



Hälsoeffekter och samhällskostnader till följd av trafikbuller vid öppna respektive slutna kvarter i stadsmiljö

En studie inom akustik och folkhälsa

Kandidatarbete i Teknisk Akustik

MATILDA ARNESSON
PER ENGSTRÖM
WALID FEGHALI
VERONIKA JÖNEBRATT
ANDRÉA PALMBERG

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för teknisk akustik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2013
Kandidatarbete 2013:70

KANDIDATARBETE I TEKNISK AKUSTIK

Hälsoeffekter och samhällskostnader till följd av trafikbuller vid öppna respektive slutna kvarter i stadsmiljö

En studie inom akustik och folkhälsa

MATILDA ARNESSON
PER ENGSTRÖM
WALID FEGHALI
VERONIKA JÖNEBRATT
ANDRÉA PALMBERG

Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för teknisk akustik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2013

Hälsoeffekter och samhällskostnader till följd av trafikbuller vid öppna respektive slutna kvarter i stadsmiljö
En studie inom akustik och folkhälsa
MATILDA ARNESSON
PER ENGSTRÖM
WALID FEGHALI
VERONIKA JÖNEBRATT
ANDRÉA PALMBERG

© MATILDA ARNESSON , PER ENGSTRÖM , WALID FEGHALI , VERONIKA JÖNEBRATT , ANDRÉA
PALMBERG, 2013

Kandidatarbete 2013:70
Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för teknisk akustik
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon: +46 (0)31-772 1000

Omslag:
Alternativ för kvartersutformning vid Lindholmsallén/Götaverksgatan, Göteborg (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret,
2012)

Chalmers Reproservice
Göteborg, Sverige 2013

Hälsoeffekter och samhällskostnader till följd av trafikbuller vid öppna respektive slutna kvarter i stadsmiljö
En studie inom akustik och folkhälsa
Kandidatarbete i Teknisk Akustik
MATILDA ARNESSON
PER ENGSTRÖM
WALID FEGHALI
VERONIKA JÖNEBRATT
ANDRÉA PALMBERG
Institutionen för Bygg- och miljöteknik
Avdelningen för teknisk akustik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Detta arbete är en studie inom akustik och folkhälsa som är utförd på Avdelningen för teknisk akustik vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. Arbetet syftar till att ge ökad förståelse för hur trafikbuller och omgivande ljudlandskap i hemmiljön påverkar människors hälsa samt vilka samhällsekonomiska följder detta kan få. Arbetet har genomförts med hjälp av litteraturstudier samt intervjuer med personer som är insatta i kunskapsområden relevanta för rapporten.

Forskning visar att buller påverkar människors hälsa och livskvalitet negativt. Trafikbuller kan bland annat ge upphov till sömnstörningar, kognitiv nedsättning, ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar, störning och tinnitus. Påverkan av trafikbuller är högst individuellt men det finns dock faktorer som bevisats minska den negativa påverkan från trafikbuller, exempelvis tillgång till tyst sida i bostaden samt attraktiv och naturskön omgivning.

Från WHO och EU finns riktlinjer, rekommendationer och bestämmelser för hur trafikbuller bör hanteras. Riktlinjer och rekommendationer finns även i Sverige, på både nationell och kommunal nivå. I Sverige utsätts mellan 1,6 och 3 miljoner människor i sin hemmiljö för trafikbuller som överskrider ett eller flera av gällande riktvärden. Detta antal beräknas öka då trafiktätheten förväntas öka och allt fler bostäder byggs i bullerutsatta områden.

Analyser av bullerberäkningar har gjorts för en planerad nybyggnation på Lindholmen i Göteborg utifrån två presenterade förslag för kvartersutformning; öppen respektive sluten kvartersstruktur. Bullerberäkningarna visar att det finns punkter i kvarteren där ljudtrycksnivåer inte kommer uppfylla rådande riktvärden. De två förslagen för kvartersutformning har jämförts utifrån vilka skillnader i hälsoeffekter som skulle kunna förväntas samt skillnader i samhällsekonomiska konsekvenser.

Resultatet från analysen visar att andelen personer med ökad risk för hjärtinfarkt samt andelen störda och sömnstörda personer kan väntas bli fler i den öppna kvartersstrukturen jämfört med i den slutna. Resultatet visar även att de samhällsekonomiska konsekvenserna blir påtagligt större för den öppna kvartersstrukturen jämfört med den slutna.

Nyckelord: akustik, trafikbuller, hälsoeffekter, kvartersutformning, kvartersstruktur, ljudtrycksnivå, Götaverksgatan.

ABSTRACT

This project is a study in acoustics and in public health, and was carried out in the Division of Applied Acoustics at Chalmers Technical University in Gothenburg. The purpose of the project is to grant a greater understanding of how societal noise and surrounding soundscapes in the living environment affects people's health and what socioeconomic consequences this might have. The project was carried out through studies in literature and also by means of interviews with people competent in areas relevant for the report.

Research shows that traffic noise affects people's health and life quality negatively. It can e.g. cause sleep disturbances, reduction in cognitive abilities, increased risk of cardiovascular disease, annoyance and tinnitus. The influence on people from traffic noise is highly individual. There are, however, several factors that have been proved to reduce the negative impact from traffic noise, e.g. access to a quiet side of the home and an attractive and scenic surrounding.

There are guidelines, recommendations and regulations from the WHO and the EU concerning how traffic noise should be managed. Guidelines and recommendations exist in Sweden as well, on both a national and municipal level. Between 1,6 and 3 million people in Sweden, are exposed to traffic noise levels that exceed one or several of the current guideline values in their home environment. This amount is expected to increase as traffic density increases and further homes are built in areas exposed to traffic noise.

Analysis has been made from noise calculations for a planned new housing estate on Lindholmen in Gothenburg calculated for two presented propositions for block designs; open and closed respectively. The noise calculations show points in the blocks where sound pressure levels will not fulfill the current noise level guideline values. The propositions for block design have been compared with both differences in health effects and socioeconomic consequences that might be expected.

The result from the analysis shows that the proportion of people with an increased risk for heart attacks and the proportion of annoyed and sleep disturbed persons will most likely increase in the open block design compared to the closed one. The result also shows that the socioeconomic consequences will increase substantially with the open block design compared to the closed.

FÖRORD

Vi är en grupp studenter med intresse för akustik. Tidigare har vi främst förknippat ljud med trevliga upplevelser och känslor, till exempel i form av musik. Genom våra studier vid Avdelningen för teknisk akustik på Chalmers Tekniska Högskola har vi dock fått ökad förståelse för att ljud även kan innebära negativa följder för människor. Långvarig exponering för vissa ljud, som trafikbuller, kan innebära hälsorisker för de människor som utsätts för dem. Problematiken kring trafikbuller samt hur denna tas hänsyn till vid utformning av stadsbebyggelse har fångat vårt intresse och har utmynnat i den rapport som du nu har framför dig.

Det finns en rad personer som genom att avsätta tid för intervjuer, telefonsamtal och mejlkonversationer gjort vårt arbete möjligt. Därför sänder vi ett varmt tack till Johan Altenius och Sune Hildingsson på Göteborgs stads stadsbyggnadskontor, Anita Gidlöf-Gunnarsson och Mikael Ögren från Avdelningen för samhällsmedicin och folkhälsa, Göteborgs Universitet, Ola Jonsson och Lisa Lantgård från arkitektbyrån Berg|C.F. Möller, Martin Knape och Malin Andersson på Miljöförvaltningen i Göteborg, Frida Karlge och Johan Jerling på Trafikkontoret i Göteborg samt Leif Åkerlöf på Åkerlöf Hallin Akustikkonsult AB.

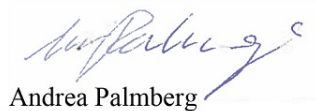
Slutligen vill vi tacka våra handledare Patrik Andersson och Jens Forssén vid Avdelningen för teknisk akustik samt Claes Ohlsson vid Avdelningen för fackspråk, Chalmers Tekniska Högskola, som stöttat vårt arbete från början till slut.

Trevlig läsning!

Göteborg den 4 juni 2013



Walid Feghali



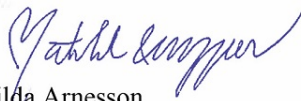
Andrea Palmberg



Veronika Jönbratt



Per Engström



Matilda Arnesson

ORDLISTA

ASEK	Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyl- och analysmetoder inom transportområdet.
Bakgrundsbuller	Det ljud som finns på en plats som inte kommer från den specifika ljudkällan som undersöks.
Bullerregn	Buller från avlägset belägna trafikleder som faller ner på en byggnads alla sidor och orsakar förhöjd ljudtrycksnivå i form av bakgrundsbuller.
dB	Se Decibel.
Decibel	Logaritmisk mått som bland annat används för att karaktärisera ljudtrycksnivå. En skillnad på 10 decibel innebär ungefär en upplevd fördubbling av ljudstyrkan.
Dos-responssamband	Samband som beskriver hälsoeffekter på grund av bullerexponering.
Diffraction	Fenomen där ljudvågor böjer sig runt hörn och kanter.
Dygnsequivärent ljudtrycksnivå	Ekvivalent ljudtrycksnivå, mätt eller beräknad över 24 timmar. Betecknas $L_{p,eq,24h}$.
Efterklangstid	Den tid det tar för ljudtrycksnivån att sjunka 60 dB efter att ljudkällan stängts av.
Ekvivalent ljudtrycksnivå	Medelvärde av ljudtrycksnivåer under en viss tid.
Epidemiologisk studie	Vetenskaplig studie av hälsans samt ohälsans utbredning och dess orsaker i en population.
Frekvens	Antal svängningar per sekund, mäts i Hertz [Hz].
Frifältsvärde	Ljudtrycksnivå vid en byggnad exklusive det tillskott som orsakas av reflektion från närmsta fasad.
Förlorade år	Så kallade DALYs (Disability Adjusted Life Years). Begreppet innefattar både förlorade levnadsår på grund av för tidig död samt förlorade år på grund av sjukdom och funktionsnedsättning. Beräkningar av förlorade år har baserats på befolkningsdata från åren 2001 till 2010 i Västeuropa.
Genomgående lägenheter	Lägenheter som har fasad åt två motsatta väderstreck, vilket ger möjlighet att ha sovrum mot en tyst sida.
HA	Dos-responssamband som beskriver störning hos en befolkning (eng. highly annoyed). Anges i procent [%].
HSD	Dos-responssamband som beskriver andel mycket störda i sin sömn (eng. highly sleep disturbed). Anges i procent [%].
Hörseltröskel	Den lägsta tryckskillnaden som ett normalt hörselorgan kan uppfatta. Vanligtvis runt $20\mu\text{Pa}$. Detta värde är även nollpunkten på decibelskalan.
Kognitiv nedsättning	Försämring av den kognitiva prestationen (se kognitiv prestation).
Kognitiv prestation	Inläring, koncentration, problemlösningsförmåga, läsförståelse, minne, uppfattning av tal, samt möjlighet till samtal och kommunikation.
Källstyrka	Se Ljudeffektsnivå.
Känsltröskel	Den ljudtrycksnivå som råder då ljud fysiskt börjar kännas av hörselorganen, ofta angivet som 120 dB(A).
Lamellhus	Fritt liggande flerbostadshus formade som långsträckta längor.
L_{den}	Beräknad ekvivalent ljudtrycksnivå över 24 timmar, där 5 dB adderas till ljudtrycksnivån kvällstid och 10 dB adderas till ljudtrycksnivån nattetid.

Linjekälla	En ljudkälla som har en lång uträkning i en riktning, där spridning av ljudenergi kan anses ske cylindriskt. Exempel på en linjekälla är en väg med hög trafiktäthet.
Ljuddämpad sida	En sida av en byggnad med dygnsekvivalent ljudtrycksnivå lägre än 50 dB(A).
Ljudeffektsnivå	Visar hur stor ljudeffekt en ljudkälla avger till omgivningen (även kallat källstyrka).
Ljudlandskap	Den sammantagna, upplevda ljudupplevelsen av omgivningen.
Ljudskugga	Fenomen som innebär att ljudtrycksnivån blir lägre bakom ett hinder t.ex. en bullerskärm eller en byggnad.
Ljudtrycksnivå	Ett logaritmiskt mått, uttryckt i decibel, som relaterar aktuellt ljudtryck till ett referenstryck.
Maximal ljudtrycksnivå	Ett mätetal som anger den maximala ljudtrycksnivån under en bestämd integrationstid. I denna rapport är mätetalet A-vägt med integrationstiden 0,125 s (Fast) och betecknas $L_{p,A,F,max}$.
Metaanalys	En analysmodell för sammanvägning av resultat från flera, av varandra, oberoende studier.
OR	Dos-responssamband som beskriver ökad risk för hjärtinfarkt till följd av buller från vägtrafik som funktion av den ekvivalenta ljudtrycksnivån under dag och kväll (eng. odds ratio).
Parasympatiska nervsystemet	Del av det autonoma nervsystemet. Bland annat sänker det parasympatiska nervsystemet blodtrycket och sänker pulsen.
Punkthus	Fritt liggande flerbostadshus med flera våningar och oftast ett centralt trapphus.
Punktkälla	En ljudkälla där ljudenergin sprids sfäriskt. Exempel på en punktkälla är en ensam bil.
Refraktion	Ett fenomen som gör att ljudvågor ändrar riktning då det passerar gränsytan mellan två medier.
Resonansfrekvens	Den frekvens, vid vilken ett system sätts i egensvängning, vilket leder till att ljudtrycket förstärks.
SIKA	Statens institut för kommunikationsanalys.
Skärmverkan	Se Ljudskugga.
Slutet kvarter	Ett kvarter bestående av sammanbyggda huskroppar.
Smärttröskel	Den ljudtrycksnivå då hörselorganet börjar känna smärta. Anges vara runt 120 dB eller 140 dB beroende på litteratur.
Temperaturgradient	Storhet som beskriver i vilken riktning temperaturen ökar samt hur stor ökningen är.
Tyst sida	Enligt flera myndigheter definieras tyst sida som en sida av byggnaden med en dygnsekvivalent ljudtrycksnivå lägre än 45 dB(A). Från andra håll kan tyst sida definieras som ovan med tillägget att den även ska vara visuellt attraktiv att vistas på.
Västeuropa	Samlingsnamn för länder med väldigt låg barn- och vuxendödlighet. Består av Andorra, Österrike, Belgien, Kroatien, Cypern, Tjeckien, Danmark, Finland, Frankrike, Grekland, Tyskland, Island, Irland, Israel, Italien, Luxemburg, Malta, Monaco, Nederländerna, Norge, Portugal, San Marino, Slovenien, Spanien, Sverige, Schweiz, Storbritannien. Även kallat EUR-A.
WHO	World Health Organization (sv. Världshälsoorganisationen).

Årsmedeldygnstrafik

Medelvärde för trafik på en väg under ett genomsnittligt dygn under ett år.

Öppet kvarter

Ett kvarter bestående av friliggande huskroppar.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställningar	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Metod	3
2 Ljud och buller	4
2.1 Definition av ljudrelaterade begrepp	4
2.1.1 Ljudtrycksnivå	4
2.1.2 Ljudeffektsnivå	5
2.1.3 Frekvens	5
2.1.4 Phonkurvor och frekvensvägning	6
2.1.5 Ekvivalent ljudtrycksnivå	7
2.1.6 Mätetal	7
2.2 Ljudutbredning utomhus	8
2.2.1 Avståndsdämpning, punkt- och linjekällor	8
2.2.2 Reflektion	9
2.2.3 Diffraction	9
2.2.4 Refraktion	10
3 Riktlinjer och rekommendationer för trafikbuller	11
3.1 Internationella rekommendationer och bestämmelser för trafikbuller	11
3.1.1 Förenta Nationerna och Världshälsoorganisationen	11
3.1.2 Europeiska Unionen	11
3.2 Nationella riktlinjer och rekommendationer för trafikbuller	12
3.2.1 Regeringen och Boverkets allmänna råd	12
3.2.2 Boverkets byggregler	13
3.2.3 Naturvårdsverket	13
3.2.4 Riktlinjer gällande buller för bostäder i Göteborgs stad	13
3.2.5 Riktlinjer för buller på skolgårdar i Göteborgs stad	14
3.2.6 Stockholmsmodellen för detaljplaner och trafikbuller	14
3.3 Hantering av trafikbuller i Göteborgs stad	15
4 Hälsoeffekter av buller	17
4.1 Hälsoproblem	17
4.1.1 Sömnstörningar	17
4.1.2 Kognitiv nedsättning	19
4.1.3 Hjärt- och kärlsjukdomar	19
4.1.4 Störning	20
4.1.5 Tinnitus	20
4.1.6 Nedsatt hörsel	21
5 Upplevelse av buller och en bra boendemiljö	22
5.1 Upplevelse av buller	22
5.1.1 Individuell upplevelse av buller	22
5.1.2 Upplevd ljudkvalitet och ljudmiljö	22
5.2 En god boendemiljö	23
5.2.1 Tyst sida	24
5.2.2 Kvartersutformning	25

6 Byggnationsplan	27
6.1 Olika alternativ för kvartersutformning	28
6.1.1 Förslag med öppen kvartersutformning	28
6.1.2 Förslag med sluten kvartersutformning	29
6.1.3 Utveckling av de tidigare förslagen	29
6.2 Planering av lokaler och lägenheter	29
6.3 Bullerutredning	30
6.3.1 Trafikförändringar	30
7 Dos-responskurvor	31
7.1 Störning	31
7.2 Risk för hjärtinfarkt	31
7.3 Sömnstörning	32
7.4 Dos-responsvärden för det studerade området	33
7.4.1 Dos-responsvärden för den öppna kvartersutformningen	33
7.4.2 Dos-responsvärden för den slutna kvartersutformningen	33
8 Hälsoekonomi	35
8.1 Samhällsekonomiska konsekvenser på nationell nivå	35
8.2 Förväntade ekonomiska konsekvenser för det studerade området	36
8.2.1 Resultat av förväntade ekonomiska konsekvenser	37
9 Diskussion	38
9.1 Hälsoeffekter	38
9.2 Samhällsekonomi	38
9.3 Riktlinjer och rekommendationer	39
9.4 Information till allmänheten och större kunskap bland beslutsfattare	40
9.5 Att skapa bra boendemiljöer	40
9.6 Öppna respektive slutna kvartersstrukturer	40
9.7 Felkällor	41
10 Slutsats	42

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige har andelen människor som bor i tätorter ökat med 50 procent sedan mitten av 1900-talet (Boverket, 2008). WHO (2011) skriver i rapporten *Burden of disease from environmental noise* att ökad urbanisering och alltmer tätt bebodda områden ökar andelen personer som exponeras för ohälsosamma ljud. De ljudkällor som har störst negativ inverkan på människor är buller från väg-, järnvägs- och luftfartstrafik (Socialstyrelsen, 2009). Enligt Boverket är buller det miljöproblem som berör flest människor i Sverige.

Till skillnad från andra miljöproblem ses buller ofta som icke livshotande (Boverket, 2008). Det är dock påvisat att buller kan påverka människors hälsa och livskvalitet negativt, vilket även får samhällsekonomiska konsekvenser. Vägverket bedömde år 2007 att den ekonomiska förlusten till följd av trafikbuller var cirka 1,35 miljarder kronor per år i Sverige (Trafikverket, 2012b).

I Sverige utsätts uppskattningsvis 1,6 till 3 miljoner människor, i sin hemmiljö, för trafikbuller som överskrider ett eller flera gällande riktvärden (Boverket, 2008). Socialstyrelsen (2009) konstaterar att antalet utsatta för trafikbuller över rådande riktvärden kommer att öka. Detta troligtvis till följd av att trafikintensiteten inom alla trafikslag förväntas tillta (Boverket, 2008). I stadens centrala delar, med närhet till kollektivtrafik, service och övrig befintlig infrastruktur, finns ofta en stor önskan om att ny bebyggelse ska uppföras (Boverket, 2011a). Detta medför att bebyggelse ofta uppförs i bullerutsatta lägen.

Boverket undersökte mellan år 1998 och 2008 hur vanligt det var i Sverige att nya flerbostadshus uppfördes i bullertäta områden. Undersökningen visar att 20 till 30 procent av de nybyggda bostäderna utsattes för ekvivalenta ljudtrycksnivåer som överskred gällande riktvärden för trafikbuller vid den mest exponerade sidan. I Göteborg var motsvarande andel 35 procent.

I *Vision Älvstaden* formulerar Göteborgs stad (2012) mål för de närmaste åren, vilka bland annat handlar om att staden ska möta vattnet och stärka den regionala kärnan. På Lindholmen, som ligger på Göta älvs norra strand, innebär detta uppförande av ny stadsbebyggelse där det tidigare bedrivits storskalig varvsverksamhet (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 1999). I östra delen av Lindholmen planeras ett område med blandad bebyggelse bestående av bostäder, förskola samt lokaler för bland annat butiker (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2012).

Området ligger mellan Lindholmsallén och Göta Älv, på båda sidor om Götaverksgatan (se Figur 1.1). Lindholmsallén trafikeras av flera trafikslag; biltrafik, tunga fordon, kollektivtrafik samt gång- och cykeltrafik. För området finns två förslag för kvartersutformning, ett med öppna kvarter och ett med mer slutna. Det senare togs fram som diskussionsunderlag på beställning av Göteborg stad.¹ I dagsläget bearbetas en kombination av de tidigare förslagen.

¹Ola Jonsson (uppdragsansvarig arkitekt, Berg|C.F. Möller) och Lisa Lantgård (arkitekt, Berg|C.F. Möller), intervjuade den 19 mars 2013.



Figur 1.1: Område för byggnation, med Lindholmsallén i bakgrunden och Götaverksgatan till höger.

1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att studera hur människors hälsa påverkas av trafikbuller och omgivande ljudlandskap i sin boendemiljö samt vilka samhällsekonomiska följder detta kan få. Hälsoeffekter och ekonomiska följder relateras till den öppna respektive slutna kvartersutformning som presenterats för ett planerat bostadsområde vid Lindholmsallén/Götaverksgatan på Lindholmen i Göteborg.

1.3 Frågeställningar

- Hur påverkas människors hälsa av trafikbuller och omgivande ljudlandskap i sin boendemiljö?
- Vilka faktorer i boendemiljön har inverkan på hur människor påverkas av buller?
- Vilka samhällsekonomiska konsekvenser beräknas uppkomma på grund av negativa hälsoeffekter orsakade av trafikbuller?
- Vilka riktlinjer och rekommendationer finns för buller och hur tillämpas dessa i praktiken?
- Hur påverkar den öppna respektive slutna kvartersutformningen ljudtrycksnivåerna i det studerade området på Lindholmen och hur kan dessa komma att förändras i framtiden?
- Hur kan de förväntade ljudtrycksnivåerna vid Lindholmsallén/Götaverksgatan påverka hälsan hos framtida boende i området och vilka samhällsekonomiska följder kan detta innebära?

1.4 Avgränsningar

I rapporten studeras endast hälsoeffekter som kan kopplas till trafikbuller som personer utsätts för i sin boendemiljö samt i förskolor.

Beträffande reducering av buller kommer endast kvartersutformning att studeras. En vidareutveckling av de två presenterade förslagen för kvartersutformning beskrivs, men diskuteras och analyseras inte. Tekniska lösningar som fasadmateriäl, fönster, friskluftsventiler, bullerskärmar och liknande kommer inte att utredas för området. Med faktorer i boendemiljön avses ljudkaraktär, ljudtrycksnivå och vistelsemiljö.

