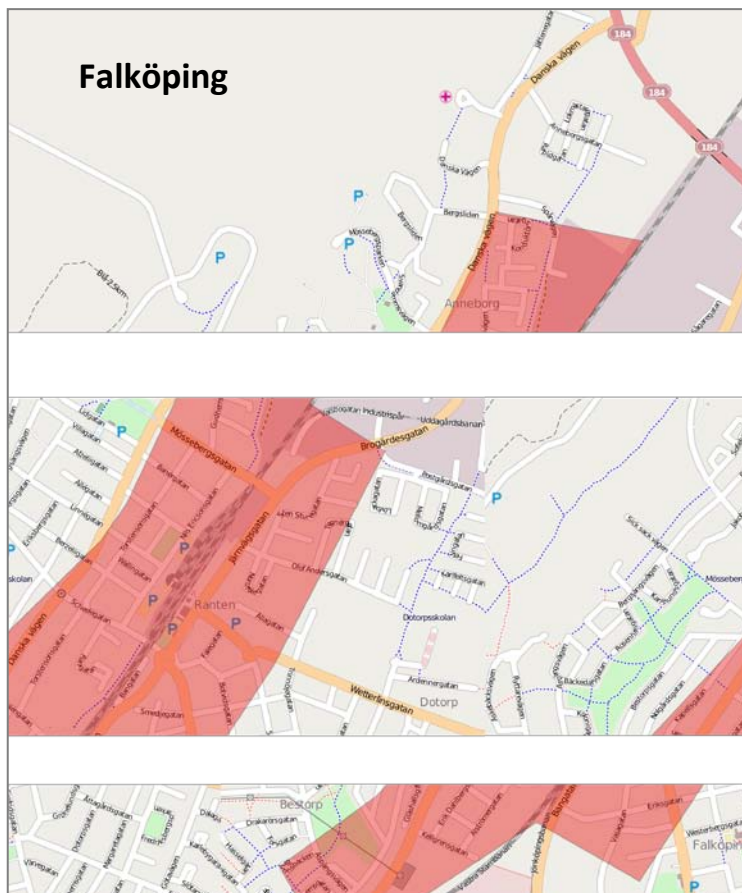
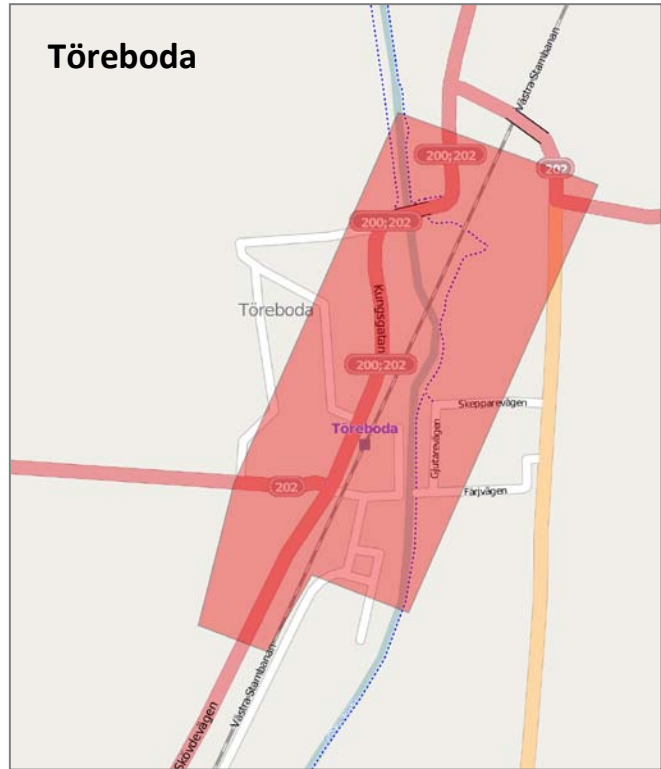
Områden med starka vibrationer 

Områden med svaga vibrationer 

Undersökningsområdenas läge: Områden med starka vibrationer



Undersökningsområdenas läge: Områden med svaga vibrationer



PM 081202

Bullerkällor och indata för beräkningar i Alingsås kommun

Tågtrafik

För beräkning av tågbuller i Alingsås har uppgifter om tågtrafiken på Västra stambanan inhämtats från Banverket. Uppgifterna har kontrollerats mot tidtabeller för pendel- och regiontåg hos Västtrafik och SJ. Tabell 1 nedan visar det antal tåg som passerar cirka 1 km väster om Alingsås station och dess fördelning över dygnet (vardagsmedeldygn) i nuläge.

Tabell 1. Tågtrafik på Västra Stambanan, cirka 1 km väster om Alingsås station.

Tidsperiod	Antal tåg per tågtyp och vardagsmedeldygn				Totalt
	Motorvagnståg X11-X50	Lokdragna persontåg	X2	Godståg	
Kl. 06-18	69	8	17	8	102
Kl. 18-22	20	8	11	22	61
Kl. 22-06	16	0	4	23	43
Antal/typ av tåg	105	16	32	53	206

Beräkningar

Det beräkningsprogram som har använts heter Cadna (version 3.7). Beräkningarna är gjorda i enskilda mottagarpunkter vid fasad på varje bostadshus som har ingått i det urval av bostäder som har använts inom projektets ram. Varje mottagarpunkt har höjden 2 respektive 4 meter över mark. Beräkningarna är gjorda som frifältsvärden dvs. utan inverkan av den "egna" byggnadsfasaden men med inverkan av reflektioner i andra närliggande objekt såsom intilliggande byggnader, skärmar etc.

Vid inläsning i beräkningsprogrammet av mottagarpunkterna har koordinatsättningen varit inexact och vissa mottagarpunkter har inte placerats vid avsedd byggnadsfasad. Där har manuell justering av placeringen skett och en uppskattning av den mest exponerade fasaddelen har använts för bestämning av mottagarpunktens placering.

Beräkningarna är gjorda med måtten L_{den} , L_{Aeq24h} och L_{AFmax} . Måttet L_{den} avser det bullermått som föreskrivs i EU-direktivet för bullerkartläggning. Samtliga beräkningar har skett enligt EU-direktivet eller för de svenska bullermåtten enligt den nordiska beräkningsmodellen för tågbuller. Digitalt kartunderlag för beräkningarna har erhållits från Alingsås kommun. Bullerskydd utmed järnvägen har lagts in i beräkningsprogrammet baserat på kartunderlag, bilder och uppskattningar från platsbesök.

Göteborg 2008-12-02

WSP Akustik
Perry Ohlsson

Granskat: Tomas Jerson

PM 081202

Bullerkällor och indata för beräkningar i Kungsbacka kommun

Tågtrafik

För beräkning av tågbuller har uppgifter om tågtrafiken på Västra stambanan genom Kungsbacka inhämtats från Banverket. Tabell 1 nedan visar det antal tåg som passerar mellan Hede och Kungsbacka station och dess fördelning över dygnet (vardagsmedeldygn) i nuläge.

Tabell 1. Tågtrafik på Västkustbanan, mellan Hede och Kungsbacka station.

Tidsperiod	Antal tåg per tågtyp och vardagsmedeldygn					Totalt
	Motorvagnståg X11-X14	Motorvagnar X30-X50	Lokdragna persontåg	X2	Godståg	
Kl. 06-18	70	32	2	5	6	115
Kl. 18-22	22	8	0	1	6	37
Kl. 22-06	12	2	0	0	13	27
Antal/typ av tåg	104	42	2	6	25	179

Beräkningar

Det beräkningsprogram som har använts heter Cadna (version 3.7). Beräkningarna är gjorda i enskilda mottagarpunkter vid fasad på varje bostadshus som har ingått i det urval av bostäder som har använts inom projektets ram. Varje mottagarpunkt har höjden 2 respektive 4 meter över mark. Beräkningarna är gjorda som frifältvärden dvs. utan inverkan av den "egna" byggnadsfasaden men med inverkan av reflektioner i andra närliggande objekt såsom intilliggande byggnader, skärmar etc.