I dos-responsanalysen fokuseras enbart på de två kvarteren som planeras att uppföras utmed Lindholmsallén. Dos-respons sambanden analyseras inte för bullerberäkningspositioner belägna på insidan av kvarteren. Detta

beror på att lägenheterna planeras bli genomgående och att dos-responssambanden är utformade för att användas på den mest exponerade sidan av bostaden. De hälsoeffekter som studeras i analysen är störningar, sömnstörningar och risk för hjärtinfarkt.

Den samhällsekonomiska analysen fokuserar enbart på konsekvenser i det kvarter som planeras i hörnet Lindholmsallén/Götaverksgatan.

Båda analyserna tar endast hänsyn till ekvivalenta ljudtrycksnivåer och maximala ljudtrycksnivåer beaktas således inte.

Kommunal tillämpning av riktlinjer och rekommendationer för trafikbuller har endast studerats för Göteborg och Stockholm.

1.5 Metod

För att kunna besvara rapportens frågeställningar har flera olika tillvägagångssätt använts. Huvudsakligen har en litteraturstudie genomförts inom områden som är centrala för rapporten. Följande områden har studerats:

- Grundläggande fakta om ljud och buller.
- Riktlinjer och rekommendationer för trafikbuller.
- Hälsoeffekter orsakade av trafikbuller.
- Upplevelse av ljud samt hur en god boendemiljö kan skapas.
- Byggnationsplaner och bullerutredningar för det studerade området på Lindholmen.
- Samhällsekonomiska konsekvenser till följd av trafikbuller.

Vidare har intervjuer genomförts med personer som är kunniga inom ovanstående områden, eller som varit knutna till den planerade byggnationen på Lindholmen. Intervjuernas syfte har varit att få ökad kunskap samt att tillföra väsentlig och opublicerad fakta.

Följande intervjuer har genomförts:

- Anita Gidlöf-Gunnarsson och Mikael Ögren. Forskare. Göteborgs Universitet, Avdelningen för Samhällsmedicin och folkhälsa.
- Johan Altenius. Handläggare. Göteborgs stad, Stadsbyggnadskontoret.
- Ola Jonsson och Lisa Lantgård. Arkitekter. Berg|C.F. Möller.
- Malin Andersson och Martin Knape. Miljöutredare. Göteborgs stad, Miljöförvaltningen.

För att besvara frågor som uppkommit efter intervjutillfällena har dessutom mejlkonversation förts med ovan nämnda personer. För kompletterande information har även mejlkontakt hållits med följande personer:

- Sune Hildingsson. Planingenjör. Göteborgs stad, Stadsbyggnadskontoret.
- Frida Karlge. Tillförordnad Kollektivtrafikchef. Göteborgs stad, Trafikkontoret.
- Johan Jerling. Trafikanalytiker. Göteborgs Stad, Trafikkontoret.
- Leif Åkerlöf. Akustiker. Åkerlöf Hallin Akustikkonsult AB.

För att uppskatta bullerrelaterade hälsoeffekter vid den planerade nybyggnationen på Lindholmen har ekvationer för dos-responssamband framtagna av WHO använts. MathWorks beräkningsprogram MATLAB har använts för att plotta kurvor för dessa samband samt för att beräkna förväntade dos-responsvärden utifrån preliminära bullerberäkningar för det studerade området.

Trafikbullerrelaterade samhällsekonomiska konsekvenser för det studerade området har utretts med hjälp av preliminära bullerberäkningar samt tabeller över kostnader vid olika ljudtrycksnivåer framtagna av ASEK.

2 Ljud och buller

Ljud är tryckvariationer i luften som registreras av vårt hörselsinne (Andersson, Kropp, 2008a). De tryckvariationer människor uppfattar som ljud är relativt små (20 μPa till 200 Pa) jämfört med det atmosfäriska trycket (101,3 kPa).

Enligt Nationalencyklopedin (2013) är buller ”*miljöförsämrande, ofta oönskat ljud som är störande och i vissa fall skadligt för hörseln*”. Vad som anses vara oönskat ljud är subjektivt och varierar mellan individer. I många fall är det dock vedertaget att kalla vissa ljud för buller då dessa allmänt anses vara störande. Exempel på detta är ljud från trafik eller industrier, ofta kallat trafik- och industribuller.

2.1 Definition av ljudrelaterade begrepp

I följande avsnitt förklaras grundläggande ljudrelaterade begrepp som används senare i rapporten.

2.1.1 Ljudtrycksnivå

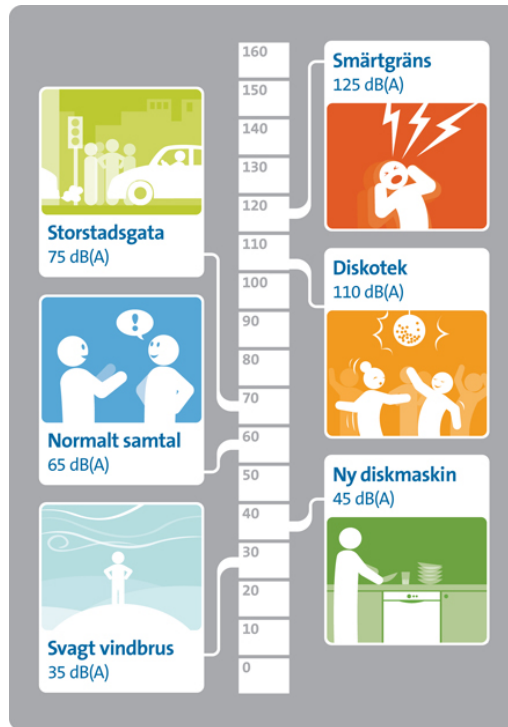
Det mänskliga hörselorganet kan registrera tryck i ett stort omfång (Andersson, Kropp, 2009). En ändring i ljudtryck från 20 μPa till 200 Pa innebär en tryckändring med faktorn 10 miljoner. För att göra jämförelser mellan stora och små ljudtryck hanterbara har begreppet ljudtrycksnivå L_p införts, där L står för nivå (*eng.* level) och p för tryck (*eng.* pressure). Ljudtrycksnivå är ett logaritmiskt mått, uttryckt i decibel (dB), vilket relaterar det aktuella ljudtrycket, p_{rms} , till ett referenstryck, p_{ref} :

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p_{rms}^2}{p_{ref}^2} \quad (2.1)$$

Referenstrycket, p_{ref} , väljs vanligtvis till 20 μPa , vilket motsvarar hörseltröskeln som är det lägsta ljudtryck den mänskliga hörseln kan uppfatta. Vid utskrivning av decibelvärden bör referenstrycket anges som X dB re. 20 μPa . Ofta utelämnas dock referenstrycket då 20 μPa anses vara underförstått. p_{rms} är ett medelvärde av det aktuella ljudtrycket för en viss integrationstid, T_m . Vanligtvis väljs integrationstiden mellan $T_{m,f} = 0,125\text{s}$ (*eng.* fast) eller $T_{m,s} = 1\text{s}$ (*eng.* slow). p_{rms} är definierat som:

$$p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} p^2(t) dt} \quad (2.2)$$

Figur 2.1 illustrerar ljudtrycksnivåer för olika källor uttryckta i dB(A) (se avsnitt 2.1.4). 0 dB(A) motsvarar hörseltröskeln och 120 dB(A) motsvarar smärtröskeln. Den sistnämnda är den ljudtrycksnivå då smärta börjar kännas i hörselorganen. I viss litteratur anges smärtröskeln som 140 dB(A) och den ljudtrycksnivå då ljud kan kännas, kallat känseltröskeln, som 120 dB(A). Dessa gränser kan anses vara ungefärliga då de varierar både med frekvens och från individ till individ.



Figur 2.1: *Upplevelse av olika ljudtrycksnivåer. (Trafikverket, 2012a)*

Den mänskliga hörseln är bra på att uppfatta skillnader i ljudtrycksnivå, men inte på att avgöra absoluta ljudtrycksnivåer.¹ Detta beror bland annat på att hörseln, till viss del, reglerar sin känslighet utifrån rådande ljudtrycksnivå. Ett exempel på detta är när en person befinner sig i ett tyst rum. Hörseln reglerar då upp sin känslighet för att de svagare ljuden ska höras. Det motsatta gäller vid höga ljudtrycksnivåer, till exempel på en högljudd konsert, då hörseln reglerar ner sin känslighet för att undvika skador på hörselorganen.

2.1.2 Ljudeffektsnivå

För att visa hur stor ljudeffekt en källa avger till omgivningen används begreppet ljudeffektsnivå, även kallat källstyrka (Arbetsmiljöverket, 2002). Detta mått visar ljudkällans styrka oberoende av omgivningen, efterklangstid et cetera. Ljudeffektsnivå anges i decibel och definieras som:

$$L_W = 10 \log_{10} \frac{W}{W_{ref}} \quad (2.3)$$

där W är aktuella ljudeffekt för källan och $W_{ref} = 10^{-12}$ W är en referensljudeffekt.

2.1.3 Frekvens

De ljud vi normalt utsätts för är en sammansättning av ett flertal olika frekvenser (Andersson, Kropp, 2009). Genom att använda en metod kallad fourieranalys kan allt ljud delas upp i olika *sinustoner* vilka kan beskrivas enligt:

$$p(t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}t + \phi\right) \quad (2.4)$$

där A är amplituden, T är periodtiden och ϕ är den initiala fasen.

Frekvens är definierat som antalet svängningar per sekund, det vill säga inversen av periodtiden T :

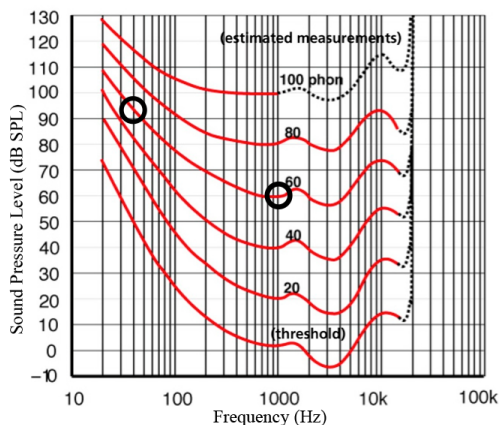
$$f = \frac{1}{T} \quad (2.5)$$

Låga frekvenser har få svängningar per sekund och höga frekvenser har många. Sammansättningen av de olika frekvenserna visas ofta i ett så kallat frekvensspektrum.

¹Pontus Thorsson (akustiker, Akustikverkstan), från föreläsning i kursen Introduction to Sound and Vibration, 28 februari 2013.

2.1.4 Phonkurvor och frekvensvägning

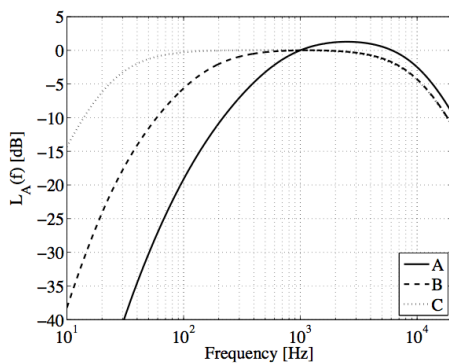
Den mänskliga hörseln uppfattar olika frekvenser olika väl (Arbetsmiljöverket, 2002). Genom omfattande undersökningar av människors uppfattning av olika frekvenser har så kallade *phonkurvor* tagits fram i den internationella standarden ISO-226:2003 (se Figur 2.2). Kurvorna beskriver uppfattade ljudtrycksnivåer, phon, uttryckt i verkliga ljudtrycksnivåer som funktion av frekvens. Phonkurvorna sammanfaller med den verkliga ljudtrycksnivån vid 1000 Hz då denna frekvens är vald som referens. Generellt krävs, vid låga och höga frekvenser, högre ljudtrycksnivå för att den ska uppfattas lika stark som den vid 1000 Hz. Detta gäller särskilt för låga frekvenser. I Figur 2.2 ses exempelvis att en uppfattad ljudtrycksnivå på 60 phon motsvarar en verklig ljudtrycksnivå på 60 dB vid 1000 Hz (den högra ringen). Vid 30 Hz krävs dock en verklig ljudtrycksnivå på 95 dB för att den uppfattade ljudtrycksnivån ska vara 60 phon (den vänstra ringen).



Figur 2.2: ISO-phonkurvor ISO-226:2003. De svarta ringarna indikerar den uppfattade ljudtrycksnivån 60 phon vid 30 och 1000 Hz. Baserad på figur från *virtual-sound.com* (Virtual-Sound, 2013)

Människan är känsligast för ljud med frekvenser mellan 2000-4000 Hz vilket kan ses i Figur 2.2. En anledning till detta är att hörselgången fungerar som ett halvöppet rör vilket gör att det uppstår resonansfrekvenser (se ordlista) där ljudtrycket förstärks (Everest, 2001). En normal storlek på hörselgången ger alltså resonansfrekvenser i detta intervall.

Utifrån phonkurvorna har tre vägningsfilter tagits fram för att uppmätta ljudtrycksnivåer bättre ska stämma överens med den mänskliga uppfattningen av ljud. De tre vägningsfilterna heter A-, B- och C-vägning (se Figur 2.3).



Figur 2.3: A-, B- och C-vägningsfilter. (Andersson, Kropp, 2009)

Vägningsfiltren är framtagna för att användas vid olika ljudtrycksnivåer:

- A-vägning: för ljudtrycksnivåer på 20–55 dB
- B-vägning: för ljudtrycksnivåer på 55–85 dB
- C-vägning: för ljudtrycksnivåer på 85–140 dB

Från början var vägningskurvorna avsedda för att användas vid de tre olika intervallen angivna ovan. Dock har A-vägningsfiltret blivit det vanligaste och används i stort sett uteslutande, oavsett vilken ljudtrycksnivå som uppmäts (Andersson, Kropp, 2009). C-vägningsfiltret används främst då ljud med lågfrekvent karaktär ska analyseras då detta filter ger en bättre upplösning för låga frekvenser jämfört med A-vägningsfiltret. Typiska källor med lågfrekvent karaktär är motorljud, industri- och maskinbuller. B-vägningsfiltret är således det minst använda frekvensvägningsfiltret. Det bör även nämnas att det finns ett D-vägningsfilter som tagits fram för mätning av flygbuller, men detta används sällan (Landström, 1999).

2.1.5 Ekvivalent ljudtrycksnivå

Då en total ljudtrycksnivå för en längre mätperiod ska visas, exempelvis en arbetsdag eller ett dygn, görs ett medelvärde av de momentana ljudtrycksnivåerna L_p till en ekvivalent ljudtrycksnivå $L_{p,eq,T}$ genom:

$$L_{p,eq,T} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p(t)/10} dt \right) \quad (2.6)$$

där T är den totala mättiden.

2.1.6 Mätetal

Nedan beskrivs vanliga mätetal för ljud, utifrån hur de brukar presenteras, med förkortningar som beskriver ingående parametrar.

$L_{p,A,eq,24h}$ är det vanligaste mätetalet som används för att karaktärisera ljud med kontinuerlig karaktär, exempelvis trafikbuller (Arbetsmiljöverket, 2005). Bokstaven p står för tryck (*eng.* pressure), A står för A-vägning, eq står för ekvivalent och $24h$ innebär mätning under 24 timmar.

$L_{p,A,eq,8h}$ är vanligt vid mätning av buller på arbetsplatser, då en normal arbetsdag är 8 timmar. Riktvärdet för arbetsplatser enligt Arbetsmiljöverket (2005) är $L_{p,A,eq,8h} = 85\text{dB(A)}$.

$L_{AF,max}$ används då maximala ljudtrycksnivåer ska visas. Detta mätetal ger den maximala A-vägsda ljudtrycksnivån under en mätning med integrationstiden 0,125 s (Fast) och används bland annat för riktvärdena för trafikbuller. Mätning av maximala ljudtrycksnivåer kan vara problematiskt då ovidkommande ljud som fågelkvitter, prasslande löv och dylikt kan tas upp av mätutrustningen (Gustafson, Gärdhagen, 2010). Detta är särskilt viktigt att beakta då låga maximala ljudtrycksnivåer ska mätas. Mätningen bör därför spelas in för att inspelningsen ska kunna lyssnas igenom och sådana ljud tas bort.

L_{den} är ett mätetal som används vid kartläggning av buller enligt EU-direktivet 2002/49/EC (Gustafson, Jonasson, 2010). L_{den} är ett sammanvägt årsmedelvärde av bullernivåer under ett dygn, indelat i tre perioder: Dag (12 timmar), kväll (4 timmar) och natt (8 timmar). Förvalda tider för dessa perioder är mellan klockan 07-19, 19-23 och 23-07. Varje medlemsland i EU har sedan möjlighet att korta ner dagen med 1-2 timmar och förlänga kvällen och/eller natten på motsvarande sätt (WHO, 2011). I Sverige används tidsintervallerna 06-18, 18-22 och 22-06 (Gustafson, Jonasson, 2010). Vid sammanvägning av bullernivåer från de tre perioderna adderas 5 dB till ljudtrycksnivån för kvällen samt 10 dB till ljudtrycksnivån för natten, då dessa tider är särskilt viktiga för människors rekreation, återhämtning och sömn. Adderingarna kan ses i ekvationen för L_{den} :

$$L_{den} = 10 \log_{10} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right) \quad (2.7)$$

där L_{day} är ekvivalent ljudtrycksnivå under dagen, $L_{evening}$ är ekvivalent ljudtrycksnivå under kvällen och L_{night} är ekvivalent ljudtrycksnivå under natten.

2.2 Ljudutbredning utomhus

I följande avsnitt beskrivs fenomen som påverkar ljudets utbredning utomhus. Dessa fenomen påverkar vilka ljudtrycksnivåer som uppstår och är därmed viktiga att beakta vid bullerutredningar och bullermätningar utomhus.

2.2.1 Avståndsdämpning, punkt- och linjekällor

När ljud färdas i luften dämpas det främst av ett fysikaliskt fenomen som kallas molekyulär relaxation, vilket innebär att ljudvågors rörelseenergi omvandlas till värme (Andersson, Kropp, 2010). Denna dämpning är stor för höga frekvenser och liten för låga frekvenser. Fenomenet kan uppfattas exempelvis vid åska. När blixten slår ner nära lyssnaren uppfattas ljudet som skarpt, med både höga och låga frekvenser. Om blixten däremot slår ner långt bort uppfattas ljudet som dovt och mullrande eftersom de höga frekvenserna har dämpats.

En viktig del av avståndsdämpning är ljudenergens spridning. När avståndet från ljudkällan ökar sprids ljudenergin på en successivt ökande yta, vilket resulterar i en lägre ljudtrycksnivå ju längre från källan mottagaren kommer. Det finns huvudsakligen två typer av källor; punktkällor och linjekällor. För punktkällor sprids ljudenergin sfäriskt, vilket ger en ljudtrycksnivå som sjunker med 6 dB per avståndsfördubbling (se Figur 2.4). I stort sett kan alla källor ses som punktkällor om avståndet från källan till mottagaren är tillräckligt långt. Ljudtrycksnivån för en punktkälla som funktion av avståndet r ges som:

$$L_{p,punktkälla} = L_W - 10\log_{10}\left(\frac{4\pi r^2}{S_{ref}}\right) \quad (2.8)$$

där L_W är ljudeffektsnivån, per meter, för källan, r är avståndet till mottagaren och S_{ref} är en referensarea på $1m^2$.

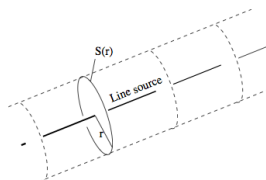


Figur 2.4: Energispridning från en punktkälla. (Andersson, Kropp, 2008a)

En linjekälla är en ljudkälla som har en lång utsträckning i en riktning vilket leder till att spridning av ljudenergin kan anses ske cylindriskt (Figur 2.5). Detta innebär att ljudtrycksnivån sjunker med 3 dB per avståndsfördubbling. Vägar med ett konstant flöde av trafik är ett typiskt exempel på linjekällor. De enskilda bilarna kan anses vara punktkällor som tillsammans utgör en linjekälla. Detta innebär även att ljudtrycksnivån från vägen sänks med 3 dB per avståndsfördubbling. Ljudtrycksnivån för en linjekälla som funktion av avståndet r ges som:

$$L_{p,linjekälla} = L_W - 10\log_{10}\left(\frac{2\pi r}{l_{ref}}\right) \quad (2.9)$$

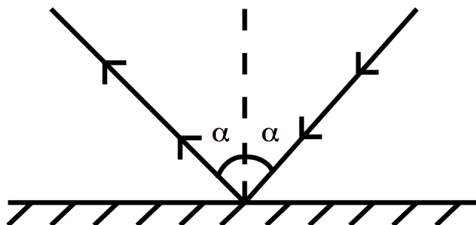
där L_W är ljudeffektsnivån för källan, r är avståndet till mottagaren och l_{ref} är en referenslängd på 1m.



Figur 2.5: Energispridning från en linjekälla. (Andersson, Kropp, 2008a)

2.2.2 Reflektion

När en ljudvåg träffar en yta delas den infallande vågen upp i två delar; en transmitterad och en reflekterad våg (Rossing, 2007). Den transmitterade vågen fortsätter in i materialet och den reflekterade vågen reflekteras i en vinkel som är lika stor som infallsvinkeln (se Figur 2.6).

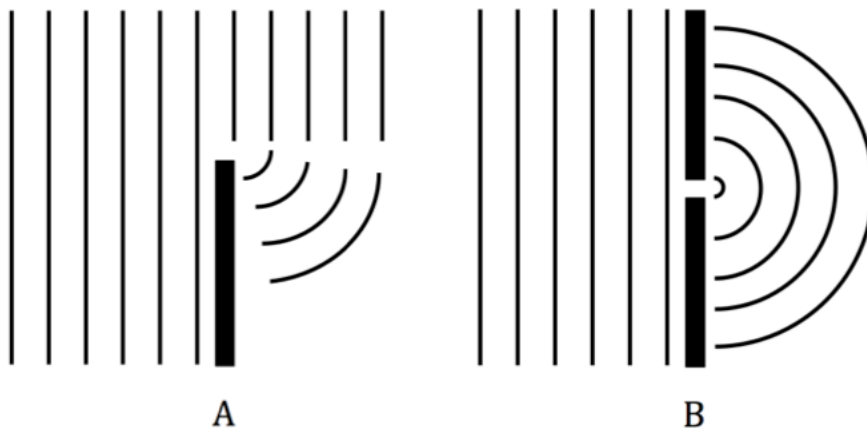


Figur 2.6: *Reflektion på en plan yta.*

Reflektioner på en yta resulterar i förhöjda ljudtrycksnivåer vid ytan, vilket är viktigt att vara medveten om då ljudtrycksnivåer vid fasad ska redovisas. Ofta redovisas så kallade frifältsvärden, vilket betyder att ljudtrycksnivån i en mätpunkt anges utan tillskottet som orsakas av reflektionen från den närmsta fasaden (Gustafson, Jonasson, 2010). Vanligtvis är frifältsvärdet cirka 3 dB lägre än värdet då reflektionen från den närmsta fasaden är medräknad.

2.2.3 Diffraction

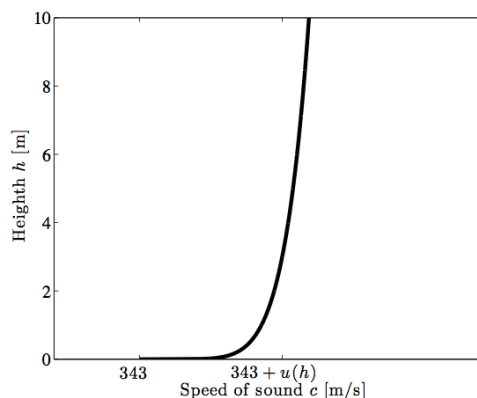
Ljudvågor kan böja sig runt hörn och kanter (Everest Alton, 2001). Detta fenomen kallas diffraction och är viktigt att ta hänsyn till när exempelvis när en bullerskärm ska uppföras. Figur 2.7 visar hur plana vågor böjer av bakom en skärm samt genom en öppning i en skärm. Diffraction blir särskilt tydligt för ljudvågor med lägre frekvenser då dessa lättare böjer av jämfört med ljudvågor med högre frekvenser.



Figur 2.7: *Diffraction bakom en skärm (A) samt genom en öppning i en skärm (B).*

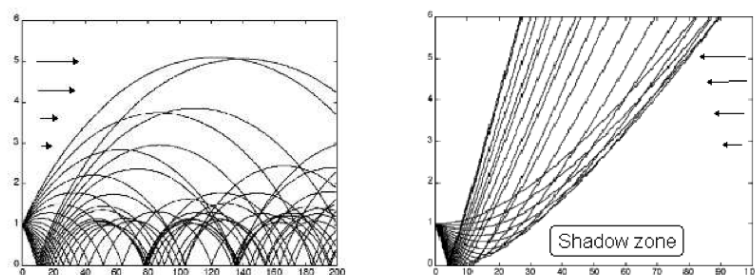
2.2.4 Refraktion

Refraktion är ett fenomen som innebär att ljudet ändrar riktning i höjdlid då det breder ut sig i atmosfären (Andersson, Kropp, 2008b). Riktningssändringen beror på att ljudets hastighet är beroende av vind och temperatur. Vid en normal vindprofil är vindhastigheten noll vid marken och ökar med ökande höjd (se Figur 2.8).



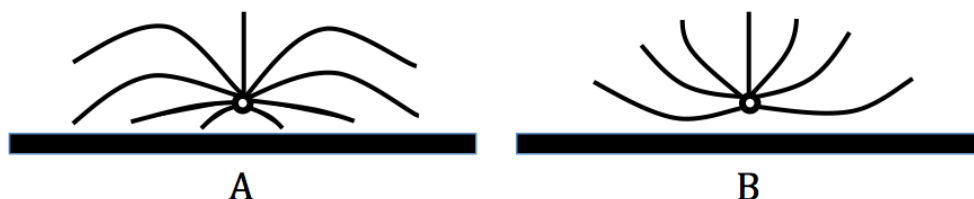
Figur 2.8: Vindprofil under normala väderförhållanden. (Andersson, Kropp, 2008b)

Denna vindprofil ger en förhöjd ljudtrycksnivå då mottagaren befinner sig i medvind i förhållande till källan och en lägre ljudtrycksnivå då mottagaren befinner sig i motvind i förhållande till källan (se Figur 2.9).



Figur 2.9: Mottagare i medvind (t.v.) respektive motvind (t.h.) i förhållande till källan. (Andersson, Kropp, 2008b)

På liknande sätt bidrar temperaturgradienter (se ordlista) till att ljud kan böja av. Det vanligaste fallet är en temperaturgradient med kallare luft längre upp i atmosfären jämfört med vid marken. Då böjer ljudvågorna av enligt Figur 2.10 B. Det motsatta kan uppstå när luften vid marken är kallare än luften högre upp (Figur 2.10 A). Detta fenomen kan uppstå under kalla morgonar efter klara nätter, då nattutstrålningen av värme varit stor. Fenomenet kallas temperaturinversion och resulterar i en förhöjd ljudtrycksnivå vid marken (Everest Alton, 2001). Ett exempel på denna effekt är att ljudet från en avlägsen väg, som i vanliga fall inte hörs, kan höras påtagligt.



Figur 2.10: Refraktion på grund av temperaturgradienter. Temperaturinversion (A) , normal temperaturgradient (B).

3 Riktlinjer och rekommendationer för trafikbuller

Det finns riktvärden för trafikbuller från flera organ och myndigheter. I detta kapitel kommer riktlinjer och rekommendationer, både nationellt och internationellt, för bostäder och skolverksamhet att presenteras. Samtliga ljudtrycksnivåer som anges i detta kapitel gäller för årsmedeldygnstrafik (se ordlista). För bullernivåer vid fasad menas frifältsvärden (se ordlista).

3.1 Internationella rekommendationer och bestämmelser för trafikbuller

De riktvärden som anges från nedanstående organ är ljudtrycksnivåer, över vilka andelen personer som riskerar att drabbas av hälsoeffekter ökar markant.¹ Dock kan människors hälsa påverkas även vid lägre ljudtrycksnivåer.

3.1.1 Förenta Nationerna och Världshälsoorganisationen

I Rio de Janeiro hölls år 1992 ett möte i FN:s regi där Agenda 21 antogs (Miljödepartementet, 2012). Agenda 21 är ett handlingsprogram för det tjugoförsta århundradet som säger att utveckling ska vara hållbar både socialt, ekonomiskt och miljömässigt. Enligt WHO (2009) står det i Agenda 21 att principen *the polluter pays* ska gälla. Det vill säga att den som står för ett utsläpp, till exempel buller, ska betala för den skada som sker. Det står även att om något misstänks skada människors hälsa ska åtgärder vidtas även om inte tillräcklig forskning finns för att bevisa det.

Världshälsoorganisationen, WHO, har gett ut flera rapporter som behandlar buller. Två av dessa är *Guidelines for Community Noise* och *Night Noise Guidelines for Europe*, där den senare är en utveckling av den tidigare. I rapporterna beskrivs effekter på hälsan som följd av buller och bullernivåer. Följande värden är enbart rekommendationer från WHO och således inte några fastslagna regler.

WHO (2009) rekommenderar att den ekvivalenta ljudtrycksnivån (se ordlista) nattetid ej överstiger 40 dB(A) utomhus. I undantagsfall, samt där det på kort sikt är omöjligt att uppnå detta mål, bör den ekvivalenta ljudtrycksnivån nattetid vara maximalt 55 dB(A). Detta bör dock endast tillåtas lokalt och det finns inga garantier för att människor inte tar skada av buller vid denna ljudtrycksnivå. Dagtid bör ljudtrycksnivån vid fasad inte vara högre än 55 dB(A) för att så få som möjligt ska störas av buller. Denna nivå bör även gälla för uteplatser och andra vistelsezoner utomhus. Kvällstid bör de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna både för fasad och uteplats ligga 5-10 dB(A) lägre än dagtid.

Den maximala ljudtrycksnivån nattetid bör enligt WHO (2009) inte överskrida 45 dB(A) inomhus. Att det finns ett riktvärde även för maximala ljudtrycksnivåer beror på att vissa hälsotillstånd, exempelvis sömnstörningar, påverkas mer av korta, höga ljudtrycksnivåer än av konstant buller.

För att kunna uppfatta tal bra bör skillnaden mellan tal och bakgrundsljud vara mer än 15 dB(A). Normal samtalsnivå på 1 meters avstånd är 50 till 65 dB(A) (WHO, 1999). Bakgrundsbuller bör därför i skolmiljö inte överskrida 35 dB(A) inomhus, då god uppfattning av tal är av stor vikt för inläringen.

3.1.2 Europeiska Unionen

I juni 2002 publicerades *Direktiv 2002/49/EC* av Europeiska Unionen (2011). Direktivet handlar om bedömning och hantering av omgivningsbuller. Däri finns beslut om att EU:s medlemsländer ansvarar för att presentera bullerkartor innehållande L_{den} och L_{night} (se avsnitt 2.1.6). Bullerkartorna ska göras för alla stora vägar, järnvägar och flygplatser som har mer än ett visst antal resenärer/fordon per år, samt för kommuner med större invånarantal än 100 000 personer. Samtliga bullerkartor ska presenteras vart femte år och deras huvudsakliga syfte är att göra invånare medvetna om aktuella bullernivåer. Kartorna ska även leda till åtgärdsprogram, vilka ska redovisa bullerfrågor och -problem samt åtgärder som leder till sänkning av bullernivåer. Även

¹Martin Knappe (miljöutredare, Miljöförvaltningen i Göteborg), intervjuad den 11 april 2013.

åtgärdsprogrammen ska presenteras vart femte år och innehålla en prioritering av aktuella åtgärder.

3.2 Nationella riktlinjer och rekommendationer för trafikbuller

Rekommendationer för buller på internationell nivå stämmer inte alltid överens med riktlinjer och rekommendationer på nationell nivå. Regeringen och Boverket har till exempel valt att beräkna bullernivåer enligt andra indikatorer och riktvärden än vad som rekommenderas av EU. Riktvärden kan dessutom skilja mellan olika städer.

3.2.1 Regeringen och Boverkets allmänna råd

I mars år 1997 antog Sveriges riksdag (1997) proposition 1996/97:53 *Infrastrukturinriktning för framtida transporter*. I propositionen presenteras riktvärden för buller. Dessa bör normalt inte överskridas vid nybyggnation och större ombyggnation av trafikinfrastruktur eller vid nybyggnation av bostadsbebyggelse. Riktvärdena och information om dem är följande:

30 dB(A)	ekvivalentnivå inomhus,
45 dB(A)	maximalnivå inomhus nattetid,
55 dB(A)	ekvivalentnivå utomhus (vid fasad),
70 dB(A)	maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad.

[...] Vid tillämpning av riktvärdena vid åtgärder i trafikinfrastrukturen bör hänsyn tas till vad som är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt. I de fall utomhusnivån inte kan reduceras till nivåer enligt ovan bör inriktningen vara att inomhusvärdena inte överskrids. Vid åtgärd i järnväg eller annan spåranläggning avser riktvärdet för buller utomhus 55 dB(A) ekvivalentnivå vid uteplats och 60 dB(A) ekvivalentnivå i bostadsområdet i övrigt (Sveriges riksdag, 1996).

Då myndigheter tidigare givit olika direktiv för tillämpning av ovan nämnda riktlinjer, gav regeringen aktuella myndigheter i uppdrag att utarbeta förslag för hur dessa riktlinjer enhetligt ska följas (Boverket, 2004). Förslagen skulle leda till förbättrad samordning mellan myndigheter vid planering för byggnation av bostäder samt infrastruktur och redovisas under hösten år 2004. Som ett resultat av förslaget gav Boverket (2008) år 2008 ut dokumentet *Boverkets allmänna råd – Buller i planeringen*.

De riktlinjer som finns från Boverkets sida, som även anges i Boverkets allmänna råd, fastställer att ljudkraven inomhus alltid bör uppfyllas vid nybyggnation. I bostäder ska den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån vara lägre än 30 dB(A) i rum för sömn och vila samt i rum för samvaro, vilket kan vara vardagsrum, matsal eller liknande, men inte kök. I rum för samvaro får den maximala ljudtrycksnivån under natten inte överskrida 45 dB(A) mer än fem gånger per natt och då med max 10 dB(A). Nattetid är här definierat som kl. 22.00 till 06.00.

Riktvärden för ljudtrycksnivåer utomhus vid fasad är inte lika strikta som riktvärden för inomhusmiljö. Den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån för bostäder vid fasad bör, enligt riktlinjerna, vara lägre än 55 dB(A) (Boverket, 2008). Maximala ljudtrycksnivåer på uteplats och vid fasad bör inte vara över 70 dB(A). Då dessa ljudtrycksnivåer på något sätt frångås klassas det som avsteg från riktlinjerna. Nya bostäder bör inte uppföras om den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån vid fasad överstiger 65 dB(A). Om bebyggelse fortsatt planeras för platsen bör ljudeffektsnivån påverkas vid källan, för att en lägre ljudtrycksnivå på så sätt ska uppnås. Om ljudtrycksnivån överstiger 60 dB(A) bör enbart bostäder uppföras om minst hälften av rummen i samtliga bostäder gränsar mot en tyst sida, alltså med ljudtrycksnivå under 45 dB(A). Vidare kan bostäder tillåtas att uppföras om den ekvivalenta ljudtrycksnivån vid den mest bullerexponerade fasaden är 55-60 dB(A) om det strävas efter tillgång till tyst sida för samtliga bostäder.

Avsteg från tyst sida, 45 dB(A), och ljuddämpad sida, 50 dB(A), får göras där det inte är tekniskt möjligt att klara dessa nivåer för alla våningar (Boverket, 2008). En ekvivalent ljudtrycksnivå på 55 dB(A) vid fasad kan då accepteras på de övre våningsplanen. Detta undantag får dock endast tillämpas på ett fåtal lägenheter, och byggnadens uteplatser måste klara gällande krav om 55 dB(A).

Enligt Boverket (2004) ska låga bullernivåer eftersträvas i undervisningssalar. För dessa bör samma ekvivalenta ljudtrycksnivåer gälla som för bostäder inomhus, alltså 30 dB(A). Skolgårdar ses som uteplats och den ekvivalenta ljudtrycksnivån bör därför ej överstiga 55 dB(A) (Boverket, 2008).

För en god ljudmiljö krävs väsentligt lägre ljudtrycksnivåer än riksdagens rekommenderade nivåer och Boverkets ljudtrycksnivåer för avsteg. Boverket (2011a) menar vidare att 55 dB(A) är ett strängt värde för ljudtrycksnivån på trafiksidan. Värdet överskrider redan då 1000 fordon passerar per dygn.

3.2.2 Boverkets byggregler

I Boverkets byggregler, BBR, står att utformning av byggnader ska ske så att ljud dämpas, dels mellan lägenheter, dels från installationer, men också utifrån och in. Detta för att undvika att människors hälsa påverkas negativt (Boverket, 2011b). Dämpningen ska utformas i sådan utsträckning att rum ska kunna användas till vad de är avsedda för samt att människor som vistas i byggnaden inte ska störas av ljudet. Det finns dock inga värden angivna i BBR för vad som är tillåtna ljudtrycksnivåer.

3.2.3 Naturvårdsverket

Naturvårdsverket har fått i uppdrag från regeringen att ansvara för nationell samordning mellan myndigheter vid arbete som rör buller i omgivningen (Naturvårdsverket, 2013a). De ska även vägleda intressenter i hur miljöbalken ska tolkas, där buller anses vara en miljöpåverkan. Naturvårdsverket har samma riktlinjer för ekvivalenta ljudtrycksnivåer som riksdagen (Naturvårdsverket, 2013b). Dessutom anger Naturvårdsverket att det i områden för rekreation ej bör vara en ekvivalent ljudtrycksnivå som överstiger 55 dB(A).

3.2.4 Riktlinjer gällande buller för bostäder i Göteborgs stad

Sedan år 1978 har det i Göteborg funnits riktvärden för att minska olägenheter orsakade av buller (Göteborgs stad, 2006). Kommunfullmäktige i Göteborg röstade år 1996 igenom en miljöpolicy. Policyn är en tolkning av de rekommendationer som finns från Boverket och dokumentet är till för att underlätta vid granskning av byggnationsplaner.² Där anges bland annat att de som planerar staden ska sträva efter att anläggningar, byggnader och områden planeras hållbart och på ett miljömässigt bra sätt, både långsiktigt och ur ett helhetsperspektiv. Ovanstående information finns skriven i den bullerpolicy som nu används och som gavs ut år 2006. Där står även att det är viktigt att orsaken till höga bullernivåer åtgärdas, snarare än symptomen. Under år 2013 kommer en ny bullerpolicy att utarbetas som en vidareutveckling av den policy som kom år 2006.³ Den nya ska ge en bättre helhetssyn på bullernivåer och bullerproblem, där fokus kommer byta inriktning till att mer behandla buller och boendekvalitet. Det nuvarande dokumentets fokus handlar främst om hälsoproblem till följd av buller.

I Göteborgs stads översiktsplan från år 2001 står att ny bebyggelse ska placeras med nära tillgång till kollektivtrafik (Göteborgs stad, 2006). Bebyggelse ska uppföras så att de normer som finns för buller och luftföroreningar följs. Staden behöver förtätas istället för att gles bebyggelse uppförs i nya områden utanför centrum. Detta ska dock göras på ett hållbart sätt så att förtätning av bostadsområden sker samtidigt som människors livsmiljö förbättras. Att förtäta staden är något som fortfarande är en målsättning och strategi vid planeringsarbete för Göteborgs stad.⁴

I dokumentet *Kommunal tillämpning av riktvärden för trafikbuller* har Göteborgs stad (2006) gjort tolkningar av de riktlinjer som höll på att tas fram av Boverket angående trafikbuller. Där menas att gällande riktvärden för inomhusmiljö aldrig ska överskridas och att ekvivalenta ljudtrycksnivån vid fasad inte ska överstiga 65 dB(A). Dessutom skrivs att lägenheter som har en ljudtrycksnivå mellan 55 och 65 dB(A) på sin bullrigaste sida ska vara genomgående, det vill säga ha fönster åt två motsatta väderstreck. Sovrum ska kunna placeras vid en tyst eller luddämpad sida, som har en ekvivalent ljudtrycksnivå under 45 respektive 50 dB(A). Göteborgs centrala delar har dock så högt bakgrundsbuller att 45 dB(A) nästintill inte kan uppnås någonstans, menar

²Martin Knappe (miljöutredare, Miljöförvaltningen i Göteborg), intervjuad den 11 april 2013.

³Ibid

⁴Ibid

Martin Knape, miljöförvaltningen i Göteborg, varför 50 dB(A) är det som ska understigas vid den mindre bullriga fasaden.⁵ Regeln gällande att 65 dB(A) vid fasad inte får överskridas kommer troligtvis att frångås i den nya bullerpolicyen. Detta för att *Boverkets allmänna råd – Buller i planeringen* säger att det i undantagsfall kan byggas på en plats även om inte 65 dB(A) kommer kunna uppnås. Dock ska samtliga sovrum, i lägenheter med över 65 dB(A) vid den bullrigaste fasaden, vara belägna vid en tyst/ljuddämpad sida enligt den nya policyen.⁶

Göteborgs stad tillåter i undantagsfall att lägenheter får byggas även om de för staden angivna riktlinjerna inte uppfylls (Göteborgs stad, 2006). Detta kan endast tillåtas för maximalt fem procent av lägenheterna, både i hela det planlagda området och i varje hus för sig. Detta undantag tillämpas enligt Knape exempelvis i hus med hög trafiktäthet vid fasaden.⁷ Där hade annars onödigt stora lägenheter belägna i husens hörn behövts för att uppfylla kravet angående antal rum vid tyst sida. Procentsatsen på fem procent kommer också den troligen höjas i den nya bullerpolicyen, då det är orimligt att bygga så få lägenheter där riktvärden överskrids.⁸

Enligt Göteborgs stads bullerpolicy gällde 2004 att inga åtgärder skulle vidtas om den ekvivalenta ljudtrycksnivån inte översteg 65 dB(A) vid fasad eller på uteplats (Göteborgs stad, 2006). Ekonomiska medel skulle då finnas till förfogande för att åtgärder skulle ske. I dagsläget ska den ekvivalenta ljudtrycksnivån överstiga 63 dB(A) och den maximala ljudtrycksnivån överstiga 80 dB(A) från kollektivtrafik för att en plats ska vara aktuell för åtgärder.⁹ Utöver detta bör de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna inomhus vara höga, jämfört med rekommenderade värden, för att åtgärder ska vara aktuella.

3.2.5 Riktlinjer för buller på skolgårdar i Göteborgs stad

I Sverige finns 16 nationella miljömål (Göteborgs stad, 2013a). Av dessa har 12 valts ut, vilka anses vara extra viktiga för Göteborgs stad. Bland dessa miljömål finns delmål för buller, där det bland annat sägs att 95 procent av alla förskolegårdar i Göteborgs stad ska ha en ekvivalent ljudtrycksnivå under 55 dB(A).¹⁰ Enligt Malin Andersson, miljöutredare på Miljöförvaltningen i Göteborg, är riktlinjerna för staden att nå ner till 55 dB(A) på minst 50 procent av varje skolgård.¹¹ Den maximala ljudtrycksnivå som används som riktvärde för skolgårdar är 70 dB(A).¹²

3.2.6 Stockholmsmodellen för detaljplaner och trafikbuller

Länsstyrelsen i Stockholms län startade under 90-talet, tillsammans med Stockholms stad och Ingemansson Technology AB, ett projekt som heter *Trafikbuller och Planering* (Halling, 2012). Syftet med projektet var att underlätta vid arbete med bullerfrågor i trafiktäta områden där bebyggelse planeras.

Det har sedan projektets start kommit ut fyra rapporter. Den första presenterade ett förslag till kvalitetsmål för trafikbuller. Förslaget justerades och kallades i *Trafik och planering III* för *Ljudkvalitetspoäng*. Detta har sedan vidareutvecklats, både genom enkätundersökningar gjorda i bullertäta bostadsområden och att erfarenhet tillförts från tillämpning av ljudkvalitetspoängen vid planering i andra byggnationsprojekt. Namnet på metoden att mäta ljudkvalitet med poäng byttes i den fjärde rapporten till *Ljudkvalitetsindex*.

Ljudkvalitetsindex används nu i Stockholms stad som planeringsförutsättning under namnet *Stockholmsmodellen för detaljplaner och trafikbuller* (Halling, 2012). En skillnad mellan *Trafik och planering* och *Stockholmsmodellen för detaljplaner och trafikbuller* är vad riktvärdet för ekvivalenta ljudtrycksnivån på utsidan av byggnaden innebär. I *Trafik och planering* ska nivån klaras vid fasad, medan det räcker att klara nivån vid hälften av fönstren till husets sov- och vardagsrum i *Stockholmsmodellen för detaljplaner och trafikbuller*.

⁵Martin Knape (miljöutredare, Miljöförvaltningen i Göteborg), intervjuad den 11 april 2013.

⁶Ibid

⁷Ibid

⁸Ibid

⁹Martin, Knape (miljöutredare, Miljöförvaltningen i Göteborg), från e-mail den 7 maj 2013.

¹⁰Martin Knape (miljöutredare, Miljöförvaltningen i Göteborg), intervjuad den 11 april 2013.

¹¹Malin Andersson (miljöutredare, Miljöförvaltningen i Göteborg), intervjuad den 11 april 2013.

¹²Martin Knape (miljöutredare, Miljöförvaltningen i Göteborg), intervjuad den 11 april 2013.

Indexet ges genom poängsättning av olika egenskaper hos det planerade bostadshuset (Halling, 2012). Även vägning av de olika faktorerna görs. De faktorer som bedöms visas nedan:

Egenskap	Vägning	Poängskala
Buller på trafikerad sida	Utgår från den mest bullriga fasaden.	(-3) – 0
Buller på dämpad sida	Positivt vid låga nivåer.	0 – 8
Buller vid entré	Vägs negativt vid höga bullernivåer.	(-2) – 1
Buller på gård, uteplats och balkong	Tillgång till flera uteplatser samt med låga bullernivåer ger ökat index.	0 – 6
Buller inomhus	Utgår från sov- och vardagsrum. Den egenskap som har högst vägningsfaktor. $L_{Aeq24h}=30$ och $L_{AFmax}=45$ ger index 0.	0 – 10
Antal trafikslag/bullerkällor	Olika typer av trafik, industribuller, frekvent trafik med uttryckningsfordon, kyrkklockor. Fler än 3 källor ger lägst index.	(-6) – 0
Planlösning	Antal boningsrum med ett eller flera fönster som har $L_{Aeq24h}<55$ dB. Inget fönster i samtliga rum som klarar värdet ger lägst index.	(-12) – 8
Behov av bullerskydd på balkong	Lokala bullerskydd på balkong kan användas för att skärma buller. Hur många procent av balkongen som behöver skärmas för att klara riktvärden vid fönster bedöms, där 0 procent ger lägst index.	(-12) – 2
Buller i grannskap	Hurdana bullernivåer som finns i grannskapet inom 5 minuters promenadavstånd. Mycket tyst grannskap ger lägst index.	0 – 3

Om Ljudkvalitetsindex är över +1 anses en god ljudmiljö kunna uppnås.