Vid inläsning i beräkningsprogrammet av mottagarpunkterna har koordinatsättningen varit inexact och vissa mottagarpunkter har inte placerats vid avsedd byggnadsfasad. Där har manuell justering av placeringen skett och en uppskattning av den mest exponerade fasaddelen har använts för bestämning av mottagarpunktens placering.

Beräkningarna är gjorda med måtten L_{den} , L_{Aeq24h} och L_{AFmax} . Måttet L_{den} avser det bullermått som föreskrivs i EU-direktivet för bullerkartläggning. Samtliga beräkningar har skett enligt EU-direktivet eller för de svenska bullermåtten enligt den nordiska beräkningsmodellen för tågbuller. Digitalt kartunderlag för beräkningarna har erhållits från Kungsbacka kommun. Bullerskydd utmed järnvägen har lagts in i beräkningsprogrammet baserat på kartunderlag, bilder och uppskattningar från platsbesök.

Göteborg 2008-12-02

WSP Akustik
Perry Ohlsson

Granskat: Tomas Jerson

PM 081202**Bullerkällor och indata för beräkningar i Töreboda kommun****Tågtrafik**

För beräkning av tågbuller i Töreboda har uppgifter om tågtrafiken på Västra stambanan inhämtats från Banverket. Uppgifterna har kontrollerats mot tidtabeller för pendel- och regiontåg hos Västtrafik och SJ. Tabell 1 nedan visar det antal tåg som passerar Töreboda och dess fördelning över dygnet (vardagsmedeldygn) i nuläge.

Tabell 1. Tågtrafik på Västra Stambanan i Töreboda.

Tidsperiod	<i>Antal tåg per tågtyp och vardagsmedeldygn</i>					Totalt
	Motorvagnståg X10-X14	Motorvagnar X50	Lokdragna persontåg	X2	Godståg	
Kl. 06-18	4	16	8	16	6	50
Kl. 18-22	4	6	8	10	20	48
Kl. 22-06	2	0	0	4	20	26
Antal/typ av tåg	10	22	16	30	46	124

Beräkningar

Det beräkningsprogram som har använts heter Cadna (version 3.6). Beräkningarna är gjorda i enskilda mottagarpunkter vid fasad på varje bostadshus som har ingått i det urval av bostäder som har använts inom projektets ram. Varje mottagarpunkt har höjden 2 respektive 4 meter över mark. Beräkningarna är gjorda som frifältsvärden dvs. utan inverkan av den "egna" byggnadsfasaden men med inverkan av reflektioner i andra närliggande objekt såsom intilliggande byggnader, skärmar etc.

Vid inläsning i beräkningsprogrammet av mottagarpunkterna har koordinatsättningen varit inexact och vissa mottagarpunkter har inte placerats vid avsedd byggnadsfasad. Där har manuell justering av placeringen skett och en uppskattning av den mest exponerade fasaddelen har använts för bestämning av mottagarpunktens placering.

Beräkningarna är gjorda med måtten L_{den} , L_{Aeq24h} och L_{AFmax} . Måttet L_{den} avser det bullermått som föreskrivs i EU-direktivet för bullerkartläggning. Samtliga beräkningar har skett enligt EU-direktivet eller för de svenska bullermåtten enligt den nordiska beräkningsmodellen för tågbuller. Digitalt kartunderlag för beräkningarna har erhållits från Mariestads kommun.

Göteborg 2008-12-02

WSP Akustik
Perry Ohlsson

Granskat: Tomas Jerson

PM 081202**Bullerkällor och indata för beräkningar i Falköpings kommun****Tågtrafik**

För beräkning av tågbuller i Falköping har uppgifter om tågtrafiken på Västra stambanan inhämtats från Banverket. Uppgifterna har kontrollerats mot tidtabeller för pendel- och regiontåg hos Västtrafik och SJ. Tabell 1 nedan visar det antal tåg som passerar Falköping och dess fördelning över dygnet (vardagsmedeldygn) i nuläge.

Tabell 1. Tågtrafik på Västra Stambanan i Falköping.

Tidsperiod	Antal tåg per tågtyp och vardagsmedeldygn					Totalt
	Motorvagns tåg X10-X14	Motorvagnar X50	Lokdragna persontåg	X2	Godståg	
Kl. 06-18	4	16	8	16	6	50
Kl. 18-22	4	6	8	10	20	48
Kl. 22-06	2	0	0	4	20	26
Antal/typ av tåg	10	22	16	30	46	124

Beräkningar

Det beräkningsprogram som har använts heter Cadna (version 3.6). Beräkningarna är gjorda i enskilda mottagarpunkter vid fasad på varje bostadshus som har ingått i det urval av bostäder som har använts inom projektets ram. Varje mottagarpunkt har höjden 2 respektive 4 meter över mark. Beräkningarna är gjorda som frifältsvärden dvs. utan inverkan av den "egna" byggnadsfasaden men med inverkan av reflektioner i andra närliggande objekt såsom intilliggande byggnader, skärmar etc.

Vid inläsning i beräkningsprogrammet av mottagarpunkterna har koordinatsättningen varit inexakt och vissa mottagarpunkter har inte placerats vid avsedd byggnadsfasad. Där har manuell justering av placeringen skett och en uppskattning av den mest exponerade fasaddelen har använts för bestämning av mottagarpunktens placering.

Beräkningarna är gjorda med måtten L_{den} , L_{Aeq24h} och L_{AFmax} . Måttet L_{den} avser det bullermått som föreskrivs i EU-direktivet för bullerkartläggning. Samtliga beräkningar har skett enligt EU-direktivet eller för de svenska bullermåtten enligt den nordiska beräkningsmodellen för tågbuller. Digitalt kartunderlag för beräkningarna har erhållits från Falköpings kommun och Göteborgs Universitet. Då kartmaterialet inte har omfattat alla mottagarpunkter har inga byggnader medtagits på avstånd större än 300 m från Västra Stambanan.