3.3 Hantering av trafikbuller i Göteborgs stad

Byggnadsnämnden är den instans som tar beslut om hur och var något ska byggas.¹³ Detta görs utifrån vad förvaltningar och myndigheter anser om platsen. Nämnden tittar på flera olika faktorer, till exempel miljöfrågor, barnvänlighet och sociala perspektiv. Därefter gör de avvägningar om platsens lämplighet för byggnation utifrån dessa faktorer.

Miljöförvaltningen försöker påverka bullernivåer genom att vara med tidigt i processen vid planering av nybyggnation.¹⁴ De försöker på så sätt åstadkomma bra förutsättningar för en god miljö i planerade områden

¹³Martin Knappe (miljöutredare, Miljöförvaltningen i Göteborg), intervjuad den 11 april 2013.

¹⁴Ibid

för alla som vistas där. Miljöförvaltningen jobbar med bullerfrågor genom att göra åtgärdsprogram för befintliga områden och se till att det finns en bullerpolicy för staden som följs. Martin Knappe menar att Miljöförvaltningen inte försöker skapa tysthet i staden, då det inte är realistiskt på grund av hög trafikmängd.¹⁵ Han menar att även om staden uppmuntrar till ökad användning av kollektivtrafik, kommer detta ändå inte leda till kraftigt minskade bullernivåer då kollektivtrafik också orsakar buller. Dock är den bättre för miljön än privat bilkörning på andra sätt. Miljöförvaltningen jobbar med att minska bullernivåerna generellt i staden och gör detta främst genom att inrikta sig på specifika områden där lägre ljudtrycksnivåer och bättre ljudmiljöer eftersträvas. Exempel på sådana inriktningsområden är i bostäder, grönområden och förskolemiljöer.

Martin Knappe har uppfattningen att den bullerpolicy som finns i Göteborg påverkar hur byggnationer sker i staden.¹⁶ Han tycker också att det bullertekniskt byggs bättre bostäder i dagsläget jämför med tidigare. I planeringsskedet av en byggnation är en av svårigheterna att beräkna och förutse bullernivåer på innergårdar. Det finns inga beräkningsmodeller som på ett tillfredsställande sätt inkluderar detta och denna faktor bortses ofta från när ett bostadsområde planeras. Vidare går det heller inte att på ett bra sätt räkna in det bullerregn (se ordlista) som förekommer i staden, vilket på vissa platser orsakar tydligt förhöjd ekvivalent ljudtrycksnivå på innergårdar. Rent generellt skulle minst 5 dB(A) kunna adderas till beräknad ljudtrycksnivå på en innergård menar Knappe.¹⁷

Nedan följer en sammanfattande tabell över de riktvärden och rekommenderade värden som ges från olika organ och myndigheter.

Tabell 3.1: Rekommenderade värden för ekvivalent- och maximal ljudtrycksnivå från olika myndigheter som nämns ovan.

Organisation myndighet	Dygnsekvivalent ljudtrycksnivå vid fasad dB(A)	Undantag vid hög dygnsekvivalent ljudtrycksnivå vid fasad, dB(A)	Maximal ljudtrycksnivå på UTEPLATS dB(A)	Ekvivalent ljudtrycksnivå vid fasad KVÄLL, dB(A)	Ekvivalent ljudtrycksnivå vid fasad NATT, dB(A)	Maximal ljudtrycksnivå INOMHUS NATT dB(A)	Ekvivalent ljudtrycksnivå INOMHUS, dB(A)	Ekvivalent ljudtrycksnivå INOMHUS, SKOLMILJÖ dB(A)	Ekvivalent ljudtrycksnivå SKOLGÅRD dB(A)	Maximal ljudtrycksnivå SKOLGÅRD dB(A)	Ekvivalent ljudtrycksnivå REKREATIONS-OMRÅDEN dB(A)
WHO	55	55		5-10 <dag	40			35			
Riksdagen och Boverket	55	>65 tillåts om tyst sida finns (45)	70			45	30		55		
Naturvårdsverket											55
Göteborgs stad	55	≤65, men vid >55 ska samtliga lgh ha tyst sida & vara genomgående							55	70	

¹⁵Martin Knappe (miljöutredare, Miljöförvaltningen i Göteborg), intervjuad den 11 april 2013.

¹⁶Ibid

¹⁷Ibid

4 Hälsoeffekter av buller

Till skillnad från andra miljöproblem ses ofta buller som icke livshotande (Boverket, 2008). Det är dock påvisat att buller påverkar människors hälsa och livskvalitet negativt. I *Burden of disease from environmental noise* beskrivs att buller kan ge upphov till sömnstörningar, kognitiv nedsättning, hjärt- och kärlsjukdomar, störning, tinnitus och nedsatt hörsel (WHO, 2011).

Bullrets negativa inverkan på människors hälsa beror på typen av buller (Boverket, 2008). Det som styr karaktären hos bullret är ljudtrycksnivå och frekvens, hur det varierar över tid samt vid vilken tid på dygnet det uppstår. Buller utgör dock vanligen en av flera samverkande faktorer som leder till ohälsa. Övriga faktorer som påverkar bullrets inverkan på hälsan är individens egenskaper, livsstil och livsmiljö (WHO, 1999).

4.1 Hälsoproblem

I rapporten *Guidelines for community noise* presenteras både epidemiologiska studier (se ordlista) och laboratorieundersökningar som utvärderar hur personer som lever i bullerutsatta miljöer påverkas av buller (WHO, 1999). Resultatet visar att människors fysiska funktioner påverkas negativt både tillfälligt och permanent av bullerexponering. Det framgår dock att fysisk påverkan ofta återgår till ett normalt tillstånd efter tillfällig bullerexponering. Långvarig exponering för buller kan däremot leda till bestående hälsoeffekter. Vidare konstateras i rapporten *Burden of disease from environmental noise* att det i Västeuropa (se ordlista) finns risk för stora hälsoproblem på grund av trafikbuller (WHO, 2011). Rapporten baseras på exponeringsdata från ljudkartor gjorda i EU:s medlemsländer samt befolkningsdata för åren 2001 till 2010. Uppdelat i olika risksjukdomar uppskattas antalet förlorade år (se ordlista) bli:

- 61 000 år för hjärt- och kärlsjukdomar
- 45 000 år för kognitiv nedsättning hos barn
- 903 000 år för sömnstörningar
- 22 000 år för tinnitus
- 654 000 år för störning

Sammanfattningsvis betyder detta att minst en miljon friska levnadsår går förlorade i Västeuropa till följd av trafikrelaterade ljud.

Synergien mellan de olika sjukdomarna är inte utförligt studerad, vilket medför att antalet förlorade år i själva verket kan vara ännu fler (WHO, 2011). De sjukdomar som trafikbuller orsakar är dessutom ofta nära sammankopplade och har likartade symptom.

4.1.1 Sömnstörningar

Sömnstörningar har en betydande inverkan på människors hälsa och välbefinnande (WHO, 2011). Det är även en av de vanligaste orsakerna till klagomål hos människor som utsätts för trafikbuller i sina hem. Sömnstörningar är en allvarlig effekt av buller då ostörd sömn är viktigt för att kunna fungera både fysiskt och mentalt (Boverket, 2008). Till följd av sömnstörningar, orsakade av trafikbuller, uppskattar WHO (2011) att antalet förlorade år uppgår till 903 000 i Västeuropa.

Primära effekter av störd sömn är följande:

- Svårigheter att somna
- Onaturliga uppvaknanden
- Förändringar av sömndjupet
- Höjt blodtryck
- Ökad hjärtfrekvens
- Sammandragning av de ytliga blodkärlen
- Ändrat andningsmönster
- Ökat antal kroppsrorelser under sömnen

Sekundära effekter av störd sömn är följande:

- Upplevelse av minskad sömnkvalitet
- Trötthet
- Nedstämdhet
- Olustkänsla
- Minskad prestationsförmåga

Sömnen påverkas främst av skillnader i aktuell ljudtrycksnivå mellan bakgrundsljud och buller, samt antalet bullertillfällen per sömnperiod. Störningskänsligheten är som störst vid insomnande och strax innan uppvaknande.

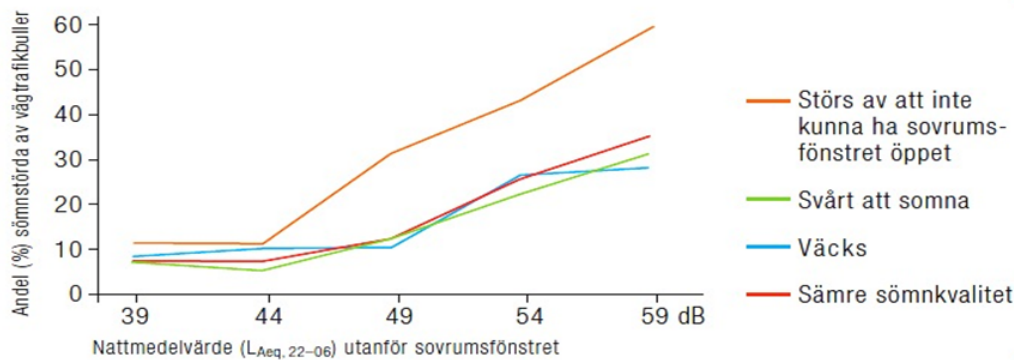
Om en person exponeras för likartat buller i flera år kan viss aklimatisering ske. Till exempel kan det innebära att insomnande och uppvaknande inte påverkas i samma utsträckning som tidigare. Denna typ av aklimatisering gäller dock inte fysiska effekter som muskelspänningar, höjt blodtryck och ökad hjärtfrekvens.

WHO (2009) har i *Night noise guidelines for Europe* beskrivit sambandet mellan nattlig ljudexponering och hälsoeffekter hos befolkningen i Europa. Undersökningen visar vilka hälsoeffekter som observerats hos personer, som funktion av olika ekvivalenta ljudtrycksnivåer nattetid utanför sovrumsfönstret, $L_{night,outside}$. Nattetid är här definierat som klockan 23:00 till 07:00.

Vid ljudtrycksnivåer under 30 dB(A) observerades inga betydande effekter då viss hänsyn tagits till individuell känslighet och varierande omständigheter. När ljudtrycksnivån låg mellan 30 och 40 dB(A) identifierades en viss förändring i personers sömnbeteende, till exempel ökad nivå av kroppsrorelse, uppvaknande och självupplevda sömnstörningar. Hur frekvent förändringarna inträffade berodde på vilken typ av ljud som störde och hur ofta dessa störningar uppstod. Känsliga grupper (barn, äldre personer och personer med funktionsnedsättning) hade större benägenhet att påverkas vid ljudtrycksnivåer mellan 30 och 40 dB(A).

Vid ljudtrycksnivåer mellan 40 och 55 dB(A) observerades negativa hälsoeffekter hos försökspersonerna som ledde till att de fick anpassa sin vardag för att kunna handskas med sömnstörningen. De känsliga grupperna hade även här en större benägenhet att påverkas negativt av aktuell bullernivå. Då ljudtrycksnivån överskred 55 dB(A) ökade risken markant att drabbas av skadliga hälsoeffekter hos en stor del av försökspersonerna.

Sambandet mellan nattlig ljudexponering och hälsoeffekter har i Sverige även studerats på nationell nivå. I rapporten *Ljudlandskap för bättre hälsa* uppgav cirka 30 procent av de intervjuade personerna att de hade en sämre sömnkvalitet då den nattliga ekvivalenta ljudtrycksnivån $L_{Aeq,22-06}$ utanför sovrumsfönstret uppgick till 54 dB(A), se Figur 4.1 (Gidlöf-Gunnarsson, 2008).



Figur 4.1: Andel sömnstörda av trafikbuller i Sverige. (Gidlöf-Gunnarsson, 2008)

4.1.2 Kognitiv nedsättning

Över 20 studier visar att buller påverkar barns minne och inlärning negativt (WHO, 2011). Detta kan försämra barns utveckling och ha stor effekt på skolresultaten. Enligt Boverket (2008) har barn som frekvent vistas i bullriga områden ofta högre blodtryck och högre halt av stresshormonerna noradrenalin, adrenalin och kortisol jämfört med barn som vistas i mindre bullriga områden. Detta leder i sin tur till större påfrestning vid utförande av vissa aktiviteter, framför allt sådana av kognitiv karaktär. Långvarig bullerexponering kommer därför troligtvis att påverka den kognitiva prestationen (se ordlista) negativt. WHO (2011) uppskattar antalet förlorade år på grund av kognitiv nedsättning till 45 000 i Västeuropa.

Barns utveckling, lärande, sociala kontakter, hälsa och trygghet påverkas mycket av de miljöer de huvudsakligen vistas i. Dessa miljöer är främst bostadsområden, förskolor och skolor (Boverket, 2008). Att ha låga bullernivåer i dessa områden är därför viktigt (WHO, 2011).

Det finns inga studier om hur vuxnas kognitiva prestation påverkas av buller i hemmet (WHO, 1999). Det har dock gjorts undersökningar på arbetsplatser och experiment i laboratorium beträffande kognitiv nedsättning orsakad av buller. I båda fallen har negativa effekter identifierats.

I undersökningarna syntes en lägre arbetsprestationsnivå och en ökning av antalet fel i arbetsutförandet vid bullerexponering. Effekterna berodde på vilken typ av uppgift som utfördes och vilken typ av buller som personerna utsattes för. De aktiviteter som främst påverkades av den kognitiva nedsättningen var läsning, uppmärksamhet, problemlösning samt förmågan att minnas. Vid experimenten identifierades två olika sorters minnesbrister då försökspersonerna utsattes för buller. Den första var försämrad förmåga att minnas händelser som personerna inte var instruerade att fokusera på. Den andra var skillnader i förmåga att komma ihåg färskare respektive äldre händelser. Hågkomst av händelser från bakåt i tiden var betydligt sämre än av sådana som nyligen skett.

4.1.3 Hjärt- och kärlsjukdomar

I rapporten *Burden of disease from environmental noise* har antalet förlorade år beräknats vara 61 000 år på grund av hjärt- och kärlsjukdomar (WHO, 2011). Med hjärt- och kärlsjukdomar menas reumatiska hjärtsjukdomar, inflammatoriska hjärtsjukdomar, sjukdomar i hjärnans blodkärl, högt blodtryck samt sjukdomar som beror på minskad blodförsörjning på grund av svagt hjärta.

Studier visar att buller ger upphov till stress, vilket bland annat medför förhöjd hjärtfrekvens (Gidlöf-Gunnarsson, 2008; Boverket, 2008). Detta höjer i sin tur blodtrycket, vilket leder till ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar som kärlkramp och hjärtinfarkt. Sannolikheten att drabbas av dessa sjukdomar ökar ytterligare i områden där det förekommer oväntade ljud med höga ljudtrycksnivåer (WHO, 1999; Boverket, 2008).

I *Burden of disease from environmental noise* presenteras en metaanalys (se ordlista) som stod färdig år 2005 (WHO, 2011). Den grundade sig på 61 epidemiologiska studier (se ordlista). Analysen behandlade sambandet mellan trafikbuller och hjärtinfarkt. Resultatet visade att risken för hjärtinfarkt ökade exponentiellt

då den ekvivalenta ljudtrycksnivån för dag och kväll, $L_{p,A,eq,day,16h}$, dagligen överskred 55 dB(A) under en längre tid. Utifrån väl grundade antaganden generaliserades sedan resultatet från studien till att gälla alla sjukdomar som beror på minskad blodförsörjning till följd av svagt hjärta.

4.1.4 Störning

Många människor upplever sig störda av trafikbuller (WHO, 1999). Störning kan i sin tur leda till en mängd olika negativa effekter, exempelvis:

- Ilska
- Irritation
- Missnöjdhet
- Otillfredsställelse
- Tillbakadragande
- Hjälploshet
- Depression
- Orolighet
- Koncentrationssvårigheter
- Utmattnings

Utöver dessa känslor uppfattar många personer att de påverkas negativt på ett socialt och beteendemässigt plan. Detta inkluderar förändringar i vardagen, till exempel att inte ha öppna fönster, använda sin balkong samt att öka volymen på TV och radio. Negativa indikatorer för sociala förändringar är ofta aggression, ovänlighet och ovilja att delta i olika sociala sammanhang. Indikatorerna kan i värsta fall leda till behov av medicinering eller sjukhusvistelse. Trots att buller i sig ofta ifrågasätts som orsak till uppkomst av de negativa känslorna finns det undersökningar som visar på att bullret utlöser dem.

I en undersökning presenterad i rapporten *Burden of disease from environmental noise* är andelen personer som är mycket störda i sin bostad på grund av trafikbuller cirka 20 procent, då L_{den} (se avsnitt 2.1.6) är mellan 65 och 69 dB(A) vid den mest ljudexponerade fasaden (WHO, 2011). Då L_{den} är mellan 70 och 74 dB(A) ökar andelen mycket störda till cirka 30 procent. Vidare uppskattar WHO att störning orsakat av trafikbuller ger upphov till 654 000 förlorade år.

4.1.5 Tinnitus

Tinnitus är en hörselskada som innebär upplevda ljud i form av exempelvis konstant brus, sus eller toner, som inte kan hänföras till en extern ljudkälla (WHO, 2011). Orsaken till tinnitus är långtidsexponering av ljud eller exponering av mycket starka ljud under kort tid. Risken att drabbas av hörselskadan ökar med ljudets varaktighet och styrka. Tinnitus kan påverka både den psykiska och den fysiska hälsan negativt och kan medföra ett eller flera av följande problem:

- Sömnsvårigheter
- Kommunikations- och lyssningsproblem
- Kognitiva effekter
- Oro
- Psykisk påfrestning
- Depression
- Frustration
- Irritation
- Spändhet
- Oförmåga att jobba
- Minskad effektivitet
- Begränsat deltagande i socialt liv

WHO (2011) uppskattar att tinnitus orsakat av trafikbuller ger upphov till 22 000 förlorade år i Västeuropa.

4.1.6 Nedsatt hörsel

Hörselnedsättning är ofta definierad som en förhöjning av den ljudtrycksnivån vid vilken en person kan höra (WHO, 1999). En person anses hörselhandikappad när hörselnedsättningen är på en sådan nivå att det påverkar personens vardag. Det beskrivs vanligen som oförmåga att uppfatta tal vid vanliga nivåer av bakgrundsljud.

Faktorer som påverkar risken för hörselskador är bullernivå, exponeringstid samt individuell känslighet (Boverket, 2008). De flesta människor drabbas inte av hörselskador vid långvarig ekvivalent ljudtrycksnivå som uppgår till 70 dB(A). Därför medför trafikbuller, i de flesta fall, inte en ökad risk för nedsatt hörsel. Enligt WHO (1999) är samhällsbuller, vilket innefattar trafikbuller, dock en växande riskfaktor för hörselnedsättning.

5 Upplevelse av buller och en bra boendemiljö

I följande kapitel beskrivs forskning om hur människor upplever buller, samt vikten av att skapa en god boendemiljö.

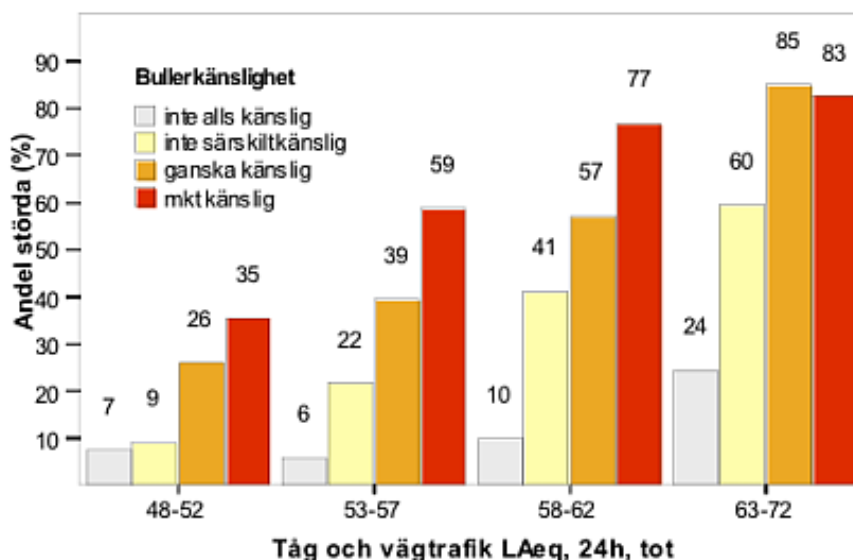
5.1 Upplevelse av buller

Hur störande buller upplevs beror till stor del på ljudet; när det inträffar, vilken ljudtrycksnivå det har, hur varierande det är och vad det är för typ av ljud (Öhrström, 2007a). Generellt sett är kontinuerligt buller mindre störande än oregelbundet, och höga ljudtrycksnivåer stör mer än låga. Om ljud inte kan påverkas upplevs de som mer störande än ljud som går att kontrollera.

5.1.1 Individuell upplevelse av buller

Hur olika personer störs av buller kan påverkas av sjukdom, stress samt individers känslighet och attityd till olika typer av bullerkällor (Öhrström, 2007a). Olika grupper av människor är också olika känsliga för buller (Öhrström, 2007b). Särskilt känsliga grupper är äldre personer, barn, personer med nedsatt hörsel samt personer som inte talar det rådande språket flytande. Dessa grupper är extra känsliga för bullerstörningar som påverkar taluppfattbarhet (Boverket, 2008). För att uppfatta tal väl behöver personer med nedsatt hörsel och de som inte har det rådande språket som förstaspråk upp till 5 dB lägre bakgrunds nivå än normalhörande (Öhrström, 2007b). En person med försämrad hörsel som inte talar det rådande språket flytande behöver upp till 10 dB lägre bakgrunds nivå för att uppfatta tal väl.

Enligt Öhrström (2011) är cirka 35 procent av befolkningen särskilt känsliga för buller, vilket innebär att de löper större risk för negativa hälsoeffekter av buller. Figur 5.1 visar på skillnader i upplevd störning mellan olika ljudkänsliga grupper. Till exempel är 10 procent i den minst ljudkänsliga gruppen störda vid 58-62 dB(A). Motsvarande andel i den mest känsliga gruppen är 77 procent (Öhrström, 2007a).

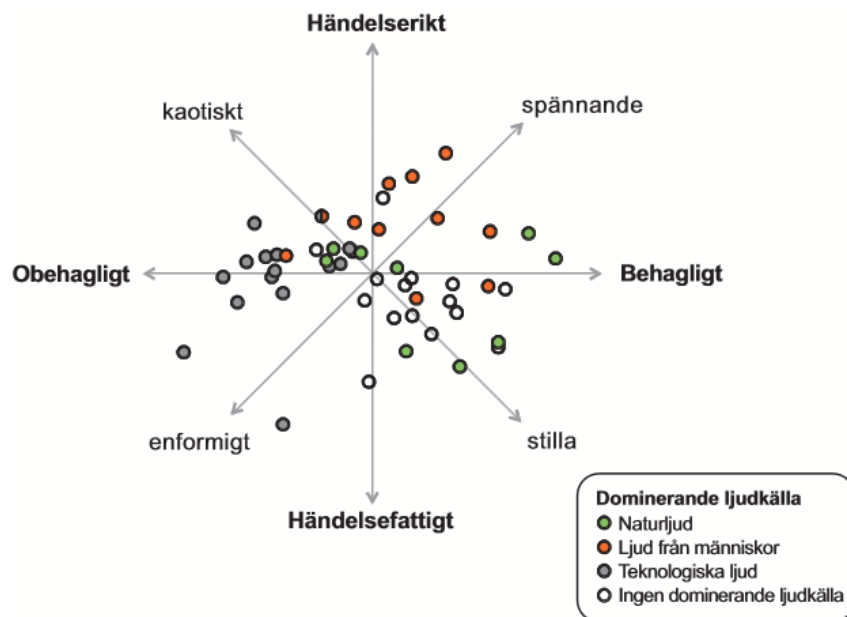


Figur 5.1: Procentandel störda av olika trafikbullernivåer för olika ljudkänsliga grupper. (Öhrström, 2007a)

5.1.2 Upplevd ljudkvalitet och ljudmiljö

För att en god ljudmiljö ska åstadkommas är det viktigt att inte enbart se till ljudtrycksnivåer som inte är skadliga för hälsan, utan även se till bra komfort (Boverket, 2008). Exempelvis är möjligheten att sova med öppet fönster inte främst ett hälsoproblem, utan en fråga om komfort som ger en ökad livskvalitet.

I rapporten *Ljudlandskap för bättre hälsa* poängteras att ljud inte enbart bör bedömas utifrån ljudtrycksnivåer, då även ljudets karaktär spelar en avgörande roll för hur ljudet upplevs (Gidlöf-Gunnarsson, 2008). I projektet gjordes en undersökning där en testgrupp fick bedöma olika sorters utomhusljud utifrån behaglighet och händelserikedom. Studien visade att miljöer där naturljud (exempelvis fågelkvitter och porlande vatten) var mest framträdande ansågs behagliga, och miljöer där människoljud (till exempel tal och lekande barn) dominerade upplevdes som aktiverande och händelserika (se Figur 5.2). Miljöer där teknologiska ljud, som buller från trafik, var mest framträdande upplevdes istället som obehagliga. För att skapa en lugn miljö är det därför viktigt att förekomsten av naturljud ökas och att tekniska ljud minskas (Asker, 2011).



Figur 5.2: Upplevelse av olika ljudkällor. (Gidlöf-Gunnarsson, 2008)

I en studie utförd på Psykologiska institutionen vid Stockholms universitet blev personer utsatta för stress och fick därefter återhämta sig till människoprata, naturljud respektive trafikbuller med lika ljudtrycksnivåer. Resultatet från studien visade att personerna återhämtade sig bäst till naturljud. Ytterligare en studie, gjord vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp, visar att naturljud ger upphov till förbättrad återhämtning. Försökspersonerna i studien utsattes först för stress och fick sedan återhämta sig i tre olika miljöer; en skogsmiljö, en skogsmiljö med naturljud samt en neutral miljö. Resultatet från studien visar att en aktivering av det parasympatiska nervsystemet (se ordlista) skedde hos de personer som fick återhämta sig i skogsmiljön med naturljud. I de andra miljöerna skedde ingen sådan aktivering. Det parasympatiska nervsystemet bidrar till bättre återhämtning från stress genom att minska blodtryck och kortisolhalt. Dock bör det nämnas att alla naturljud inte upplevs som positiva. Till exempel kan monotona och skräniga ljud, som lätet från fiskmåsar, upplevas irriterande.

Miljöpsykologisk forskning visar att miljöer med naturinslag har positiv inverkan på välbefinnandet (Gidlöf-Gunnarsson, 2008). Exempel på detta är vistelse i trädgårdar, skog, parker samt att ha naturskön vy från hemmet. Personer som lever i en bullerutsatt miljö kan påverkas mindre negativt om de har närhet till grönområden och naturljud.

5.2 En god boendemiljö

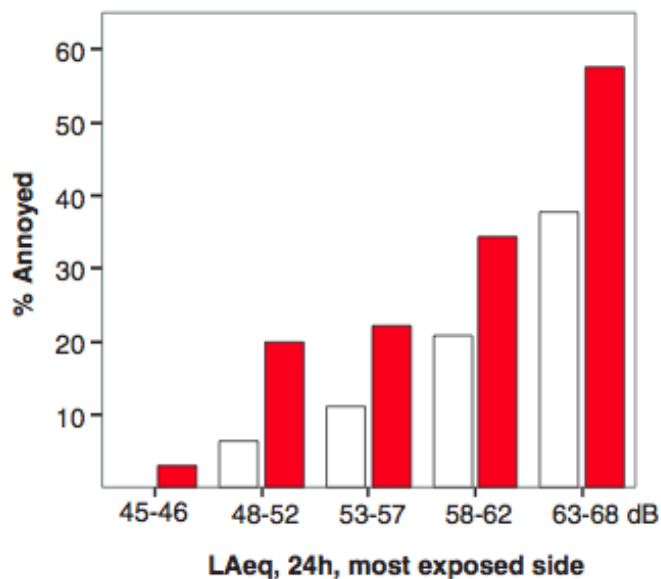
I ett bostadsområde omfattar ljudlandskapet både bostaden och platser för återhämtning utanför denna, som uteplatser, balkonger och närliggande grönområden (Boverket, 2008). Att ha tillgång till en bra ljudmiljö är viktigt för vår livskvalitet och hälsa (Gidlöf-Gunnarsson, 2008). I följande avsnitt beskrivs hur en god boendemiljö kan skapas.

5.2.1 Tyst sida

Ett sätt att åstadkomma en bättre ljudmiljö i bostadsområden där höga bullernivåer förekommer är att ha en så kallad tyst sida (Gidlöf-Gunnarsson, 2008). Tyst sida är ett begrepp som innebär att en sida av bostaden har en dygnsekvivalent ljudtrycksnivå vid fasad lägre än 45 dB(A) och en maximal ljudtrycksnivå som inte överstiger 70 dB(A) (Boverket, 2011a). Den tysta sidan bör även vara attraktiv att vistas på. Till skillnad från svenska myndigheters definition av tyst sida menar Gidlöf-Gunnarsson (2008) att så kallade positiva ljud som lövsus, fåglar och ljud från samtal dessutom bör dominera över negativa ljud, exempelvis från trafik och fläktar.

Den tysta sidan kompenserar till viss del för höga bullernivåer vid den mest exponerade sidan av bostaden. Möjligheten till vila och återhämtning ökar, vilket ger en minskning av den upplevda störningen. Om ljudtrycksnivån på den mest exponerade sidan överskrider 60 dB(A) blir de negativa effekterna av bullernivåerna dock mycket omfattande trots den tysta sidan. Således kan en tyst sida, vid 60 dB(A) på den mest utsatta sidan, inte kompensera för bullerexponeringen (Berglund, 2009).

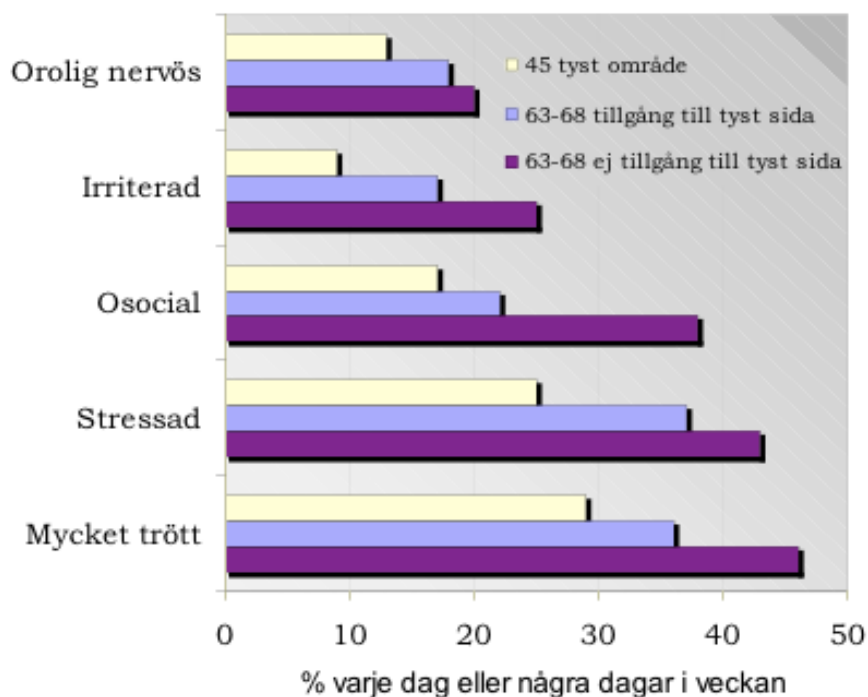
Figur 5.3 visar att 10 procent av de som har tillgång till tyst sida upplever sig vara störda av buller vid den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån 53-57 dB(A), medan andelen störda är dubbelt så stor bland de som inte har tillgång till det. Då den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån uppgår till 63-68 dB(A) är andelen störda 38 procent av de som har tillgång till tyst sida och 57 procent av de personer som inte har det.



Figur 5.3: Procentandel störda vid olika ljudtrycksnivåer (i $L_{p,A,eq,24h}$) av personer med tillgång till tyst sida (vit stapel) och personer utan tillgång till tyst sida (röd stapel). (Öhrström, 2006)

Då sovrum förläggs mot en tyst sida av bostaden kan sömnstörningar orsakade av trafikbuller minskas (Öhrström, 2007c). Forskningsresultat visar att det är stora skillnader i sömnpåverkan mellan personer som har sovrum placerade mot en sida exponerad för trafikbuller och personer som har sovrum mot en tyst sida. Resultaten visar även att en ökad ljudtrycksnivå på den bullerexponerade sidan medför en ökning av sömnstörningar både då sovrum är förlagda mot en tyst sida och då de inte är det.

I rapporten *Ljudlandskap för bättre hälsa* (se Figur 5.4) visas även att förekomsten av stressrelaterade symptom är högre för de som bor i bostäder utan tyst sida jämfört med de som har tillgång till tyst sida (Öhrström, 2007d). Detta då den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån på den mest exponerade sidan är 63-68 dB(A). I områden med 45 dB(A) på den mest exponerade sidan är andelen personer med stressrelaterade symptom lägre.



Figur 5.4: Procentandel med stressrelaterade psykosociala symptom i förhållande till ljudtrycksnivå från vägtrafik samt tillgång till tyst sida. (Öhrström, 2007d)

5.2.2 Kvartersutformning

Ljudmiljön i ett bostadsområde kan förbättras genom val av hustyp och hur dessa placeras (Länsstyrelsen, 2007). En bostad som byggs nära en bullerkälla ger god ljudskugga (se ordlista) men kan också ha mycket höga ljudtrycksnivåer på den mest exponerade sidan. Punkthus i bullerutsatta områden har dålig skärmverkan (se ordlista), vilket gör att det blir svårt att uppnå acceptabla ljudtrycksnivåer vid denna typ av byggnader. En bättre lösning är lamellhus, förutsatt att de placeras parallellt med den bullergenererande vägen. Den bästa lösningen enligt Länsstyrelsen (2007) är att bygga slutna kvarter. Denna typ av kvartersutformning kan ge mycket låga bullernivåer på innergården och ger därför goda förutsättningar för tyst sida.

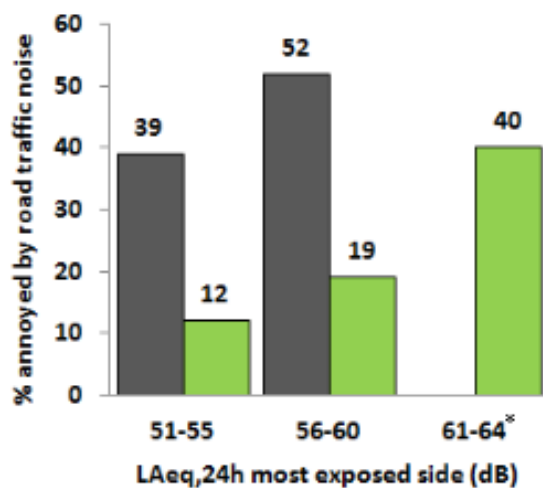
Vid Mölndalsvägen och Framnäsgatan i Göteborg ligger kvarteret Örlen (Gustafson, 2013). Kvarteret var tidigare slutet, men på grund av en gatubreddning revs byggnaden närmast Mölndalsvägen. Detta gav upphov till ett u-format kvarter med öppning mot Mölndalsvägen, vilket försämrade boendemiljö. År 2006 gjordes bullermätningar och enkäter för att ta reda på hur kvarterets bullersituation såg ut. Bullermätningarna visade att den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån var 64 dB(A) vid Mölndalsvägen, 60 dB(A) vid Framnäsgatan och 53 dB(A) på innergården (Gustafson, 2010). Resultatet från enkäterna visade att 39 procent av de boende i kvarteret störde av buller då den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån var mellan 51 och 55 dB(A) (Gidlöf-Gunnarsson, 2012). Då denna nivå var mellan 56 och 60 dB(A) ökade andelen störda till 52 procent, se Figur 5.5.

Efter att bullerutredningarna utfördes har åtgärder gjorts för att förbättra boendemiljön (Gustafson, 2013). Öppningen mot Mölndalsvägen har byggts igen med en sex våningar hög byggnad, som har genomgående lägenheter med sovrum mot innergården. Dessutom har det byggts en gemensam uteplats samt loftgångar mot innergården. Mölndalsvägen har belagts med ny vägbeläggning för att sänka ljudtrycksnivåerna från vägen (Gustafson, 2010).

Efter att åtgärderna genomfördes har nya mätningar gjorts. Resultaten av dessa visar att den nya dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån var 63 dB(A) vid Mölndalsvägen, 58 dB(A) vid Framnäsgatan och 43 dB(A) på kvarterets innergård. På den direkt exponerade sidan hade ljudtrycksnivån således sänkts med 1 dB jämfört med tidigare mätning, vilket troligtvis beror på den nya vägbeläggningen. På innergården hade ljudtrycksnivån sänkts

med 10 dB. Detta innebär att tillbyggnaden gett upphov till en betydligt sänkt ljudtrycksnivå på innergården (Gustafson, 2013).

Resultat från enkätundersökningar som gjordes efter ombyggnationen visar att andelen störda vid dygnsekvivalenta ljudtrycksnivåer mellan 51 och 55 dB(A) sänktes från 39 till 12 procent, se Figur 5.5 (Forssén, 2012). Vid 56 till 60 dB(A) sjönk andelen störda efter ombyggnationen från 52 till 19 procent. Endast boende i den nya byggnaden utsätts för ljudtrycksnivåer mellan 61 och 64 dB(A) på den mest exponerade sidan och där visar resultatet från enkätundersökningen att 40 procent störs av bullret.



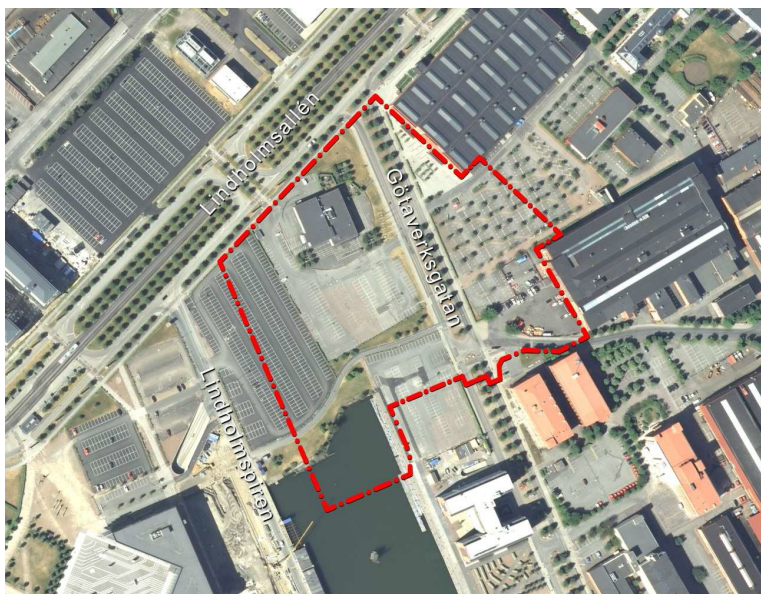
Figur 5.5: Procentandel störda av trafikbuller ($L_{p,A,eq,24h}$ för den mest exponerade sidan) före (svarta staplar) och efter ombyggnationen (gröna staplar) där alla har tillgång till tyst sida. *Endast boende i den nya byggnaden. (Forssén, 2012)

6 Byggnationsplan

En ny stadsbebyggelse planeras på Lindholmen i Göteborg för att förtäta området (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2012). Bebyggelsen ska uppföras på östra och västra sidan av Götaverksgatan, söder om Lindholmsallén. Byggnationen genomförs av en intressentgrupp bestående av Älvstranden Utveckling AB, Peab, HSB och Skanska. Dessa aktörer ingår i ett konsortium i planeringsstadiet.¹ Två olika förslag har tagits fram för hur de nya kvarteren ska utformas. Det första har en öppen kvartersstruktur medan det andra en mer sluten. För att ge så god miljö som möjligt för människor som bor, arbetar och rör sig i det planerade området utreder konsortiet bland annat aspekter som buller, stadsbild, ljusförhållanden och exploateringsgrad. De involverade parterna framhäver och prioriterar dessa olika, vilket leder till att kompromisser behöver göras.

När nya områden planeras försöker ansvariga arkitekter ta hänsyn till psykosociala frågor och psykosocial hållbarhet.² De menar att gatu- och stadslivet ska försöka aktiveras och att en trygg och attraktiv närmiljö på så sätt ska skapas.

Planområdet omfattar fyra hektar och ägs huvudsakligen av fastighetsbolaget Fribordet AB, som i sin tur ägs av det kommunala bolaget Älvstranden Utveckling AB (se Figur 6.1). Fastighetskontoret äger sedan mindre delar i det aktuella området; ett markområde i anslutning till Lindholmsbassängen, en del av kajen vid Lindholmsbassängens östra sida samt ett mindre område utefter Götaverksgatan. Avståndet är från Götaverksgatan till närmsta fasad 5,3 m och från Lindholmsallén till närmsta fasad 15,7 m.³ Planområdet har totalt cirka 40 000 m² bruttoarea och cirka 28000 m² boarea. Detta kan bli cirka 500 lägenheter på vardera 55 m², uppger Ola Jonsson, uppdragsansvarig arkitekt.



Figur 6.1: Planområdets omfattning. (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2012)

¹Johan Altenius (Handläggare, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg), intervjuad 28 februari, 2013.

²Ola Jonsson (uppdragsansvarig arkitekt, Berg|C.F. Möller) och Lisa Lantgård (arkitekt, Berg|C.F. Möller), intervjuade den 19 mars 2013.

³Ola Jonsson (Uppdragsansvarig arkitekt, Berg|C.F. Möller), från e-mail den 18 april 2013.

6.1 Olika alternativ för kvartersutformning

Den nya bebyggelsen omfattar 350–500 lägenheter, cirka 3000 m² för centrumverksamhet, skolverksamhet och en friliggande restaurangbyggnad med samlingslokal. Väster om planområdet ligger idag ett hotell och öster om området finns kulturminnesmärkta varvs- och industribyggnader, som minner om vad området en gång i tiden använts till.

I området väster om Götaverksgatan planeras bebyggelse av lägenheter och lokaler utmed kvartersgränserna samt en torgyta vid Lindholmsbassängen. Där planeras även en restaurang att uppföras med tillhörande samlingslokal för boende i området. På östra sidan av Götaverksgatan kommer ett sextonvåningshus uppföras. Intill detta höghus föreslås ett lägre byggnadskomplex avsett för skolverksamhet med tillhörande skolgård.

Mellan kvarteren kommer det att anläggas gångfartsgator. Dessa är även avsedda för tillfälliga transporter, som taxi och flyttbilar.⁴ Det kommer finnas infarter till garage för bilar från Götaverksgatan. Samtliga byggnader i området kommer ha så kallade gröna tak med sedum.

Vid planering av området har de involverade parterna försökt hantera gränsen mellan privat och publikt på ett varsamt sätt. Att på olika sätt öppna upp kvarter ger mer dagsljus, social hållbarhet och andra positiva mervärden.⁵

Skillnaden mellan de förslag för kvartersutformning som beskrivs nedan är främst fem öppningar mellan fastigheterna. Antalet våningsplan hos de olika byggnadsvolymerna komma även att variera. Förslagen för kvartersutformning är under utredning och därmed inte fastställda.

6.1.1 Förslag med öppen kvartersutformning

Det öppna förslaget består av en kvartersstruktur med friliggande byggnader samt gator, torg och parkrum (se Figur 6.2). Förslaget har varierad bebyggelse med avseende på byggnadsvolymer och höjder. Byggnaderna är ihopbyggda i entréplan ut mot Götaverksgatan och Lindholmsallén (Göteborg stad Stadsbyggnadskontoret, 2012). Detta kvartersalternativ ger möjlighet till siktlinjer mellan byggnadsvolymer ut mot den gamla varvs- och industribyggnationen.



Figur 6.2: Öppen kvartersstruktur för byggnationsplanen vid Lindholmsallén/Götaverksgatan. (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2012)

⁴Johan Altenius (Handläggare, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg), intervjuad den 14 mars 2013.

⁵Ola Jonsson (uppdragsansvarig arkitekt, Berg|C.F. Möller) och Lisa Lantgård (arkitekt, Berg|C.F. Möller), intervjuade den 19 mars 2013.

6.1.2 Förslag med sluten kvartersutformning

Det slutna förslaget har mer sluten kvartersstruktur än det öppna förslaget (se Figur 6.3). Kvartersstrukturen liknar till stor del den i det öppna förslaget, men med mer sammanbyggda volymer, vilket resulterar i slutna innergårdar.



Figur 6.3: *Sluten kvartersstruktur för byggnadsplanen vid Lindholmsallén/Götaverksgatan. (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2012)*

6.1.3 Utveckling av de tidigare förslagen

Det har senare tagits fram ytterliggare ett förslag, vilket kan ses som en kombination av de två ovan beskrivna. I entréplan ut mot Lindholmsallén och Götaverksgatan liknar detta det slutna förslaget. Ut mot Lindholmsbassängen och inom området är utformningen som i det öppna förslaget.⁶

6.2 Planering av lokaler och lägenheter

Som tidigare nämnts kommer många aspekter tas hänsyn till vid utformning och planering av kvarteren vid Götaverksgatan. Ola Jonsson menar att dagsljus är en viktigare fråga än bullerproblematik vid byggnadsplanering.⁷ Lokaler och lägenheter kommer därför planeras så att bostäder och verksamheter inom området först och främst får goda ljusförhållanden. Buller är dock en mycket viktig fråga enligt Jonsson.⁸ Därför kommer sovrum och andra typer av rum och lokaler, som kräver tystare ljudtrycksnivåer, att placeras in mot gårdarna, det vill säga bort från de mest trafikerade gatorna. En annan viktig aspekt är social hållbarhet.⁹ Lokalerna placeras så att det ska vara enkelt att ta sig in mot centrum av området, torgytan och andra markytor som uppmuntrar till social verksamhet och umgänge.

⁶Johan Altenius (Handläggare, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg), intervjuad den 14 mars, 2013.

⁷Ola Jonsson (uppdragsansvarig arkitekt, Berg|C.F. Möller) och Lisa Lantgård (arkitekt, Berg|C.F. Möller), intervjuade den 19 mars 2013.

⁸Ibid

⁹Ibid

6.3 Bullerutredning

I samband med planering av byggnationen har preliminära bullerberäkningar, för det öppna respektive slutna förslaget, gjorts av Stadsbyggnadskontoret i Göteborg. Ekvivalenta A-vägda ljudtrycksnivåer ($L_{p,A,eq}$) och maximala ljudtrycksnivåer ($L_{p,A,F,max}$) har beräknats vid fasad utifrån givna trafikmängder för Lindholmsallén och Götaverksgatan (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2011).