Göteborg 2008-12-02

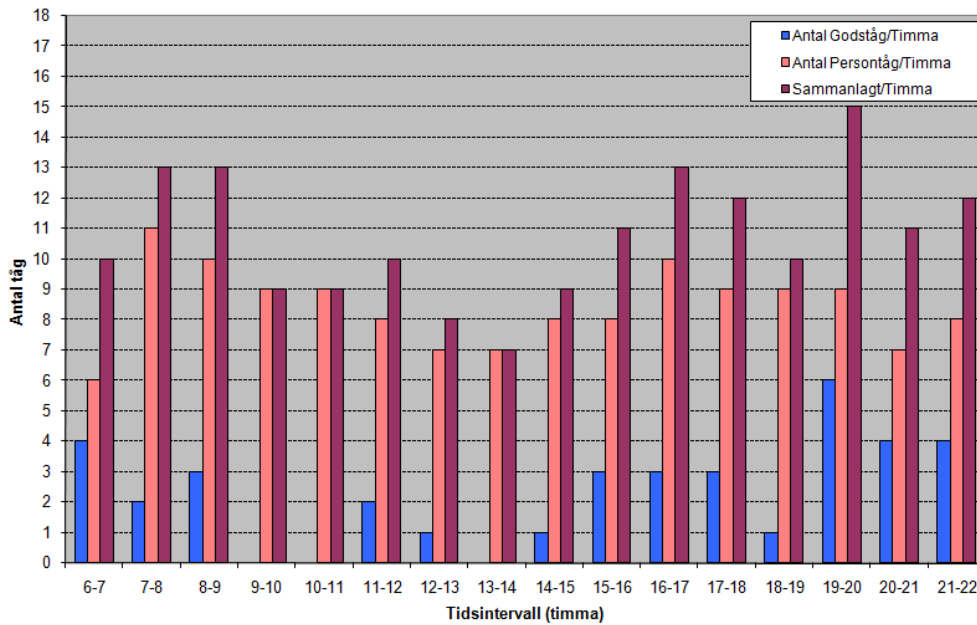
WSP Akustik
Perry Ohlsson

Granskat: Tomas Jerson

Antal tåg per timme dagtid kl. 06-22 i områden med svaga vibrationer

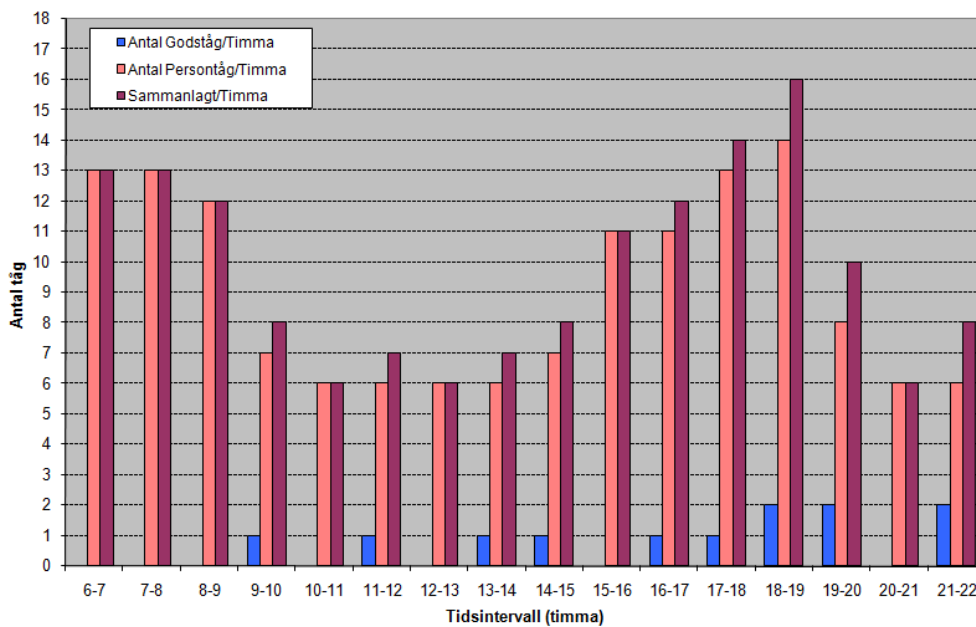
Alingsås

Antal tågrörelser/timma vardagar i Alingsås mellan kl 06-22



Kungsbacka

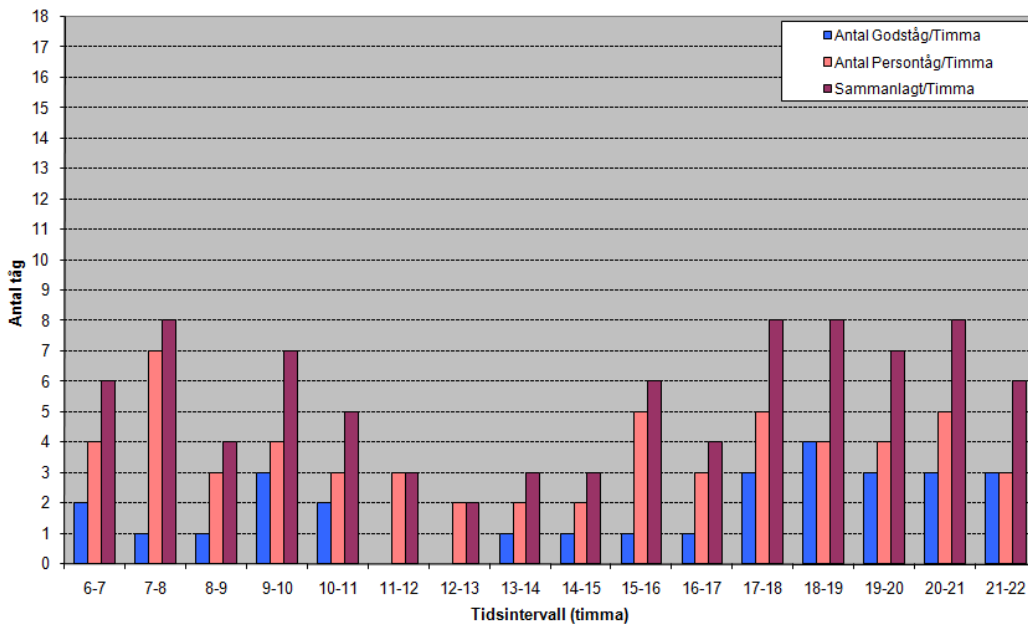
Antal tågrörelser/timma vardagar vid Hede (Kungsbacka) mellan kl 06-22



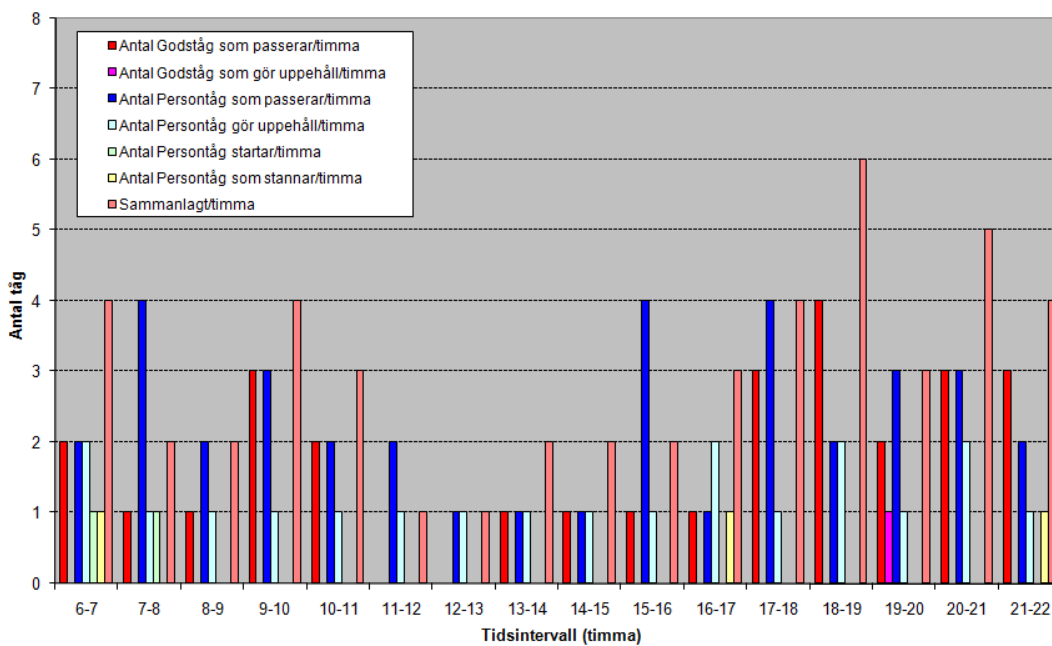
Antal tåg per timme dagtid kl. 06-22 i områden med svaga vibrationer