Enligt Sune Hildingsson på Stadsbyggnadskontoret i Göteborg har det för trafikmängden på Lindholmsallén utgått från Trafikkontorets prognos för år 2010, vilket var 3700 fordon/dygn.¹⁰ På grund av nybyggnationen uppskattades trafiken att öka till 4400 fordon/dygn på Lindholmsallén. Vidare har siffror för busstrafiken tagits ur Västtrafiks tidtabeller och antalet är 620 bussar/dygn/körfält. För Götaverksgatan finns inga data för fordonsmängd, därför har denna uppskattats till 2500 fordon/dygn.

Beräkningarna för det öppna förslaget omfattar de 16 punkterna A till P i Bilaga 1 och beräkningarna för det slutna förslaget omfattar de 6 punkterna A till F i Bilaga 2. För det slutna förslaget finns endast bullerberäkningar för kvarteret som är beläget i hörnet vid korsningen Lindholmsallén/Götaverksgatan. I detta hörn antas högst ljudtrycksnivåer uppstå då kvarteret ligger intill de mest trafikerade gatorna. För varje punkt har beräkningar gjorts för olika våningsplan, vilket resulterar i totalt 50 positioner för det öppna förslaget och 42 för det slutna. Trafikbullerberäkningen för det öppna förslaget finns bifogad som Bilaga 1 och för det slutna som Bilaga 2.

Resultatet från bullerberäkningarna visar att riktvärdet 55 dB(A) för ekvivalent ljudtrycksnivå överskrids i 19 positioner och riktvärdet 70 dB(A) för maximal ljudtrycksnivå överskrids i 33 av de 50 beräkningspositionerna för det öppna förslaget. För det öppna förslaget är de beräknade ekvivalenta ljudtrycksnivåerna för innergården i kvarteret vid Lindholmsallén/Götaverksgatan 35-48 dB(A) och de maximala ljudtrycksnivåerna 52-70 dB(A).

För det slutna kvarteret överskrids båda riktvärdena i samtliga beräkningspositioner för de två punkterna E och F som vetter ut mot gatorna. För innergården är de beräknade ekvivalenta ljudtrycksnivåerna 30-34 dB(A) och maximala ljudtrycksnivåerna 40-49 dB(A). Dessa beräknade nivåer är generellt mycket låga och beror troligtvis på att den använda beräkningsmodellen inte tar hänsyn till övriga ljudkällor i området, multipla reflektioner på fasaderna eller refraction samt diffraction runt hörn.¹¹ På grund av dessa effekter är de beräknade ekvivalenta ljudtrycksnivåerna för innergården troligtvis minst 10 dB(A) för låga, jämfört med den verkliga ljudtrycksnivån.¹²

Eftersom både den ekvivalenta ljudtrycksnivån och den maximala ljudtrycksnivån överskrids i beräkningspositionerna mot Lindholmsallén och Götaverksgatan kommer genomgående lägenheter behöva byggas i både det öppna och slutna förslaget.

6.3.1 Trafikförändringar

Trafikmängderna på Götaverksgatan förväntas öka med 50-360 procent och för Lindholmsallén med 30-120 procent fram till år 2035.¹³ Det bör påpekas att detta bara är prognoser vilka har stor osäkerhet. Det är dock rimligt att anta att trafikmängderna kommer öka i framtiden.

Trafikkontoret har gett ut en rapport som beskriver olika alternativ för att utöka spårvagnstrafiken på Hisingen (Trafikkontoret, 2013). Lindholmsallén är från början anlagd för att kunna byggas ut med spårvagnstrafik och detta kan komma att ske i framtiden. Även Hamnbanan, en järnvägslink som med kortast avstånd ligger 300 m från den planerade nybyggnationen på Lindholmen, har planerats att byggas ut till dubbelspår i ett förslag från Trafikverket (2013b). Trafikförändringarna antyder att ljudtrycksnivåerna i området högst sannolikt kommer öka till nivåer över de som presenteras i bullerberäkningarna.

¹⁰Sune Hildingsson (planingenjör, Stadsbyggnadskontoret), från e-mail den 13 maj 2013.

¹¹Jens Forssén (docent vid Teknisk Akustik, Chalmers Tekniska Högskola), i samtal den 23 januari 2013.

¹²Ibid

¹³Johan Jerling (trafikanalytiker, Göteborgs stad Trafikkontoret), från e-mail den 13 maj 2013.

7 Dos-responskurvor

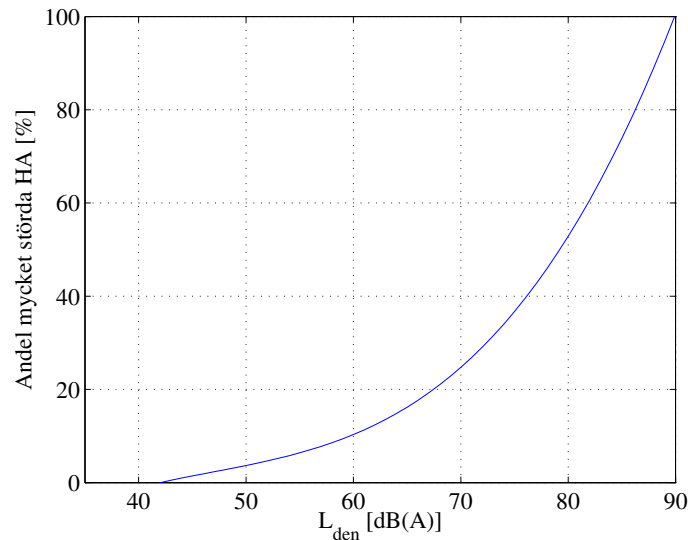
WHO (2011) har i rapporten *Burden of disease from enviromental noise* tagit fram så kallade dos-responskurvor för att uppskatta hur stor andel av en befolkning som förväntas få hälsorelaterade problem till följd av ljudexponering. Med ljudexponering avses ljudtrycksnivån vid den mest exponerade fasaden i boendemiljön. Dos-responskurvorna har framställts genom metaanalyser (se ordlista) av ett antal forskningsrapporter gällande olika symptom. De symptom som kommer redogöras för i följande kapitel är:

- Störning
- Ökad risk för hjärtinfarkt
- Sömnstörning

7.1 Störning

Genom omfattande studier och enkäter som behandlar hur människor störs i sin boendemiljö på grund av buller från olika trafikslag (flyg-, väg- och järnvägstrafik) har ett mått kallat HA (eng. highly annoyed) tagits fram (WHO, 2011). Detta mått är den vanligaste indikatorn för att beskriva störning hos en befolkning. Andelen mycket störda på grund av vägtrafikbuller ges av ekvation (7.1) som funktion av L_{den} , och kan ses i Figur 7.1.

$$HA = 9.868 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{den} - 42)^3 - 1.436 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{den} - 42)^2 + 0.512 \cdot (L_{den} - 42) \quad (7.1)$$

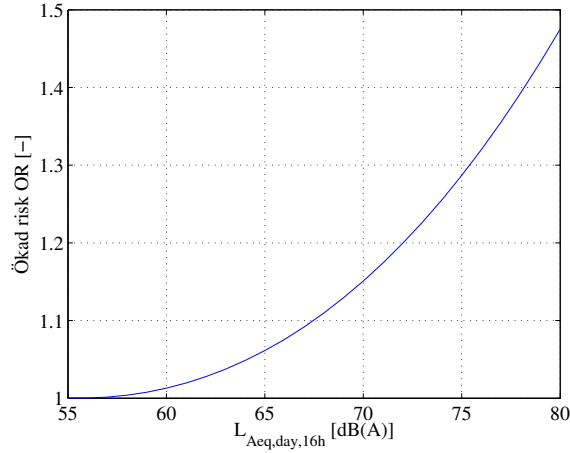


Figur 7.1: Dos-responskurva för andel mycket störda på grund av trafikbuller.

7.2 Risk för hjärtinfarkt

Ekvation (7.2) beskriver ökad risk för hjärtinfarkt till följd av buller från vägtrafik som funktion av den ekvivalenta ljudtrycksnivån under dag och kväll $L_{day,16h}$ (WHO, 2011). Ekvationen kallas OR (eng. odds ratio), med vilket menas risk på grund av exponering (Szumilas, 2010). OR saknar enhet och visar enbart förhållanden mellan olika risker (WHO, 2011). Ekvationen är enbart definierat i intervallet 55 till 80 dB(A) och är normaliserad till risken vid 55 dB(A). Detta betyder att risken att drabbas av hjärtinfarkt är 1,0 vid 55 dB(A) (se Figur 7.2). Vid 70 dB(A) är denna risk 1,15, det vill säga 15 procent högre jämfört med risken vid 55 dB(A).

$$OR = 1.63 - 6.13 \cdot 10^{-4} \cdot L_{day,16h}^2 + 7.36 \cdot 10^{-6} \cdot L_{day,16h}^3 \quad (7.2)$$

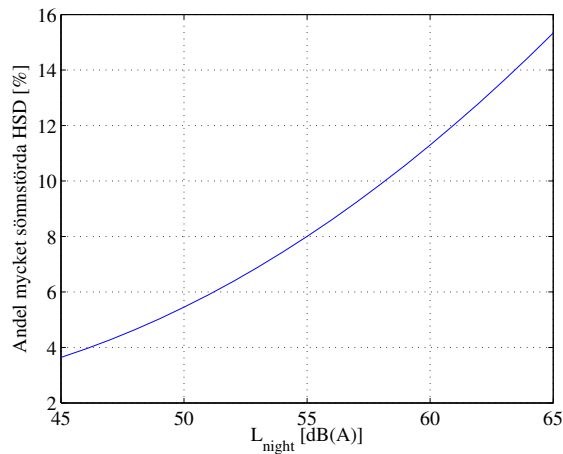


Figur 7.2: OR-kurva för hjärtinfarkt på grund av trafikbuller.

7.3 Sömnstörning

Andel mycket störda i sin sömn, HSD (eng. highly sleep disturbed), ges i ekvation (7.3) som funktion av trafikbuller nattetid, L_{night} (WHO, 2011). Sömnstörningar har främst uppmätts genom självrapporterad störning med hjälp av enkäter, men även genom att använda så kallad polysomnografi. Det innebär användning av elektronisk utrustning för att registrera försökspersoners sömnmönster. Den senare typen av undersökningar är svåra att genomföra av två skäl. Dels innebär det stora kostnader, dels för att mätutrustningen i sig kan påverka försökspersoners sömn. Kurvan nedan har baserats på data för L_{night} i intervallet 45–65 dB(A) (se Figur 7.3).

$$HSD = 20.8 - 1.05 \cdot L_{night} + 0.01486 \cdot L_{night}^2 \quad (7.3)$$



Figur 7.3: Dos-responskurva för andel mycket sömnstörda på grund av trafikbuller.

7.4 Dos-responsvärden för det studerade området

Enligt bullerberäkningarna gjorda för det öppna förslaget ligger den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån, $L_{p,A,eq,24h}$, vid de mest exponerade fasaderna mot Lindholmsallén och Götavergsgatan mellan 56 och 59 dB(A) (se punkterna E och F i Figur 8.1). Ljudtrycksnivåerna för dessa punkter kan antas vara lika höga för båda förslagen då dessa rimligtvis inte påverkas av eventuella öppningar i kvarteret.

Då enbart den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån, $L_{p,A,eq,24h}$, är känd behöver denna göras om till L_{den} , $L_{day,16h}$ och L_{night} för att möjliggöra användandet av dos-responskurvorna. Om trafiksammansättningen hade varit känd för dag, kväll och natt skulle differensen mellan $L_{p,A,eq,24h}$ och L_{den} kunnat tas fram med hjälp av handboken *User's Guide Nord 2000 Road* (Kragh, 2006). Vid Götavergsgatan är dock trafiksammansättningens variation över dygnet inte känd och därför används en korrektion med +5 dB, vilket har föreslagits som schablon mellan $L_{p,A,eq,24h}$ och L_{den} .¹ I *Burden of Disease from environmental noise* beskrivs att mätningar på vägtrafikbuller i stadsmiljö har visat att $L_{day,16h}$ i många fall är ca 2 dB(A) lägre än L_{den} (WHO, 2011). Vidare beskrivs att vägtrafikbuller i urbana områden tenderar att vara ca 7-10 dB(A) lägre under nattetid jämfört med dagtid.

7.4.1 Dos-responsvärden för den öppna kvartersutformningen

De ekvivalenta ljudtrycksnivåerna 56-59 dB(A) från punkt E och F, motsvarar därmed:

$$L_{den} = L_{p,A,eq,24h} + 5 = 61 \text{ till } 64 \text{ dB(A)}$$

$$L_{day,16h} = L_{den} - 2 = 59 \text{ till } 62 \text{ dB(A)}$$

$$L_{night} = L_{day,16h} - 10 = 49 \text{ till } 52 \text{ dB(A)}$$

Genom att antingen sätta in dessa värden i dos-responsfunktionerna eller läsa av kurvorna kan följande uppskattade procentsatser väntas:

Andel mycket störda:	11,3 – 14,8%
Ökad risk för hjärtinfarkt:	0,8 – 2,8%
Andel mycket störda i sin sömn:	5,0 – 6,4%

7.4.2 Dos-responsvärden för den slutna kvartersutformningen

För det slutna kvarteret är ljudtrycksnivåerna på innergården så låga att lägenheterna kan anses ha en tyst sida. Enligt Öhrström (2011) innebär tillgång till tyst sida att den upplevda störningen sjunker till en nivå som kan jämföras med att ha 5 dB lägre på den mest exponerade sidan av bostaden. Detta antas här gälla även för symptomen *andel mycket störda i sin sömn* samt *ökad risk för hjärtinfarkt*. Antagandet kan motiveras med att den upplevda störningen har stor påverkan på stressnivån, vilket på lång sikt höjer blodtrycket och ökar risken för hjärtinfarkt. Tillgång till tyst sida bör även rimligtvis påverka möjligheten till ostörd sömn ifall sovrummen är belägna åt denna sida. Om 5 dB dras från de ekvivalenta ljudtrycksnivåerna för punkterna E och F i det slutna kvarteret kan de anses vara 51-54 dB(A), vilket ger:

$$L_{den} = L_{A,eq,24h} + 5 = 56 \text{ till } 59 \text{ dB(A)}$$

$$L_{day,16h} = L_{den} - 2 = 54 \text{ till } 57 \text{ dB(A)}$$

$$L_{night} = L_{day,16h} - 10 = 44 \text{ till } 47 \text{ dB(A)}$$

¹Jens Forssén (Docent, Teknisk Akustik, Chalmers Tekniska Högskola), från e-mail den 12 april 2013.

Genom att antingen sätta in dessa värden i dos-responsfunktionerna eller läsa av kurvorna kan följande uppskattade procentsatser väntas:

Andel mycket störda:	7,1 – 9,4%
Ökad risk för hjärtinfarkt:	0%
Andel mycket störda i sin sömn:	3,4 – 4,3%

8 Hälsoekonomi

Förväntade samhällsekonomiska kostnader i Sverige till följd av trafikbuller har värderats av SIKA (se ordlista) och beräknas uppgå till 5-10 miljarder kronor per år (Boverket, 2008). Inom EU bedöms samhällsbuller medföra negativa hälsoeffekter som leder till kostnader motsvarande 2 procent av BNP för samtliga EU-länder.

Det finns idag flera projekt som behandlar beräkning av de samhällsekonomiska konsekvenser som uppkommer till följd av hälsoeffekter orsakade av trafikbuller (Vägverket, 2009). Projekten förs på flera nivåer, dels internationellt genom WHO och EU, dels nationellt. I Sverige har utvärdering av samhällsekonomiska konsekvenser till följd av trafikbuller gjorts sedan 1960-talet. I det senaste projektet har en arbetsgrupp kallad ASEK (se ordlista) bildats för att ta fram modeller för ekonomisk kvantifiering till följd av bland annat trafikbuller (Trafikverket, 2013a). Tidigare leddes ASEK av SIKA, men nu leds arbetsgruppen av representanter från Trafikverket. Arbetsgruppen består, utöver Trafikverket, av ombud från Naturvårdsverket, Sjöfartsverket, Svensk kollektivtrafik, Transportstyrelsen, Vinnova samt tillfälligt förordnade från Trafikanalys.

I dagsläget finns det ingen internationellt accepterad modell för hur studier om ekonomiska följder av trafikbuller ska utföras (WHO, 2008). Rapporter om ekonomiska konsekvenser av trafikbuller gjorda av WHO, EU och på nationell nivå utgår därför ofta från sammanvägda studier, i vilka aspekter värderats olika högt och den undersökta befolkningen grupperats på varierande sätt. En sammanvägning av studier blir således inte helt tillförlitlig och därför görs ofta antaganden så att de ekonomiska följderna av trafikbuller underskattas.

Slutsatser som är dragna utifrån en sammanvägning av studiernas resultat ses därför främst som en fingervisning om dess konsekvenser. Uppskattning av ekonomiska följder av trafikbuller rekommenderas inte att användas för bedömning i små populationer. Uppskattningarna kan dock användas som fingervisning i situationer av mindre skala.

8.1 Samhällsekonomiska konsekvenser på nationell nivå

I rapporten *Vägtransportsektorns folkhälsoeffekter och kostnader – Redovisning av två delprojekt* visas resultat för bedömning av ekonomiska effekter av trafikbuller (Vägverket, 2009). Delprojekten är utförda i Sverige, under år 2007 och 2008, av Trafikverket i samarbete med Socialstyrelsen och Folkhälsoinstitutet. I det första delprojektet redovisas förändringar i hjärt- och kärlsystemet på grund av buller, eftersom dessa förändringar bedöms spela en avgörande roll för de hälsoekonomiska effekterna. Resultaten från forskningsprojektet visar att trafikbuller årligen kan ge upphov till 300 dödsfall samt 4000 förlorade år i Sverige. Dessa resultat har dock en osäkerhet på ± 50 procent.

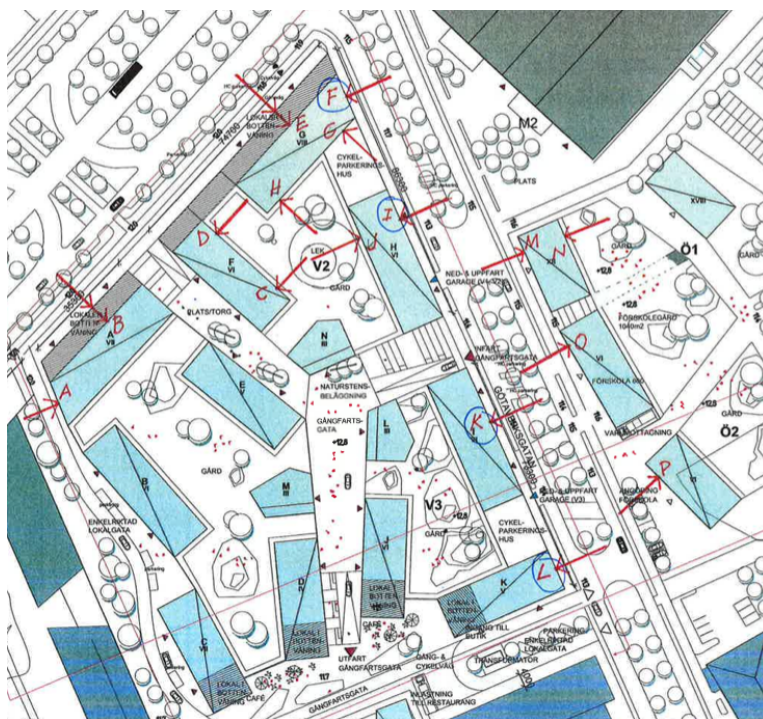
Det andra delprojektet behandlar kostnader relaterade till dödsfall samt sjukdom/skada under år 2001 i den svenska vägtrafiken, räknat i 2008 års prisnivå. Samhällskostnader till följd av vägtrafikbuller är en av kategorierna som utreds. Kostnaden bedöms, på grund av sjukdom och skada, bli 440 miljoner kronor och för dödsfall 3024 miljoner kronor.

I Trafikverkets rapport *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5* bekräftas komplexiteten i bedömning av de ekonomiska konsekvenser som trafikbuller ger upphov till (Trafikverket, 2012b). Trots detta bedömde Vägverket, år 2007, att den ekonomiska förlusten till följd av trafikbuller uppgick till cirka 1,35 miljarder kronor per år i Sverige. I bedömningen togs hänsyn till väg- och järnvägstrafik samt bullerpåverkan utom- och inomhus. För vägtrafik gjordes en sammanvägning, där utomhuspåverkan stod för 40 procent av de totala ekonomiska konsekvenserna och inomhuspåverkan stod för resterande 60 procent. För järnvägstrafik utgjorde utomhuspåverkan 10 procent och inomhuspåverkan 90 procent av de totala ekonomiska konsekvenserna. Att förhållandet mellan utomhus- och inomhusvärderingen för järnvägstrafik bedömdes som ovan beror på att järnvägsbuller ofta orsakar sömnstörning inomhus, medan den sammanlagda störningstiden är liten vid utomhusvistelse.

8.2 Förväntade ekonomiska konsekvenser för det studerade området

Kommande analys av de ekonomiska konsekvenserna för det studerade området på Lindholmen baseras på rekommendationer av kalkylvärden för trafikbuller från Trafikverket (2012b). Värdena är tagna från tabeller för varje trafiksort, med kostnader per person, i kronor per utsatt år, för olika ljudtrycksnivåer. Eftersom bullerberäkningarna endast utgått från vägtrafik på Lindholmsallén och Götaverksgatan, kan analysen endast utgå från de två tabeller som är framtagna för detta trafikslag (se Bilaga 3). De två tabellerna utgår från kort respektive långt tidsperspektiv, vilket är mindre än 10 år respektive upp till 40 år. Vilken tabell som ska användas avgörs av livslängden på det som ska utredas. I denna analys utreds båda tidsperspektiven.¹ De tabeller som hänvisas till i detta kapitel, finns i Bilaga 4.

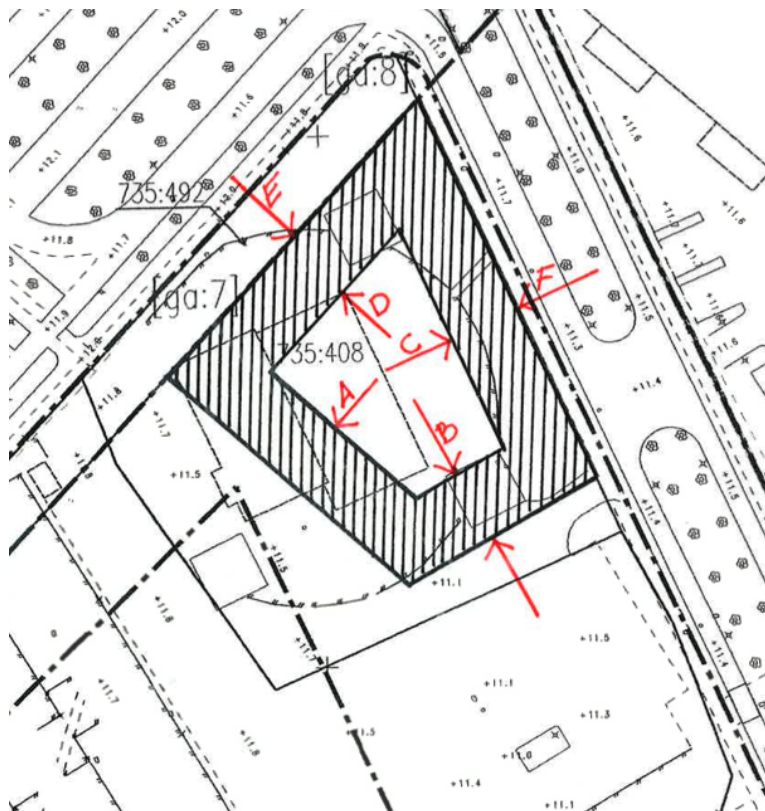
Enligt de preliminära bullerberäkningar gjorda för byggnationen på Lindholmen kommer punkt C, D, G och H i den öppna kvartersstrukturen ha för höga ljudtrycksnivåer för att klassas som tyst sida (se Figur 8.1). De kostnader som följer med ljudtrycksnivån i ovanstående punkter, samt i punkt E som gränsar till Lindholmsallén, blir därför av intresse vid analys av de ekonomiska följderna i den öppna kvartersstrukturen (se tabell 10.1, 10.3, 10.4, 10.6 och 10.7).



Figur 8.1: Bullerberäkningspunkter för det öppna förslaget vid Lindholmsallén/Götaverksgatan. (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2011)

De ekonomiska konsekvenserna av de beräknade ljudtrycksnivåerna i det öppna kvartersförslaget blir intressanta i relation till om kvartersstrukturen vore sluten. I tabell 10.2, 10.5 och 10.8 presenteras bullervärden i punkterna A, D och E från bullerberäkningen för det slutna kvartersförslaget (se Figur 8.2). Punkterna A och D befinner sig på insidan av detta kvarter. Ljudtrycksnivåerna i dessa punkter uppfyller kraven för att klassas som tyst sida. Tillgång till tyst sida gör att bullernivåerna på den exponerade sidan av byggnaden upplevs som 5 dB lägre än den uppmätta ljudtrycksnivån (Öhrström, 2011). Detta gäller för störning, på grund av buller (se avsnitt 4.1.4), och har använts för att ta fram Tabell 10.2, i vilken förhållandet mellan ljudtrycksnivå och kostnad vid den yttre fasaden i den slutna strukturen presenteras.

¹Mikael Ögren (forskare, Avdelningen för samhällsmedicin och folkhälsa, Göteborgs Universitet), från e-mail den 14 maj 2013.



Figur 8.2: Bullerberäkningspunkter vid hörnet Lindholmsallén/Götaverksgatan för det slutna förslaget. (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2012)

Eftersom trafikmängden på Lindholmen förväntas öka presenteras även ekonomiska konsekvenser för den öppna respektive slutna kvarterstrukturen, vid fasaden mot Lindholmsallén, vid en dubbling av vägtrafiken (Tabell 10.9 och 10.10). En dubbling av trafiken innebär att ljudtrycksnivån höjs med 3 dB (Andersson, Kropp, 2008a).

8.2.1 Resultat av förväntade ekonomiska konsekvenser

Värdena i tabell 10.1 visar att den kortsiktiga kostnaden blir 4278-6395 kr/person/utsatt år och de långsiktiga kostnaderna 5732-8570 kr/person/utsatt år, för det öppna kvarteret. För det slutna kvarteret, se Tabell 10.2, blir de kortsiktiga kostnaderna 2140 kr/person/utsatt år, och de långsiktiga 2868 kr/person/utsatt år.

Tabell 10.5 och 10.8 visar att det inte blir några ekonomiska konsekvenser vid de beräknade bullernivåerna på insidan av det slutna kvarteret. I tabell 10.3, 10.4, 10.6 och 10.7 presenteras de ekonomiska konsekvenserna på insidan av det öppna kvarteret, vilka visar på ekonomiska följder i storleksordningen 276-3523 kr/person/utsatt år.

Tabell 10.9 och 10.10 presenterar värden vid en dubbling av trafiken. Kostnaderna i det öppna kvarteret blir kortsiktigt mellan 6395 och 8956 kr/person/utsatt år, vilket kan ses i Tabell 10.9. Motsvarande siffror för det långsiktiga perspektivet är mellan 8570 och 12001 kr/person/utsatt år. För det slutna kvarteret visas i Tabell 10.10 att det kortsiktigt blir 3694 kr/person/utsatt år och långsiktigt 4950 kr/person/utsatt år.

9 Diskussion

9.1 Hälsoeffekter

Enligt de preliminära bullerberäkningarna för byggnationen på Lindholmen kommer det öppna kvartersalternativet, till skillnad från det slutna, innebära att kraven för tyst sida inte uppnås. Över denna nivå ökar risken för sömnstörning markant. Utifrån dos-responssambanden för området på Lindholmen skulle en sluten kvartersstruktur istället för en öppen innebära en minskning av personer med sömnstörning från 5,0-6,4 till 3,4-4,3 procent. Detta innebär en minskning av det förväntade antalet sömnstörda med över 30 procent.

Det finns forskning som tyder på att höga bullernivåer leder till kognitiv nedsättning hos människor och att barn och ungdomars inlärning försämras. För kognitiv prestation är det därför viktigt att rådande bullernivåer är så låga som möjligt. Intill Götavergsgatan kommer en förskola byggas. Det kan antas att flertalet förskolebarn kommer bo i det studerade området på Lindholmen. Följaktligen innebär det att barnen troligtvis kommer tillbringa större delen av dygnet i området. Därför är det, för barnens skull, viktigt att låga ljudtrycksnivåer eftersträvas i både bostäder, förskola och på förskolegård i området.

Risken för hjärt- och kärlsjukdomar ökar vid ekvivalenta ljudtrycksnivåer som överstiger 55 dB(A). Denna ljudtrycksnivå förväntas överskridas på flera platser i det planerade området. Enligt de beräknade dos-responssambanden minskar risken att drabbas av hjärtinfarkt till följd av trafikbuller från 0,8-2,8 procent till 0 procent för området om en sluten kvartersstruktur byggs istället för en öppen. Självklart garanterar inte detta att risken för hjärtinfarkt helt eliminerats, men för ljudtrycksnivåerna i det slutna kvartersförslaget kan inget samband ses mellan hjärtinfarkt och trafikbuller. Vidare kan dos-responssamband för upplevd störning förväntas minska från 11,3-14,8 procent till 7,1-9,4 procent för det studerade området om det slutna kvartersförslaget byggs istället för det öppna.

Det finns inte tillräcklig forskning på eventuell synergi mellan olika hälsoeffekter. Det är därför svårt att med säkerhet säga hur stora hälsoeffekterna till följd av de förväntade bullernivåerna på Lindholmen kan komma att bli.

9.2 Samhällsekonomi

Analysen av samhällsekonomiska konsekvenser i det studerade området på Lindholmen visar att kostnaderna av ljudtrycksnivåerna på insidan av det öppna kvartersalternativet i hörnet Lindholmsallén/Götavergsgatan är större än de för insidan på det slutna. På grund av de låga bullernivåerna på insidan av det mer slutna kvarteret beräknas kostnaderna utebli. Om kvarteret öppnas upp förväntas kostnaderna istället bli från 276 till 3523 kr/person/utsatt år. Analysen blir hypotetiskt sett intressant om det skulle inrättas ej genomgående lägenheter som endast vetter mot innergården.

Till följd av att ljudtrycksnivåerna på insidan av det slutna kvartersalternativet är under gränsen för tyst sida, kommer den upplevda ljudtrycksnivån vid fasad mot Lindholmsallén motsvara störning som om ljudtrycksnivån vore 5 dB lägre (för störning) i detta fall än den faktiska nivå som beräknats. När detta ställs i relation till de beräknade ljudtrycksnivåerna vid fasad mot Lindholmensallén i det öppna kvarteret, innebär det stora skillnader i samhällsekonomiska kostnader mellan de båda kvartersförslagen. Den öppna kvartersstrukturen skulle både kortsiktigt och långsiktigt innebära en ökning av de samhällsekonomiska konsekvenserna med 100 till 200 procent från den slutna kvartersstrukturen. Detta är något som, ur ett samhällsekonomiskt perspektiv, talar för att det slutna kvartersalternativet borde anses bättre än det öppna.

En eventuell dubbling av trafikmängden i området på Lindholmen skulle innebära att både de kortsiktiga och långsiktiga kostnaderna av ljudtrycksnivåer vid yttre fasad i det slutna kvartersförslaget ökar med cirka 70 procent. I det öppna kvartersförslaget skulle dubblingen innebära en kostnadsökning på 40 till 50 procent. Detta visar på att det är viktigt att ha en buffert mot ökat buller för den väntade ökningen av trafikmängden på Lindholmen. Trafikdubblingen skulle dessutom innebära att både de kortsiktiga och långsiktiga kostnaderna för det öppna kvarteret vid yttre fasad skulle bli mellan 70 och 140 procent större än för det slutna kvarteret. Ur ett

samhällsekoniskt perspektiv räcker det inte att byggnationer enbart uppfyller riktvärden vid färdigställande. Då trafikökning påverkar de samhällsekonomiska effekterna, borde detta ses som något att planera efter vid byggnationer som den på Lindholmen. Slutna kvartersstrukturer innebär även i detta fall en mindre samhällsekonisk belastning än öppna.

Det kan vara svårt att förstå vikten av de ekonomiska konsekvenser som trafikbuller kan leda till då det inte finns någon vedertagen modell för kvantifiering av dem. Detta skulle kunna vara en orsak till att bullerproblematik och dess ekonomiska följder inte framförs som en viktigare aspekt vid planering av byggnationer, som den på Lindholmen. Bristfällig kunskap eller attityd till riktvärden och rekommendationer skulle också kunna ligga till grund för detta. Om det hade funnits en vedertagen modell för kvantifiering av ekonomiska konsekvenser av buller, hade personer som planerar nybyggnationer och de politiker som godkänner detaljplaner kanske prioriterat buller annorlunda.

9.3 Riktlinjer och rekommendationer

Det framkommer i rapporter från Boverket att riktlinjer och rekommendationer för ljudtrycksnivåer inte alltid respekteras och följs. De riktlinjer som används i dagsläget kan upplevas som tvetydiga och svårtolkade, vilket bekräftas vid samtal med flera av de, till denna rapport, intervjuade personerna. Dessa omständigheter är beklagliga då riktlinjerna är framtagna med syfte att skydda människors hälsa. Det har även framkommit att riktvärdena till viss del inte går att följa för att en tätare stad ska kunna byggas, då ljudtrycksnivåer i centrala delar av många städer redan är höga.

I Agenda 21 står att om något misstänks riskera att människors hälsa försämrats, ska åtgärder vidtas. Därför är det anmärkningsvärt att dåliga bullersituationer i städer, som enligt forskning tydligt visas försämra människors hälsa, inte tas på allvar och dessutom tillåts förvärras genom att trafikmängden ökar. Negativ hälsopåverkan av buller sker främst vid långtidsexponering. Därför kommer inga plötsliga olyckor orsakade av trafikbuller att inträffa och således kan inte heller omedelbar skärpning förväntas av hur riktlinjer och rekommendationer efterföljs.

EU rekommenderar att mätning av bullernivåer för ett dygn ska uttryckas med hjälp av L_{den} . Detta frångås i Sverige, där ekvivalent ljudtrycksnivå endast mäts för hela dygnet. Det kanske vore önskvärt att Sverige följde det system som EU rekommenderar, då utarbetningen av bullerkartor i Sverige redan kräver att EU:s standard efterföljs. Att mäta buller enligt L_{den} skulle dessutom innebära att det blev högre krav på låga ekvivalenta ljudtrycksnivåer kvälls- och nattetid, vilket rekommenderas av WHO. Detta skulle kunna kompletteras med den riktlinje om maximalt fem bullertoppar nattetid över 45 dB(A) som redan gäller i Sverige.

På nationell nivå skulle förenkling av riktlinjers tillämpning samt tydligare rekommendationer föredras. Det har uppmärksamats att det finns rekommendationer som skiljer sig mellan olika städer. Att skapa tydligare, enhetliga riktlinjer och rekommendationer för tillämpning på nationell nivå skulle troligtvis förenkla för personer som hanterar frågor om trafikbuller i sitt arbete.

Tolkningsmöjligheterna av riktlinjer samt godkända avsteg möjliggör att städerna kan utforma lokala system för bullerhantering. Göteborgs stad och Stockholms stad är exempel på detta. I Göteborg används tolkningar av *Boverkets Allmänna Råd*. I Stockholms stad används däremot ett poängsystem där dåliga egenskaper i boendemiljön kan kompenseras med andra egenskaper. Detta görs på ett sätt som det inte finns vetenskapliga belägg för. Poängsystemet skulle därför kunna vara missvisande för personer som ska tillämpa det.

I Göteborg framarbetas åtgärdsprogram efter direktiv från EU. Dock genomförs åtgärder endast då riktvärden överskrider kraftigt och enbart om personer klagar. Detta kan till exempel innebära att en byggnad uppförs där det sker avsteg från riktlinjer redan då den färdigställts. Vad som däremot är positivt är att Göteborgs stad har sänkt gränserna för ljudtrycksnivåer vid vilka åtgärder vidtas sedan den nuvarande bullerpolycyn fastslogs.

9.4 Information till allmänheten och större kunskap bland beslutsfattare

Kunskap bland beslutsfattare och allmänhet om hur människors hälsa påverkas av buller verkar bristfällig. Dessutom görs sällan motiveringar till varför riktlinjer för buller troligtvis kommer överskridas vid planerad nybyggnation, trots att detta är något som enligt Boverket bör göras.

Det ges i dagsläget bristfällig information till allmänheten om hur buller påverkar människor och hur bullersituationen ser ut i områden som dessa planerar att bo och vistas i.

För att allmänheten ska kunna förstå vikten av bullerpåverkan och hur bullersituationen ser ut i olika områden skulle presentation av information om detta kunna lagstadgas. Detta skulle exempelvis kunna ske genom att bullerförhållanden förs in i beskrivningar av bostäder som ska säljas eller hyras ut. En sådan lagstiftning skulle kunna skapa incitament för att uppföra bostäder med god ljudmiljö där människor vill bo. Sådana bostäder borde genom information om dess bullerförhållanden bli mer attraktiva, vilket skulle öka människors betalningsvilja. Detta skulle innebära större ekonomisk vinning för de som säljer eller hyr ut bostäder med god ljudmiljö. Effekterna av en sådan lagstiftning, vad gäller andelen människor utsatta för höga bullernivåer, skulle dock kunna dämpas av att människor ändå inte alltid kan välja var de vill bo på grund av till exempel bostadsbrist.

9.5 Att skapa bra boendemiljöer

Ett sätt att skapa en bra boendemiljö är att bygga bostäder med tyst sida där även positiva ljud och en attraktiv vistelsemiljö främjas. Detta är viktigt då personer som lever i bullerutsatta miljöer kan påverkas mindre negativt om de har närhet till grönområden och naturljud. Att anlägga en tyst sida eller se till att det finns naturområden i närheten är dock inte alltid tillräckligt för att uppnå en bra miljö.

Ostörd sömn är viktigt för att människor ska fungera både fysiskt och psykiskt. Vid ljudtrycksnivåer över rikvärdet för sovrum uppstår förändringar i människors sömnbeteende. Därför är det betydelsefullt för en god folkhälsa att denna riktlinje efterföljs. Det är också viktigt att lägenheter planeras så att sovrum kan läggas mot en tyst sida så rekommendationer för ljudtrycksnivå kan uppnås inomhus under hela dygnet. Detta är särskilt viktigt för skiftarbetare och personer med avvikande sömnmönster.

9.6 Öppna respektive slutna kvartersstrukturer

Istället för att behandla negativa hälsoeffekter orsakade av höga bullernivåer är det fördelaktigt att hindra deras uppkomst genom att ljudspridning i största möjliga mån hindras. Detta kan göras med bland annat god byggnadsplanering. Då ett u-format kvarter byggdes ihop till ett slutet vid Mölndalsvägen i Göteborg, reducerades den ekvivalenta ljudtrycksnivån på innergården markant och andelen störda minskade betydligt. Detta kan behöva göras i framtiden på Lindholmen, då bullernivåerna förväntas öka. Varför inte göra det med en gång?

I det förslag för byggnation på Lindholmen som har öppen kvartersstruktur har kvarteret som är beläget vid korsningen Lindholmsallén/Götaverksgatan, en öppning mot varje gata. I det mer slutna förslaget finns öppningarna kvar, men har delvis byggts igen vid de lägsta våningsplanen. En liten öppning i en huskropp mot kvarterets utsida påverkar ljudtrycksnivån på innergården påtagligt. Att studera lösningar för hur ljudspridning genom öppningar i kvarteren kan minska är av värde för personer som ska utföra mer detaljerade bullerutredningar för området.

Hur öppningarna ska utformas i detalj är i dagsläget oklart och det är många aspekter som vägs mot varandra vid planeringen av dessa; ljus, siktlinjer, bullernivåer med flera. Olika parter inom projektet på Lindholmen värderar dessa olika högt. Detta innebär att kompromisser behöver göras för att generellt få en bra vistelsemiljö.

Slutna kvarter är rent akustiskt ett bättre alternativ än öppna, då ljud i ett sådant fall dämpas av höga väggar, vilket ger minskade ljudtrycksnivåer på innergårdar. För att minska de negativa hälsoeffekterna av höga ljudtrycksnivåer i nya områden vore det bästa alternativet att sluta kvarteren så gott som möjligt.

Då många olika aspekter tas hänsyn till vid utformning av området skulle det vara en bra kompromiss att helt sluta öppningarna ut mot de trafikerade gatorna, medan övriga öppningar är kvar. Detta för att minska insläpp av buller och samtidigt behålla känslan av öppenhet, goda ljusförhållanden och siktlinjer mot vattnet.

Om resultaten i de hälsoanalyser som gjorts för området på Lindholmen skulle skalas upp till att gälla för alla nybyggnationer i bullerutsatta områden i Sverige skulle det, vid byggnation av öppen kvartersstruktur, medföra stora samhällsekonomiska och hälsomässiga konsekvenser. Resultaten från rapportens analyser är därför viktiga att ta hänsyn till för beslutsfattare och planerare.

9.7 Felkällor

Vid denna studie har hälsoeffekter till följd av trafikbuller varit huvudfokus och möjliga kvartersutformningar har utretts. En brist i rapporten är att inga andra tekniska lösningar, för att sänka ljudtrycksnivåerna, har behandlats. Exempel på sådana kan vara fasader, fönster, och friskluftsventiler, bullerskärmar, sänkta hastigheter samt däck och fordon som genererar lägre ljudeffekt.

De bullerberäkningar som använts för analyserna är preliminära och innefattar enbart de två vägarna Lindholmsallén och Götaverksgatan. Den större trafikleden Lundbyleden och godsjärnvägen Hamnbanan, som ligger i närheten och som dessutom väntas öka i trafiktäthet, har inte inkluderats. Ökad kollektiv- och fordonstrafik samt eventuell framtida utbyggnad av spårvagnstrafik på Lindholmsallén är inte heller medräknade. Utöver detta tar inte bullerberäkningarna hänsyn till det höga bakgrundsbuller som finns i stora delar av Göteborg, vilket ytterligare borde höja de beräknade ljudtrycksnivåerna. Diffraction, ljudspridning och reflektion mellan byggnader tas inte heller hänsyn till. Detta innebär att dos-responssambanden samt den ekonomiska analysen högst sannolikt utgår från lägre ljudtrycksnivåer än vad som faktiskt kommer att förekomma.

De dos-responssamband som använts är ursprungligen avsedda för studier av större populationer och inte för tillämpning lokalt. Resultaten för det studerade området på Lindholmen kan därför endast ge en antydning om ökad risk att drabbas av hjärtinfarkt och andelen som drabbas av sömnstörning respektive störning. Ytterligare en aspekt som gjort användningen av dos-responssambanden något tveksam är att kurvorna utgår från andra mätetal (L_{den} , $L_{day,16h}$ och L_{night}) än det som utgåtts från i bullerberäkningar ($L_{p,A,eq,24h}$). Då trafiksammanställningens variation över dygnet inte varit känd har schablonvärden används för översättning från $L_{p,A,eq,24h}$ till övriga nämnda mätetal, vilka kan bli något oprecist.

I den ekonomiska analysen och analysen av dos-responssamband har inte maximala ljudtrycksnivåer studerats. Dessa skulle kunna ha en effekt på den förväntade andelen drabbade av de studerade symptomen samt de ekonomiska kostnaderna.

Det finns en svag punkt i analysen på grund av det antagande som gjorts angående effekten av att ha tyst sida. Tyst sida har visat sig kunna sänka den upplevda störningen. Dock finns inga belägg för att tillgång till tyst sida även skulle minska andelen sömnstörda och risken att drabbas av hjärtinfarkt. Det är dock troligt att tillgång till tyst sida har en viss påverkan på dessa symptom men storleken på denna eventuella påverkan blir därmed svår att fastställa.

Då intervjuer enbart skett med ett fåtal personer involverade i stadsbyggnation kan inget generalisering göras för vad denna bransch i stort tycker.

10 Slutsats

Människors hälsa påverkas negativt av trafikbuller i boendemiljön, vilket kan ge upphov till ett flertal hälsoeffekter. Låga bullernivåer i boendemiljön är därför viktigt att eftersträva och kan exempelvis skapas genom att bostäder byggs med tyst sida. Utöver låga ljudtrycksnivåer kan en attraktiv och naturskön omgivning minska de negativa effekterna av buller.

De riktlinjer som finns för trafikbuller är svåra att tyda och följs inte alltid. Att skapa tydligare, enhetliga riktlinjer och rekommendationer för tillämpning på nationell nivå skulle kunna förenkla arbetet för personer som hanterar frågor om trafikbuller.

En sluten kvartersstruktur istället för en öppen skulle enligt rapportens analyser minska andelen personer med störd sömn, andelen störda personer samt risken att drabbas av hjärtinfarkt. Det skulle även, som minst, innebära halverade samhällsekonomiska konsekvenser, både kortsiktigt och långsiktigt. För att åstadkomma så små konsekvenser som möjligt, både hälsomässigt och samhällsekonomiskt, vore därför det bästa alternativet att bygga slutna istället för öppna kvartersstrukturer.

Analyserna utgår från de preliminära bullerutredningar som gjorts för den planerade nybyggnationen på Lindholmen. Då beräkningarna inte tagit hänsyn till buller från Lundbyleden och hamnbanan eller framtida utbyggnad av kollektivtrafik, och sannolikt inte heller inkluderat diffraktion runt byggnadernas hörn i öppningarna eller multipla reflexer mellan ytor, utgår sannolikt analyserna från lägre ljudtrycksnivåer än vad som kommer att förekomma i området. Vidare har ett antagande gjorts om att tyst sida ger upphov till minskad andel sömnstörda och andel med ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar, på samma sätt som gjorts för störning, vilket är troligt även om det inte finns någon forskning bakom.

För att sänka ljudtrycksnivåerna inom området, men samtidigt behålla känslan av öppenhet och siktlinjer mot vattnet, skulle en bra kompromiss vara att sluta de öppningar som vetter ut mot de trafikerade vägarna.

Trafiktätheten beräknas öka både nationellt och i det studerade området, vilket innebär att även trafikbullret kommer att öka. Vid planering av nybyggnationer bör därför hänsyn tas till framtida trafikmängder, för att en god hälsa ska kunna tillgodoses även i framtiden.

Hur tyst sida påverkar effekten av sömnstörning och risk för hjärtinfarkt vore intressant som framtida studier. Även synergieffekter mellan de olika hälsoeffekterna orsakade av buller vore intressant för vidare studier.