Töreboda

Antal tågrörelser/timma vardagar i Töreboda mellan kl 06-22



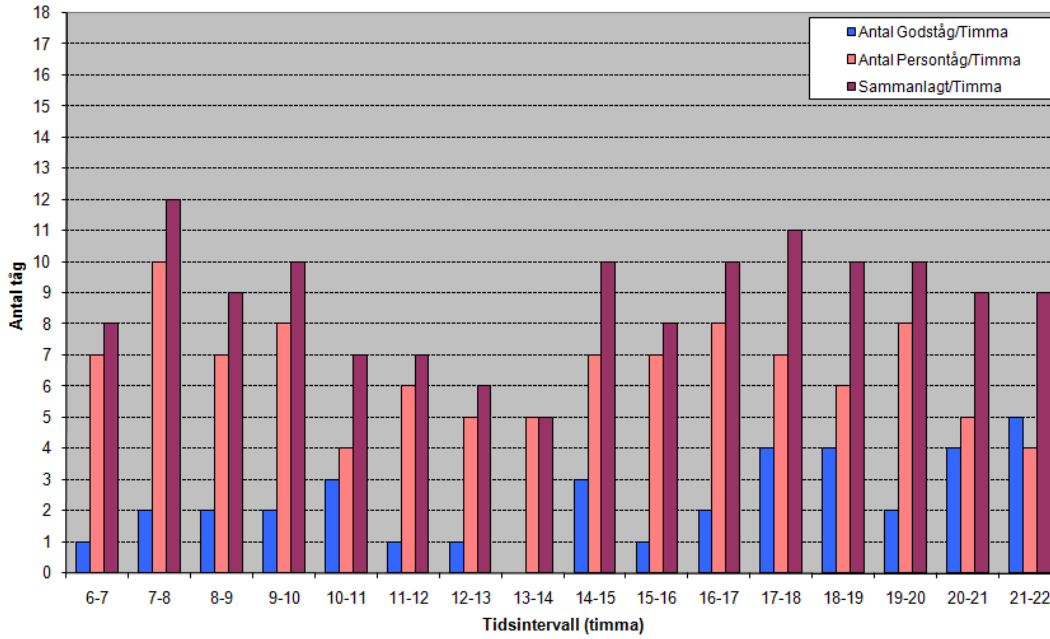
Antal tågrörelser/timma vardagar i Töreboda mellan kl 06-22



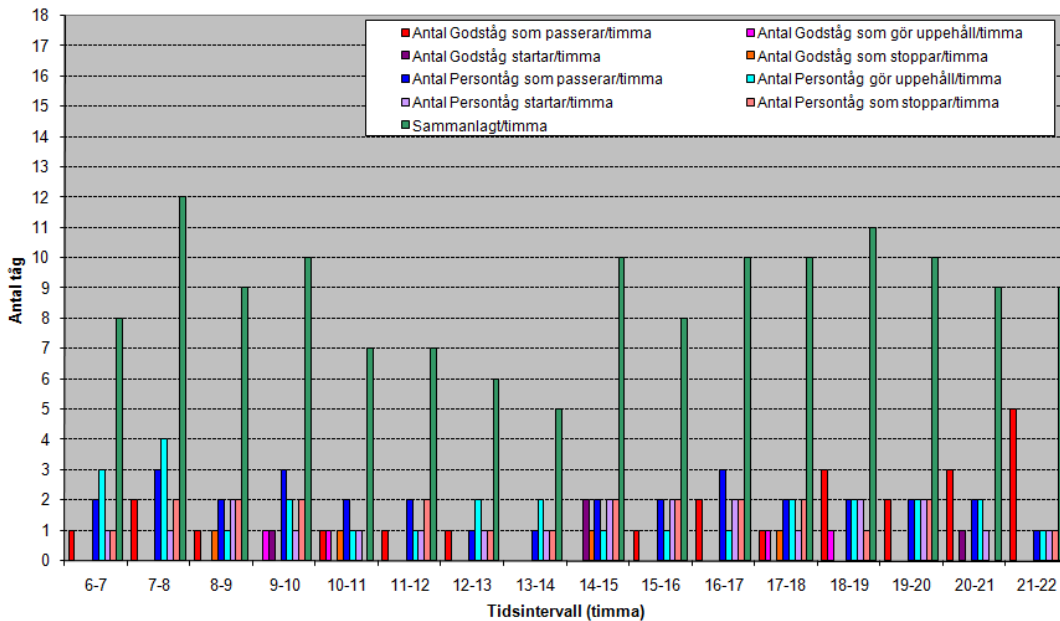
Antal tåg per timme dagtid kl. 06-22 i områden med svaga vibrationer

Falköping

Antal tågrörelser/timma vardagar i Falköping mellan kl 06-22



Antal tågrörelser/timma vardagar i Falköping mellan kl 06-22

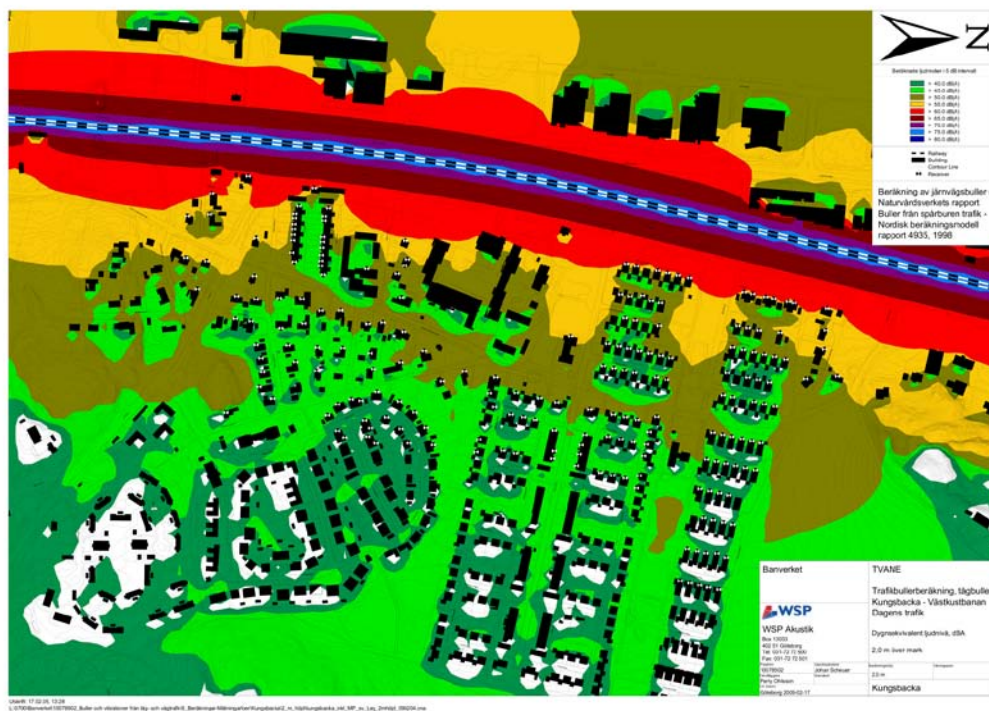


Bullerberäkningar – kartor med ljudnivå i $L_{Aeq,24h}$ i 5-dB intervall

Alingsås

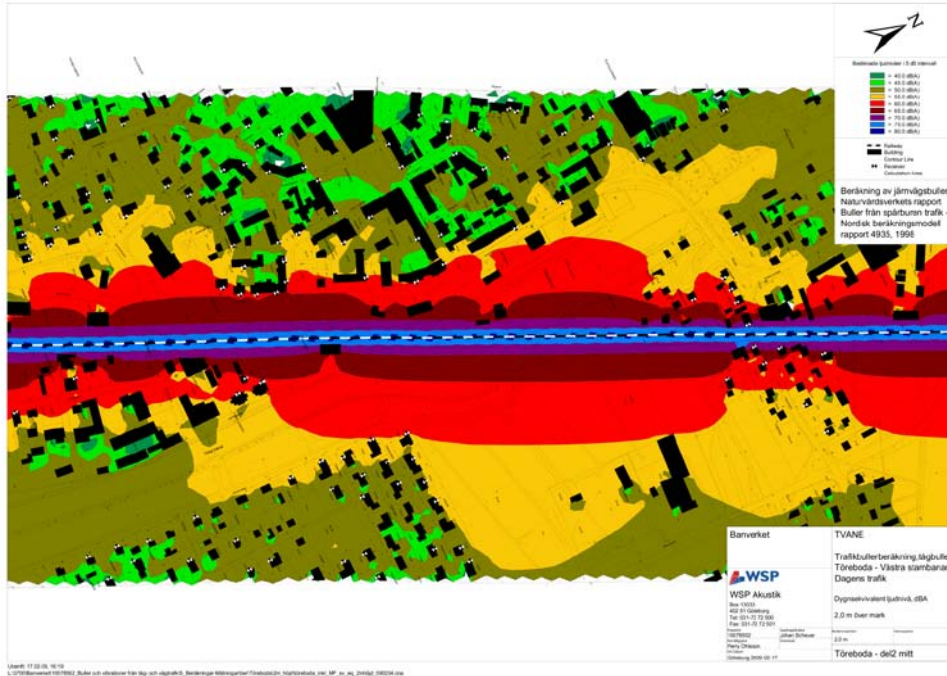


Kungsbacka



Bullerberäkningar – kartor med ljudnivå i $L_{Aeq,24h}$ i 5-dB intervall

Töreboda



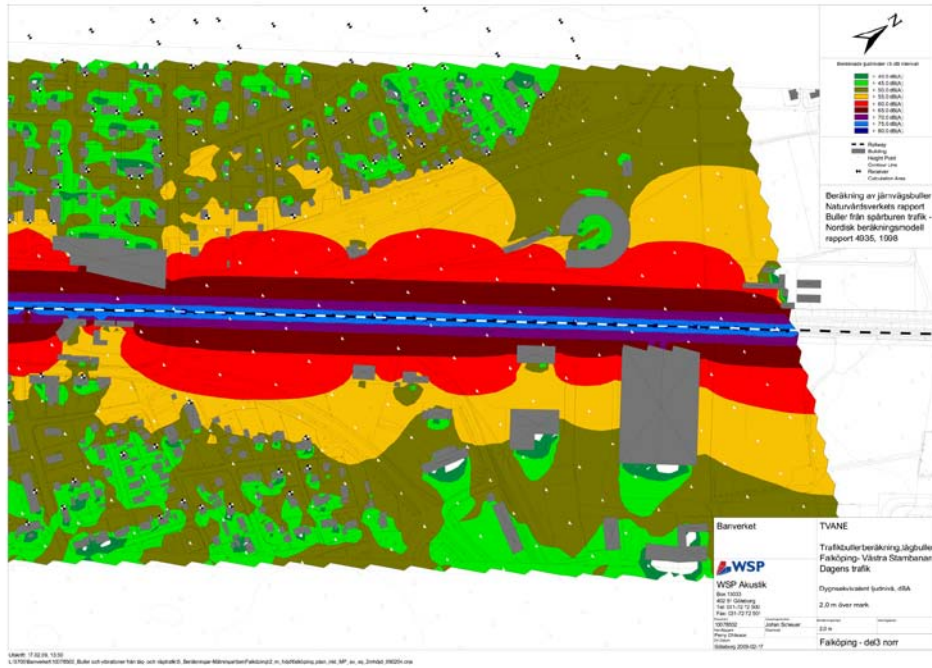
Norra delen av undersökningsområdet



Södra delen av undersökningsområdet

Bullerberäkningar – kartor med ljudnivå i $L_{Aeq,24h}$ i 5-dB intervall

Falköping (1)



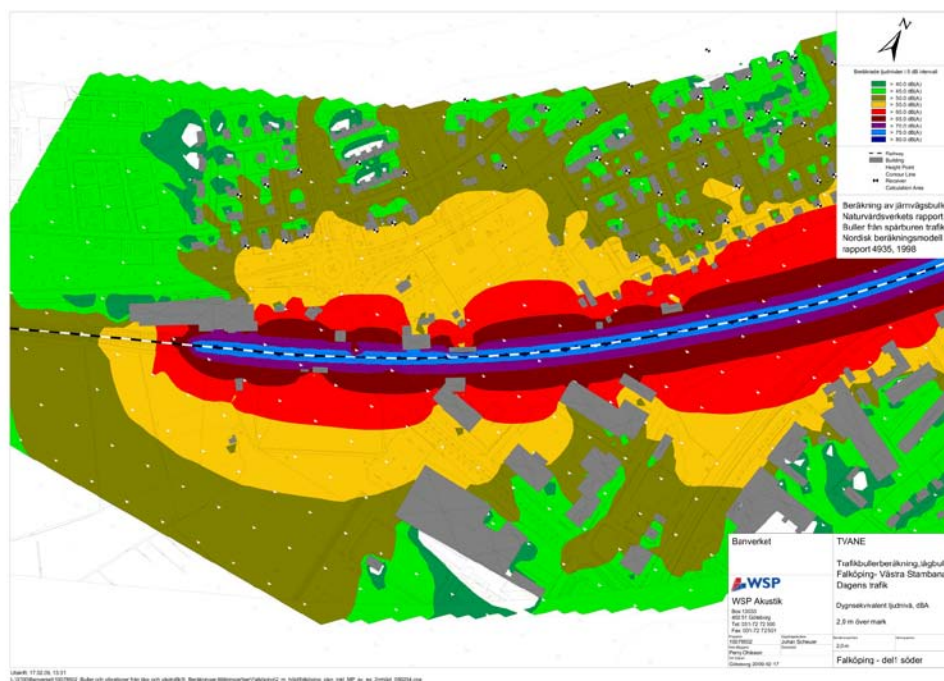
Norra delen av undersökningsområdet



Mellersta delen av undersökningsområdet

Bullerberäkningar – kartor med ljudnivå i $L_{Aeq,24h}$ i 5-dB intervall

Falköping (2)



Södra delen av undersökningsområdet

APPENDIX 5 (1/ 2)

Undersökningspopulation: Indelning efter olika ljudnivåkategorier samt efter avstånd till järnvägen

	Antal personer per ljudnivåkategori $L_{Aeq,24h}$				Totalt
	<45dB	45-50dB	51-55dB	56-65dB	
<i>Svaga vibrationer:</i>					
Töreboda	6	58	93	59	216
Falköping	9	69	173	54	305
Totalt	15	127	266	113	521
<i>Starka vibrationer:</i>					
Kungsbacka	22	119	52	25	218
Alingsås	44	99	60	38	241
Totalt	66	218	112	63	459

	Antal personer per ljudnivåkategori L_{den}				Totalt
	<56 dB	56-60 dB	61-65 dB	>65dB	
<i>Svaga vibrationer:</i>					
Töreboda	28	88	70	30	216
Falköping	23	178	80	24	305
Totalt	51	266	150	54	521
<i>Starka vibrationer:</i>					
Kungsbacka	92	84	28	14	218
Alingsås	109	69	39	24	241
Totalt	201	153	67	38	459

	Antal personer per ljudnivåkategori L_{AFmax}					Totalt
	60-65 dB	66-70 dB	71-75 dB	76-80 dB	81-85 dB	
<i>Svaga vibrationer:</i>						
Töreboda	17	72	80	27	20	216
Falköping	16	138	104	42	5	305
Totalt	33	210	184	69	25	521
<i>Starka vibrationer:</i>						
Kungsbacka	20	70	82	29	17	218
Alingsås	47	89	50	38	17	241
Totalt	67	159	132	67	34	459

APPENDIX 5 (2/ 2)

	Antal personer per ljudnivåkategori L_{natt}				Totalt
	<50 dB	50-54 dB	55-59 dB	60-65 dB	
<i>Svaga vibrationer:</i>					
Töreboda	40	96	54	26	216
Falköping	33	187	65	20	305
Totalt	<u>73</u>	<u>283</u>	<u>119</u>	<u>46</u>	<u>521</u>
<i>Starka vibrationer:</i>					
Kungsbacka	101	75	28	14	218
Alingsås	118	69	30	24	241
Totalt	<u>219</u>	<u>144</u>	<u>58</u>	<u>38</u>	<u>459</u>

	Antal personer per avståndskategori i förhållande till järnvägen						
	0-100m	101-150m	151-200m	201-250m	251-300m	301-350m	351-451m
<i>Svaga vibrationer:</i>							
Töreboda	36	47	27	59	47	0	0
Falköping	19	44	58	70	54	32	28
Totalt	<u>55</u>	<u>91</u>	<u>85</u>	<u>129</u>	<u>101</u>	<u>32</u>	<u>28</u>
<i>Starka vibrationer:</i>							
Kungsbacka	26	31	36	30	42	31	22
Alingsås	99	37	28	25	30	22	0
Totalt	<u>125</u>	<u>68</u>	<u>64</u>	<u>55</u>	<u>72</u>	<u>53</u>	<u>22</u>