När noggrannare bullerberäkningar ska göras för det studerade området på Lindholmen bör kvarterens öppningars påverkan på ljudtrycksnivåerna studeras djupare och fler påverkande bullerkällor i omgivningen tas med.

Källförteckning

Andersson, P., Kropp, P. (2008a) *Lecture 2. Introduction to Sound and Vibration*. http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture02.pdf. [2013-04-08]

Andersson, P., Kropp, P. (2008b) *Lecture 4. Introduction to Sound and Vibration*. http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture04.pdf. [2013-04-08]

Andersson, P., Kropp, P. (2009) *Lecture 1. Introduction to Sound and Vibration*. http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture01.pdf. [2013-04-08]

Andersson, P., Kropp, P. (2010) *Lecture 3. Introduction to Sound and Vibration*. http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture03.pdf. [2013-04-23]

Arbetsmiljöverket. (2002) *Buller och bullerbekämpning*. Upplaga 4. Danagårds Grafiska AB. <http://www.av.se/dokument/publikationer/bocker/h003.pdf>. [2013-04-08]

Arbetsmiljöverket. (2005) *Buller, Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna*. Stockholm: Elanders Gotab AB. (AFS 2005:16). http://www.av.se/dokument/afs/AFS2005_16.pdf [2013-04-08]

Asker, A. (2011) Brus blir bris om tanken är den rätta. *Svenska Dagbladet*, 22 Augusti. http://www.svd.se/nyheter/idagsidan/kropp-och-halsa/brus-blir-bris-om-tanken-ar-den-ratta_6395815.svd. [2013-04-08]

Berglund, B., Bluhm, G., Nilsson, M. (2009) *Vägrafikbuller och hälsa – Aktuellt forskningsläge*. Stockholm: Institutet för miljömedicin, Karolinska institutet. <http://www.mst.dk/NR/rdonlyres/69029AFB-E884-40EB-922D-79FEF9F51A4E/0/Bilag1H000631AAJ.pdf>. [2013-04-23]

Boverket. (2004) *Tillämpning av riktvärden för trafikbuller vid planering för och byggande av bostäder*. Internt Boverket. www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2004/tillampning_av_riktvarden_for_trafikbuller_.pdf. [2013-02-28]

Boverket. (2008) *Buller i planeringen – Planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik*. Huskvarna: NRS Tryckeri AB. (Allmänna råd 2008:1). www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/Buller_i_planeringen_allmanna_rad_2008_1.pdf. [2013-02-28]

Boverket. (2011a) *Trafikbuller och nybyggda bostäder*. (Rapport 2011:10). <http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/Trafikbuller.pdf>. [2013-04-08]

Boverket. (2011b) Boverkets författningssamling, Boverkets föreskrifter om ändring i verkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd. (BFS 2011:26, BBR 19). <http://www.boverket.se/Global/bygga-o-forvalta-ny/dokument/regler-om-byggande/boverkets-byggregler-bbr/bbr-19/bfs-2011-26-bbr-19-hela.pdf>. [2013-05-06]

Europeiska Unionen. (2011) Assessment and management of environmental noise. *Europa summaries of EU legislation*. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/noise_pollution/121180_en.htm. [2013-03-02]

Everest Alton, F. (2001) *Master handbook of Acoustics*. Upplaga 4. McGraw-Hill.

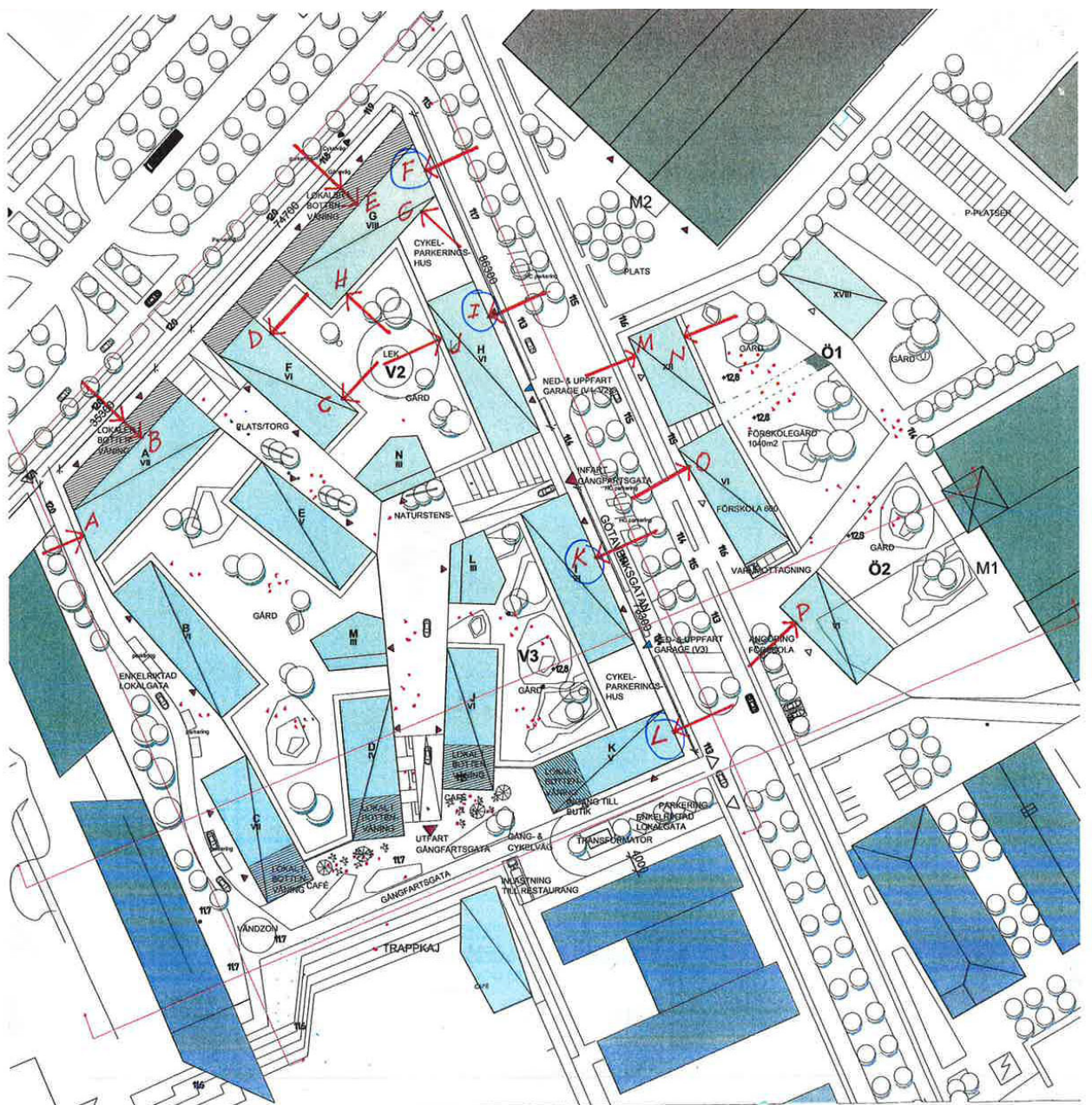
Forssén, J., Gidlöf-Gunnarsson, A., Öhrström, E., (2012) The effect of creating a quiet side on annoyance and sleep disturbances due to road traffic noise. *Proceedings of Inter-Noise 2012; 19-22 Augusti 2012*. New York.

- Gidlöf-Gunnarsson, A., et al. (2008) *Ljudlandskap för bättre hälsa. Resultat och slutsatser från ett multidisciplinärt forskningsprogram*. Mölndal: PR-Offset. <http://www.mistra.org/download/18.28e913871380e4c8e6236c/>. [2013-03-20]
- Gustafson, A. (2010) Kvarteret Örlen – Ljudnivåer, *Ljudlandskap för bättre hälsa*. <http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/fallexempel.php?kapitel=orlen&rubrik=rubrik2>. [2013-04-12]
- Gustafson, A. (2013) Kvarteret Örlen – uppförande av skärmande byggnad, *Ljudlandskap för bättre hälsa*. <http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/fallexempel.php?kapitel=orlen>. [2013-04-12]
- Gustafson, A., Gärdhagen, B. (2010) *Ljud från installationer på innergårdar - Metod för mätning och kartläggning*. http://www.gardhagen.se/artiklar/Matmetod_innergardar.pdf [2013-04-23]
- Göteborgs Stad. (2006) *Kommunal tillämpning av riktvärden för trafikbuller - Utgångspunkter vid planering och byggande av bostäder i Göteborg*. [http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/Trafikbuller_KomTillampn.pdf/\\$file/Trafikbuller_KomTillampn.pdf](http://www5.goteborg.se/prod/Miljo/Miljohandboken/dalis2.nsf/vyFilArkiv/Trafikbuller_KomTillampn.pdf/$file/Trafikbuller_KomTillampn.pdf). [2013-04-23]
- Göteborgs Stad. (2012) *Vision Älvstaden*. Göteborg: Antagen av kommunfullmäktige 11 oktober 2012. http://alvstaden.goteborg.se/wp-content/uploads/2012/12/vision_alvstaden_sv_web.pdf [2013-05-17]
- Göteborgs Stad. (2013a) Göteborgs miljömål. *Göteborgs stad*. <http://goteborg.se/wps/portal/invanare/miljo/goteborgs-miljomal/!ut/p/b1/jYtLCsIwFADP4gX63jNpPssotOmHfvxAm41UkRJo2o3o9a0HEJ3dwAw46EnzmJgiAR24eXj6cXj4ZR6mjztxaShv1Y4M1qlOMDsVTIVVZX1ktAb9GuxTY7ksEVWZxpgZez7oljE07L8fv2Dw15-D89cQvW4hwojiLWmlJeOKSyG1gMou4Q7BTYkazeYNYEomSg!!/dl4/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/>. [2013-04-18]
- Göteborgs stad. (2013b) Plan- & byggprojekt i Göteborg, Sannegården - dubbelspår på hamnbanan. *Göteborgs stad*. http://goteborg.se/wps/portal/invanare/bygga-o-bo/kommunens-planarbete/plan-och-byggprojekt/!ut/p/b1/04.SjzQ0MjQwMjAzMjHSj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfGjzOIDDLOCLZwMHQ383S3dDDxDvAPc_Lx9A28TfRzoxwVAZApas8!/projektid=BN0426/10. [2013-05-09]
- Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret. (2012) Detaljplan för blandad stadsbebyggelse vid Götaverksgatan inom stadsdelen Lindholmen i Göteborg. <http://www.goteborg.se> [2013-01-23]
- Göteborgs stad Trafikkontoret. (2013) *Ny spårväg på Hisingen - Huvudrapport*, Dnr: 1895/11. <http://www.goteborg.se> [2013-05-21]
- Hallin, A., et al. (2012) *Trafikbuller och planering IV*. Sundbyberg: Kaigan.
- Gustafson, A., Jonasson, H. (2010) *Anvisningar för kartläggning av buller enligt 2002/49/EG*. (SP Rapport 2010:77). http://www.gardhagen.se/artiklar/Kartlaggningsanvisningar_slutversion.pdf. [2013-04-08]
- Kragh, J., et al. (2006) *User's Guide Nord2000 Road*. http://www.madebydelta.com/imported/images/DELTA_Web/documents/TC/acoustics/Nord2000/av117106_Users_Guide_Nord2000_Road.pdf [2013-04-12]
- Landström, U., et al. (1999) *Störande buller – Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation*. CM Gruppen. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/4203/1/ah1999_27.pdf. [2013-04-18]
- Länsstyrelsen. (2007) *Trafikbuller i bostadsplanering - En vägledning för detaljplaneläggning med hänsyn till trafikbuller*. (Länsstyrelsen Rapport 2007:3). <http://www.lansstyrelsen.se>. [2013-04-12]
- Miljödepartementet. (2012) Historik och bakgrund. *Regeringskansliet*. <http://www.regeringen.se/sb/d/1591/a/184920>. [2013-03-18]
- Nationalencyklopedin. (2013) Buller. *Nationalencyklopedin*. <http://www.ne.se/buller>. [2013-03-27]

- Naturvårdsverket. (2013a) Nationell samordning av omgivningsbuller. *Naturvårdsverket*. <http://www.naturvardsverket.se>. [2013-03-19]
- Naturvårdsverket. (2013b) Riktvärden för buller från vägar och järnvägar. *Naturvårdsverket*. <http://www.naturvardsverket.se>. [2013-03-19]
- Rossing, T. (2007) *Springer Handbook of Acoustics*. Springer Science + Business Media, LLC New York.
- Socialstyrelsen. (2009) *Miljöhälsorapport 2009*. Västerås: Edita Västra Aros. <http://ki.se/content/1/c4/57/25/MHR2009.pdf>. [2013-04-23]
- Sveriges riksdag. (1996) Regeringens proposition 1996/97:53 - Infrastrukturinriktning för framtida transporter. *Sveriges Riksdag*. http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Forslag/Propositioner-och-skrivelser/prop-19969753-Infrastruktur_GK0353/?text=true. [2013-03-17]
- Sveriges riksdag. (1997) Betänkande 1996/97:TU7 Trafikpolitikens inriktning. *Sveriges Riksdag*. <http://www.riksdagen.se/sv/Dokument-Lagar/Utskottens-dokument/Betankanden/Arenden/199697/TU7/>. [2013-03-19]
- Szumilas, M. (2010) *Explaining Odds Ratios*. Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry 2010 August; 19(3): 227–229. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2938757/> [2013-05-14]
- Trafikverket. (2012a) Om buller och vibrationer. *Trafikverket*. <http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Stockholm/Malarbanan-Tomtebodan-Kallhall/Sa-paverkar-vara-arbeten-dig/Buller-och-vibrationer/Om-buller-och-vibrationer-Malarbanan/> [2013-03-25]
- Trafikverket. (2012b) *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5, kapitel 10 buller*. http://www.trafikverket.se/PageFiles/73641/samhallsekonomiska_principer_och_kalkylvarden_for_transportsektorn_asek_5_kapitel_10_buller_2.pdf. [2013-04-24]
- Trafikverket. (2013a) *ASEK – arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyl- och analysmetoder inom transportområdet*. <http://www.trafikverket.se> [2013-04-24]
- Trafikverket. (2013b) Hamnbanan Göteborg, dubbelspår. *Trafikverket*. <http://www.trafikverket.se/Privat/Projekt/Vastra-Gotaland/Goteborg-Hamnbanan/>
- Virtual-Sound. (2013) Electronic music and sound design. *Virtual-Sound*. http://www.virtual-sound.com/en/index.php?option=com_content&view=article&id=78&Itemid=130 [2013-03-30]
- Vägverket. (2009). *Vägtransportsektorns folkhälsoeffekter och -kostnader – Redovisning av två delprojekt*. Borlänge: Vägverket. (Publikation 2009:3). http://publikationswebbutik.vv.se/upload/4602/2009_3_vagtransportsektorns_folkhalsoeffekter_och_kostnader_2.pdf. [2013-04-23]
- WHO (World Health Organization). (1999) *Guidelines for community noise*. Geneva: World Health Organization. http://www.persona.uk.com/bexhill/Core_docs/CD-09/CD-09-41.pdf. [2013-02-10]
- WHO (World Health Organization). (2008) *Review of methods and development of guidance for the economic valuation of transport related health effects, with a special focus on children*. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/53864/E92127.pdf. [2013-04-24]
- WHO (World Health Organization). (2009) *Night noise guidelines for Europe*. Copenhagen: WHO Regional office for Europe. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf. [2013-04-23]
- WHO (World Health Organization). (2011) *Burden of disease from environmental noise*. Copenhagen: WHO Regional office for Europe. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf. [2013-04-23]

- Öhrström, E., et al. (2006) *Effects of road traffic noise and the benefit of access to quietness*. Journal of sound and vibration. <http://ac.els-cdn.com> [2013-04-10]
- Öhrström, E. (2007a) Störning och dos-responssamband. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_5&rubrik=rubrik2. [2013-04-08]
- Öhrström, E. (2007b) Känsliga grupper. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_5&rubrik=rubrik4_1. [2013-04-09]
- Öhrström, E. (2007c) Störningar av sömnen kan förebyggas om sovrummet vetter mot en tyst sida. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_9&rubrik=rubrik1_1. [2013-03-22]
- Öhrström, E. (2007d) Stressrelaterade symptom och tillgång till tyst sida. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_9&rubrik=rubrik1_2. [2013-03-22]
- Öhrström, E. (2011) Betydelsen av tyst sida för hälsoeffekter av buller. *Ljudlandskap för bättre hälsa*. <http://www.ljudlandskap.acoustics.nu>. [2013-04-08]

BILAGA 1. Sid 1(2)



Trafikbullerberäkning för öppen kvarterstruktur. (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2011)

BILAGA 1. Sid 2(2)

Beräkn.punkt	Plan 1	Plan 2	Plan 3	Plan 4	Plan 5	Plan 6	Plan 7	Plan 8
A. byggnad A, västerfasad	53 (72)						53 (71)	
B. byggnad A, nordvästfasad	58 (77)	56 (71)	57 (74)				57 (73)	
C. byggnad F, österfasad	42 (67)	43 (67)	45 (67)	47 (67)	47 (67)	48 (67)		
D. byggnad F, österfasad	40 (66)	48 (66)	53 (72)			52 (72)		
E. byggnad G, nordvästfasad	59 (77)	56 (70)	58 (76)					56 (72)
F. byggnad G, österfasad	58 (83)	58 (82)						56 (74)
G. byggnad G, sydostfasad	53 (79)	53 (79)					52 (74)	51 (73)
H. byggnad G, sydostfasad	46 (70)	46 (70)					46 (69)	46 (69)
I. byggnad H, österfasad	58 (83)	57 (82)				55 (77)		
J. byggnad H, västerfasad	35 (52)					42 (62)		
K. byggnad I, österfasad	56 (83)	56 (82)				54 (77)		
L. byggnad K, österfasad	56 (83)	56 (82)			54 (78)			
M. östra delen västerfasad	57 (82)						55 (76)	
N. östra delen österfasad	31 (51)						31 (51)	
O. östra delen västerfasad	57 (82)					55 (77)		
P. östra delen västerfasad	54 (77)					53 (77)		

Ekvivalenta och (maxvärden) dB(A). (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2011)

BILAGA 2. Sid 2(2)

Beräkn.punkt	Plan 1	Plan 2	Plan 3	Plan 4	Plan 5	Plan 6	Plan 7
A. Gårdsfasad mot öster	31 (41)	30 (41)	30 (41)	30 (40)	31 (40)	31 (40)	32 (41)
B. Gårdsfasad mot norr	31 (46)	31 (46)	31 (44)	31 (44)	31 (43)	31 (43)	31 (42)
C. Gårdsfasad mot väster	33 (49)	33 (49)	33 (49)	33 (49)	33 (49)	34 (48)	34 (48)
D. Gårdsfasad mot söder	33 (43)	33 (43)	33 (43)	33 (43)	33 (43)	34 (43)	34 (44)
E. Gatufasad mot norr	57 (74)	57 (74)	57 (74)	57 (74)	57 (73)	57 (73)	57 (72)
F. Gatufasad mot öster	59 (80)	59 (79)	58 (78)	58 (77)	57 (76)	57 (75)	57 (74)

Ekvivalenta och (maxvärden) dB(A). (Göteborgs stad Stadsbyggnadskontoret, 2012)

BILAGA 3. Sid 1(1)

Kalkylvärden för ekonomiska konsekvenser av hälsoeffekter för inom- samt utomhusexponering för vägtrafikbuller. Med varje uppmätt ljudtrycksnivå vid fasad följer en ekonomisk konsekvens, i kronor per utsatt år, som en person är exponerad för bullret.

LAEq 24 h Ute (dB)	Värde kr/utsatt år
45	0
46	276
47	560
48	854
49	1157
50	1469
51	1798
52	2140
53	2629
54	3146
55	3694
56	4278
57	4891
58	5612
59	6395
60	7208
61	8065
62	8956
63	9958
64	11057
65	12182
66	13391
67	14650
68	16068
69	17631
70	19321
71	21182
72	23365
73	25694
74	28176
75	30842

Hälsoekonomiska kalkylvärden. Kortsiktigt perspektiv (mindre än 10 år), 2010 års prisnivå. (Trafikverket, 2012b)

LAEq 24 h Ute (dB)	Värde kr/utsatt år
45	0
46	369
47	751
48	1144
49	1550
50	1969
51	2409
52	2868
53	3523
54	4216
55	4950
56	5732
57	6553
58	7520
59	8570
60	9659
61	10807
62	12001
63	13343
64	14816
65	16323
66	17943
67	19631
68	21531
69	23625
70	25890
71	28383
72	31309
73	34431
74	37755
75	41328

Hälsoekonomiska kalkylvärden. Långsiktigt perspektiv (upp till 40 år), 2010 års prisnivå. (Trafikverket, 2012b)

BILAGA 4. Sid 1(5)

Nedan följer Tabell 10.1–10.10, vilka presenterar de väntade ljudtrycksnivåerna och kostnaderna för det slutna respektive öppna kvartersalternativet. Kostnaderna beskriver vad den sammanlagda ekonomiska följden, på grund av trafikbuller, per person och utsatt år blir.

Tabell 10.1: Punkt E i den öppna strukturen.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	59	6395	8570
2	56	4278	5732
3	58	5612	7520
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	-	-	-
8	56	4278	5732

Tabell 10.2: Punkt E i den slutna strukturen.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Upplevelse med tyst sida $L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	57	52	2140	2868
2	57	52	2140	2868
3	57	52	2140	2868
4	57	52	2140	2868
5	57	52	2140	2868
6	57	52	2140	2868
7	57	52	2140	2868

BILAGA 4. Sid 2(5)

Tabell 10.3: Punkt C i den öppna strukturen.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	42	0	0
2	43	0	0
3	45	0	0
4	47	560	751
5	47	560	751
6	48	854	1144

Tabell 10.4: Punkt D i den öppna strukturen.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	40	0	0
2	48	854	1144
3	53	2629	3523
4	-	-	-
5	-	-	-
6	52	2140	2868

BILAGA 4. Sid 3(5)

Tabell 10.5: Punkt A i den slutna strukturen.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	31	0	0
2	30	0	0
3	30	0	0
4	30	0	0
5	31	0	0
6	31	0	0
7	32	0	0

Tabell 10.6: Punkt G i den öppna strukturen.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	53	2629	3523
2	53	2629	3523
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	52	2140	2868
8	51	1798	2409

BILAGA 4. Sid 4(5)

Tabell 10.7: Punkt H i den öppna strukturen.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	46	276	369
2	46	276	369
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	46	276	369
8	46	276	369

Tabell 10.8: Punkt D i den slutna strukturen.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	33	0	0
2	33	0	0
3	33	0	0
4	33	0	0
5	33	0	0
6	34	0	0
7	34	0	0

BILAGA 4. Sid 5(5)

Tabell 10.9: Punkt E i den öppna strukturen med dubblering av trafiken.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	62	8956	12001
2	59	6395	8570
3	61	8065	10807
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	-	-	-
8	59	6395	8570

Tabell 10.10: Punkt E i den slutna strukturen, med antagandet att den tysta sidan bibehålls. Dubbel trafikmängd.

Våningsplan:	$L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Upplevelse med tyst sida $L_{A,Eq,24h}$ dB(A):	Kortsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):	Långsiktig Kostnad per person (kr/utsatt år):
1	60	55	3694	4950
2	60	55	3694	4950
3	60	55	3694	4950
4	60	55	3694	4950
5	60	55	3694	4950
6	60	55	3694	4950
7	60	55	3694	4950