Beskrivning av undersökningspopulationen

		<i>Undersökningsområden</i>		
		<i>Svaga vibrationer</i>	<i>Starka vibrationer</i>	<i>p-värde</i>
Antal deltagare		521	459	
Ålder	Medelvärde (sd)	48,0 (16,6)	52,2 (14,2)	<0,001
Kön (%)				
	Kvinna / Man	44 / 56	54 / 46	<0,01
Civilstånd (%)				
	Gift/sambo / Ogift/ej sambo	59 / 41	76 / 24	<0,001
Ljudkänslighet:				
	Andel ganska eller mycket känslig för ljud/buller (%)	20	30	<0,001
	Medelvärde	1,92	2,13	<0,001
Känslighet för damm/luftförorening:				0,05
	Andel ganska eller mycket känslig (%)	28	32	
	Medelvärde	2,07	2,18	
Hushåll med barn (%)				
	Under 7 år	12	15	
	7-17 år	23	26	
Försörjning (%) ¹⁾				
	Anställd	56	63	
	Eget företag	8	8	
	Förtids/sjukpensionär	7	5	
	Ålderspensionär	17	18	
	Tjänstledig	3	2	
	Studerande	8	4	
	Arbetslös	4	2	
	Sjukskriven	2	2	
Utbildning (%):				
	Ingen högskole- /universitetsutbildning	51	51	
	Universitetsutbildad <3år	20	38	
	Universitetsutbildad 3 år eller mer	29	11	
Färd sätt till arbete/studieort med (%)				
	Egen bil	42	46	
	Buss	8	4	
	Tåg	13	15	
	Annat	27	23	

¹⁾ Fler än ett svar kan anges.

Beskrivning av bostaden och bostadens utformning

	<i>Undersökningsområden</i>	
	Svaga vibrationer	Starka vibrationer
Antal deltagare	521	459
Boendetid i bostaden, antal år:		
Medelvärde (sd)	10,2 (10,3)	16,1 (12,4)
Hustyp (%) ¹⁾		
Småhus / Flerbostadshus	50 / 50	74 / 26
Huset byggt år: (%)		
Före 1941	29	31
1941-1960	15	16
1961-1975	15	32
1976-1985	13	4
Efter 1985	13	13
Vet ej	15	4
Byggnadsstommens material: (%)		
Trä	-	83
Betong/tegel	-	14
Vet ej	-	3
Bostad med källare: (%)		
Under mark	-	55
Ovan mark	-	5
Källare saknas	-	40
Antal rum, förutom kök:		
Medelvärde (sd)	4,1 (1,75)	4,7 (1,67)
Andel som bor på våningsplan: (%)		
plan 1	57	78
plan 2	28	19
plan 3-4	14	3
plan 5-6	1	0
Typ av fönster i bostaden: (%) ²⁾		
2-glas	64	51
3-glas	34	53
Annat/Känner inte till	6	7

¹⁾ Friliggande hus, gård, villa, radhus, kedjehus. ²⁾ Bostadens uppgivna typ av fönster. Svaren är givna med alla typer av fönster som förekommer i bostaden.

APPENDIX 7 (2/2)

Beskrivning av bostaden och bostadens utformning (områden med starka vibrationer)

	<i>Undersökningsområden</i>	
	Kungsbacka	Alingsås
Antal deltagare	218	241
Boendetid i bostaden, antal år:		
Medelvärde (sd)	20,5 (13,2)	12,1 (10,3)
Hustyp (%) ¹⁾		
Småhus / Flerbostadshus	100 / 0	50 / 50
Huset byggt år: (%)		
Före 1941	6	52
1941-1960	11	21
1961-1975	64	5
1976-1985	3	3
Efter 1985	14	12
Vet ej	2	7
Byggnadsstommens material: (%)		
Trä	90	78
Betong/tegel	9	17
Vet ej	1	5
Bostad med källare: (%)		
Under mark	31	77
Ovan mark	2	7
Källare saknas	67	16
Antal rum, förutom kök:		
Medelvärde (sd)	5,3 (1,16)	4,3 (1,91)
Andel som bor på våningsplan: (%)		
plan 1	94	65
plan 2	5	29
plan 3-4	1	6
Typ av fönster i bostaden: (%) ²⁾		
2-glas	31	69
3-glas	80	29
Annat/Känner inte till	4	10

¹⁾ Friliggande hus, gård, villa, radhus, kedjehus. ²⁾ Bostadens uppgivna typ av fönster. Svaren är givna med alla typer av fönster som förekommer i bostaden.

Beskrivning av bostaden och bostadens nära omgivning

	<i>Undersökningsområden</i>	
	Svaga vibrationer	Starka vibrationer
Antal deltagare	521	459
Andel som har sovrum på våningsplan: (%)		
plan 1	-	47
plan 2	-	49
plan 3	-	4
Sovrum vetter mot: (%)		
Större gata, trafikled el motorväg	11	9
Mindre gata	34	44
Järnväg	13	14
Gård	37	24
Annat	18	23
Andel som har balkong (%)	62	37
Balkong vetter mot (%):¹⁾		
Större gata eller trafikled	10	1
Mindre gata	21	18
Järnväg	8	5
Gård	25	13
Andel som har egen eller allmän uteplats (%)	88	96
Uteplats vetter mot (%):¹⁾		
Större gata eller trafikled/motorväg	6	6
Mindre gata	18	31
Järnväg	7	13
Gård	54	34
Tillgång till grönområden: (%)		
Ja, inom 400 m	82	82
Ja, inom 500-800 m	12	14
Ja, men längre än 800 m	4	3
Nej	2	1

¹⁾ Fler än ett svar kan anges.

Beskrivning av bostaden och bostadens nära omgivning (områden med starka vibrationer)

	<i>Undersökningsområden</i>	
	Kungsbacka	Alingsås
Antal deltagare	218	241
Andel som har sovrum på våningsplan: (%)		
plan 1	57	38
plan 2	43	54
plan 3	-	8
Sovrum vetter mot: (%)		
Större gata, trafikled el motorväg	12	5
Mindre gata	48	41
Järnväg	12	16
Gård	11	35
Annat	30	15
Andel som har balkong (%)	13	59
Balkong vetter mot (%):¹⁾		
Större gata eller trafikled	7	4
Mindre gata	50	48
Järnväg	18	12
Gård	18	40
Annat	36	16
Andel som har egen eller allmän uteplats (%)	99	93
Uteplats vetter mot (%):¹⁾		
Större gata eller trafikled/motorväg	8	4
Mindre gata	38	26
Järnväg	12	15
Gård	19	50
Tillgång till grönområden: (%)		
Ja, inom 400 m	77	86
Ja, inom 500-800 m	15	13
Ja, men längre än 800 m	5	1
Nej	3	0

¹⁾ Fler än ett svar kan anges.

Störning av olika olägenhetskällor i bostadsområdet

Andel (%) ganska, mycket och oerhört mycket störda av:	<i>Undersökningsområden</i>	
	Svaga vibrationer	Starka vibrationer
Antal deltagare	521	459
Buller från tåg	12	25
Vibrationer från tåg	5	24
Skakningar i huset eller föremål som rör sig när tåg kör förbi	4	22
Buller från vägtrafik	13	12
Vibrationer från vägtrafik	6	4
Skakningar i huset eller föremål som rör sig när bilar kör förbi	4	4
Avgaser från vägtrafik	7	6
Buller från flyg	0	6
Buller från industrier	2	1
Lukt från industrier/verksamheter	2	2
Ljud/buller från ventilation/fläktar	6	5
Ljud/buller från installationer (t.ex. hiss, vatten/avlopp, tvättstuga)	4	3
Ljud från grannar	6	5

APPENDIX 10

Samband mellan allmän störning och aktivitetspåverkan

	Områden med svaga vibrationer			Områden med starka vibrationer		
	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning stängt fönster (0-10)	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning stängt fönster (0-10)
<i>Störning inomhus med <u>stängt</u> fönster (summamått 0-6):</i>	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s
Lyssna på radio/TV	0,43	0,45	0,49	0,50	0,52	0,57
Telefonsamtal	0,35	0,36	0,41	0,44	0,46	0,50
Samtal	0,38	0,39	0,40	0,44	0,46	0,50
Koncentration	0,39	0,40	0,45	0,55	0,56	0,57
Avkoppling	0,42	0,45	0,50	0,57	0,59	0,60
Svårt att ha fönster öppna	0,45	0,50	0,48	0,54	0,52	0,59

Spearman's test r_s : Samtliga korrelationer signifikanta, $p < 0,001$.

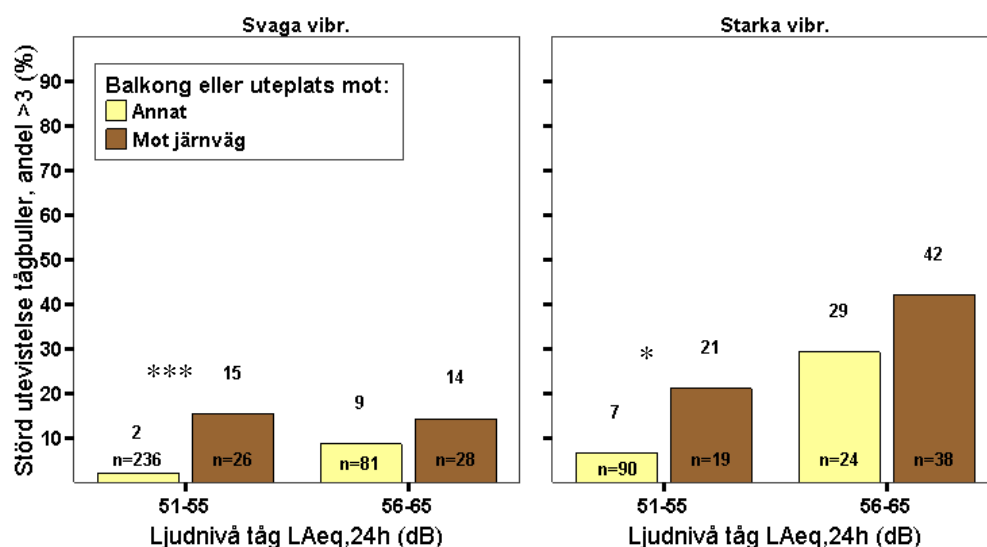
	Områden med svaga vibrationer			Områden med starka vibrationer		
	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning öppet fönster (0-10)	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning öppet fönster (0-10)
<i>Störning inomhus med <u>öppet</u> fönster (summamått 0-6):</i>	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s
Lyssna på radio/TV	0,55	0,57	0,60	0,58	0,60	0,67
Telefonsamtal	0,47	0,49	0,54	0,54	0,58	0,62
Samtal	0,49	0,53	0,56	0,58	0,61	0,64
Koncentration	0,42	0,46	0,48	0,56	0,59	0,60
Avkoppling	0,50	0,57	0,60	0,59	0,62	0,67

Spearman's test r_s : Samtliga korrelationer signifikanta, $p < 0,001$.

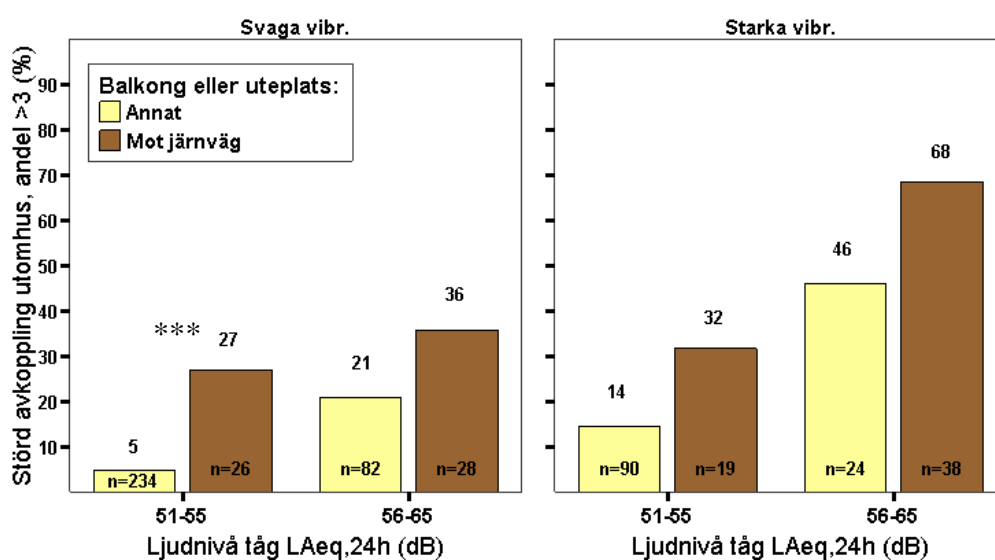
	Områden med svaga vibrationer			Områden med starka vibrationer		
	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning utomhus (0-10)	Störning (1-5)	Störning hemma (0-10)	Störning utomhus (0-10)
	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s	r_s
<i>Störning utomhus (summamått 0-6):</i>						
Samtal utomhus	0,52	0,52	0,59	0,60	0,64	0,73
Avkoppling utomhus	0,51	0,54	0,61	0,59	0,64	0,71
Vistelse utomhus	0,32	0,35	0,36	0,44	0,45	0,50

Spearman's test r_s : Samtliga korrelationer signifikanta, $p < 0,001$.

Bostadens utformning och påverkan av tågbuller på avkoppling utomhus och utevistelse



Figur A 12:1. Andel (%) med summamåttet >3 för påverkan av tågbuller på utevistelse i relation till dess läge i förhållande till järnvägen samt ljudnivå från tåg, L_{Aeq,24h} för områden med svaga (vänster) respektive starka (höger) vibrationer.



Figur A 12:2. Andel (%) med summamåttet >3 för påverkan av tågbuller på avkoppling utomhus i relation till dess läge i förhållande till järnvägen samt ljudnivå från tåg, L_{Aeq,24h} för områden med svaga (vänster) respektive starka (höger) vibrationer.

APPENDIX 12 (1/2)

De boendes egna kommentarer om vibrationsstörningar

Områden med starka vibrationer				
Alingsås	Antal kommentarer uppdelat per störningsgrad skala 0-10			
Typ av vibrationsstörning	Störs 1-3	Störs 4-6	Störs 7-10	Totalt
Huset skakar	25	5	20	50
Föremål, möbler rör sig, glas klirrar	22	10	20	52
Sängen rör sig, sömnen störs, nattetid	5	3	7	15
Radio, TV, elektronik störs	1	3	3	7
Vibrationer i lerjord	1	6	8	15
Tapeter och puts spricker	0	0	1	1
Fönsterrutor skallrar	0	0	1	1
Totalt	54	27	60	141
Kungsbacka	Antal kommentarer uppdelat per störningsgrad skala 0-10			
Typ av vibrationsstörning	Störs 1-3	Störs 4-6	Störs 7-10	Totalt
Huset skakar	10	11	10	31
Föremål, möbler rör sig, glas klirrar	1	2	6	9
Sängen rör sig, sömnen störs, nattetid	9	1	9	19
Radio, TV, elektronik störs	0	0	0	0
Vibrationer i lerjord	8	2	1	11
Tapeter och puts spricker	0	0	0	0
Fönsterrutor skallrar	0	0	0	0
Totalt	28	16	26	70

Alingsås

Andel som störs av vibrationer (Fråga C 3):

14 %

Antal resp. andel personer som skrivit kommentarer om vibrationer:

141 (60 %)

Kungsbacka

Andel som störs av vibrationer (Fråga C3):

21 %

Antal resp. andel personer som skrivit kommentarer om vibrationer:

70 (32 %)

De boendes egna kommentarer om vibrationsstörningar

Områden med svaga vibrationer				
Töreboda	Antal kommentarer uppdelat per störningsgrad skala 0-10			
Typ av vibrationsstörning	Störs 1-3	Störs 4-6	Störs 7-10	Totalt
Huset skakar	4	3	5	12
Föremål, möbler rör sig, glas klirrar	1	2	8	11
Sängen rör sig, sömnen störs, nattetid	1	2	0	3
Radio, TV, elektronik störs	2	0	1	3
Vibrationer i lerjord	1	2	3	6
Tapeter och puts spricker	0	0	1	1
Fönsterrutor skallrar	4	3	2	9
Totalt	9	9	18	36
Falköping	Antal kommentarer uppdelat per störningsgrad skala 0-10			
Typ av vibrationsstörning	Störs 1-3	Störs 4-6	Störs 7-10	Totalt
Huset skakar	0	0	1	1
Föremål, möbler rör sig, glas klirrar	0	0	1	1
Sängen rör sig, sömnen störs, nattetid	1	0	1	2
Radio, TV, elektronik störs	0	0	1	1
Vibrationer i lerjord	4	1	0	5
Tapeter och puts spricker	0	0	0	0
Fönsterrutor skallrar	0	0	0	0
Totalt	5	1	4	10

Töreboda

Andel som störs av vibrationer (Fråga C3):

8 %

Antal resp. andel personer som skrivit kommentarer om vibrationer: 36 (17 %)

Falköping

Andel som störs av vibrationer (Fråga C3):

2 %

Antal resp. andel personer som skrivit kommentarer om vibrationer: 10 (3 %)

Samband mellan ljudnivå ($L_{Aeq,24h}$) och allmän störning analyserat med binär logistisk regressionsanalys

Sambandet mellan ljudnivå ($L_{Aeq,24h}$) från tåg och allmän störning av tågbuller (% som är ganska, mycket eller oerhört mycket störda) analyserades med binär logistisk regression för områden med svaga respektive starka vibrationer (se nedanstående tabell 1 -2 och figur 1).

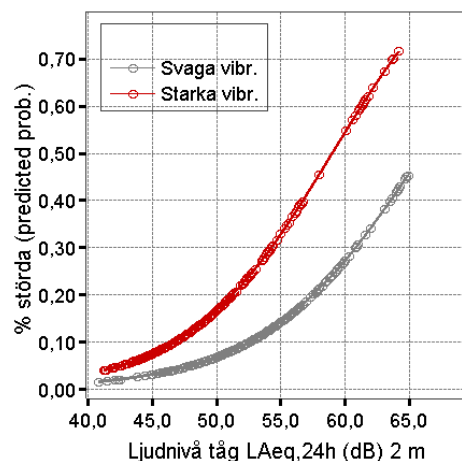
Tabell 1. Resultat av logistisk regression för predicering av andel störda utifrån $L_{Aeq,24h}$ för tågområden med svaga respektive med starka vibrationer.

Bullerexponering	B	S.E.	Wald	df	Sig.	OR Exp(B)	95 % konfidensintervall (CI)	
							Nedre	Övre
<i>Svaga vibrationer</i>	0,162	0,032	25,27	1	0,000	<u>1,18</u>	1,104	1,253
<i>Starka vibrationer</i>	0,178	0,024	54,53	1	0,000	<u>1,19</u>	1,140	1,253

För båda typerna av tågområden var sambandet mellan ljudnivå och andelen störda statistiskt signifikant (se tabell 1, $p < 0,0001$). För områden med svaga vibrationer medför varje ökning av bullernivån med 1 dB en ökning av oddset (OR) för att vara störd med i genomsnitt 1,18 gånger eller med 18 % (OR=1,18; 95 % konfidensintervall=1,10-1,25). För tågområden med starka vibrationer medför varje ökning av bullernivån med 1 dB en ökning av oddset (OR) för att vara störd med i genomsnitt 1,19 gånger eller med 19 % (OR=1,19; 95 % konfidensintervall=1,14-1,25).

Figur 1 visar predicerad sannolikhet för andel störda av tågbuller i områden med svaga (grå kurva) respektive starka (röd kurva) vibrationer. En skattning utifrån kurvorna (se tabell 2) visar att andelen störda är högre i områden med starka vibrationer jämfört med i områden med inga/svaga vibrationer, en skillnad på närmare 30 procentenheter vid ljudnivåer på 60 dB och däröver.

Figur 1. Predicerat värde för andel störda av tågbuller i områden med inga/svaga vibrationer (grå kurva) och starka vibrationer (röd kurva) som funktion av ljudnivå från tåg ($L_{Aeq,24h}$).

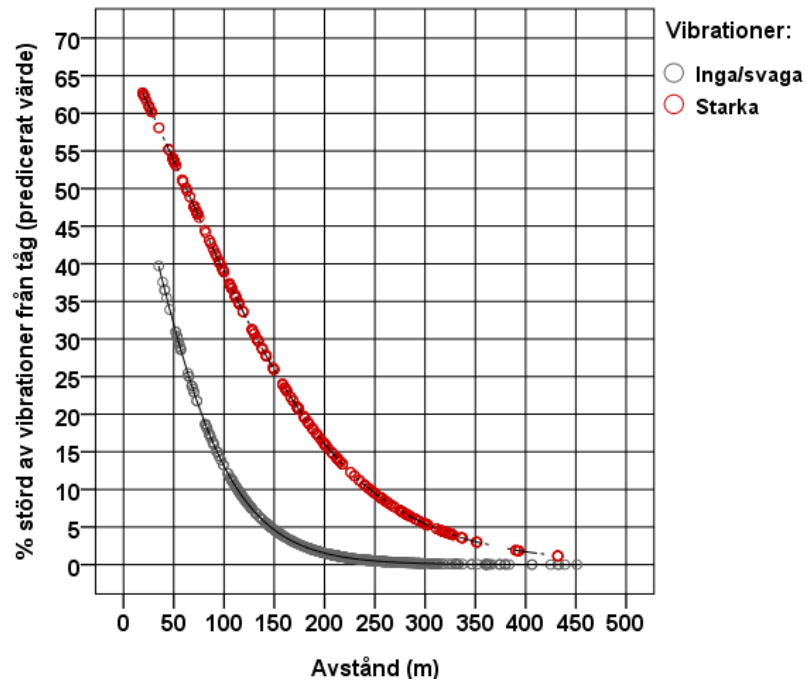


Tabell 2. Predicerat värde för andel störda (%) av tågbuller vid olika ljudnivåer i $L_{Aeq,24h}$ för tågområden med svaga och starka vibrationer.

	Predicerad sannolikhet för andel störda (%) vid olika ljudnivåkategorier i $L_{Aeq,24h}$				
	45 dB	50 dB	55 dB	60 dB	65 dB
Svaga vibrationer	3	8	14	27	45
Starka vibrationer	8	17	33	54	75
Differens	+5	+9	+19	+27	+30

APPENDIX 14

Samband mellan avstånd från järnvägen (meter) och störning av vibrationer analyserat med binär logistisk regressionsanalys



Figur 1. Predicerat värde för andel störda av vibrationer från tåg i områden med inga/svaga vibrationer (grå kurva) och starka vibrationer (röd kurva) som funktion av avstånd från järnvägen (meter).

Denna rapport utgör delrapport inom forskningsprogrammet TVANE: Effekter av buller och vibrationer från tåg- och vägtrafik - tågbonus, skillnader och samverkan mellan tåg- och vägtrafik. BV:s Dnr: S07-5094/AL50 samt Dnr: S07-5095/AL50.



Rapport nr 4: 2010

Enheten för Arbets- och miljömedicin
Avdelningen för Samhällsmedicin och Folkhälsa
Sahlgrenska akademien vid Göteborgs universitet
Box 414, 405 30 Göteborg
Telefon: 031 – 786 63 00
E-post: amm@amm.gu.se
Hemsida: www.amm.se
ISBN 978-91-978916-3-9