



# CHALMERS

---



## **Buller i staden**

### Bostadsbyggandets möjligheter med ett bullerregelverk i förändring

Kandidatarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och vattenbyggnad

MAJA JANSSON  
MIKAELA STENBERG  
AXEL SUNDELIUS  
ELSA WIGREN

---

Institutionen för Bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för teknisk akustik*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2015

Buller i staden

*Bostadsbyggandets möjligheter med ett bullerregelverk i förändring*

MAJA JANSSON

MIKAELA STENBERG

AXEL SUNDELIUS

ELSA WIGREN

© MAJA JANSSON, MIKAELA STENBERG, AXEL SUNDELIUS, ELSA WIGREN, 2015

*Kandidatarbete 2015*

Institutionen för Bygg- och miljöteknik

Avdelningen för teknisk akustik

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon: +46 (0)31-772 1000

Omslag:

Linnégatan.

Göteborg, Sverige, 2015

## Sammanfattning

Denna rapport är en studie genomförd vid Avdelningen för teknisk akustik på Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Syftet med rapporten är att undersöka och ge en förståelse om hur de gällande bullerreglerna påverkar möjligheten att bygga nya bostäder i olika storstadsområden och gator. Vidare undersöks olika åtgärder som kan vidtas för att minska buller som kommer från vägtrafik. Hälsoeffekter som uppstår som en följd av utsatthet för buller tas även upp i rapporten.

De senaste åren har efterfrågan på bostäder, främst i de större städerna, växt kraftigt och i samband med det har bullerreglernas innebörd blivit större. Bostadsbristen är en aktuell fråga i den politiska agendan och bullerreglerna har setts som en anledning till varför bostadsbyggandet varit relativt lågt under en längre tid. Buller i staden orsakas främst av trafik av olika slag och en långvarig exponering av det kan medföra en negativ påverkan på hälsan. Sömnsvårigheter, hörselskada, stress, hjärt- och kärlsjukdomar och försämrad uppmärksamhet, koncentrations- och prestationsförmåga är några av hälsoeffekterna som bullerexponering kan orsaka.

Regelverket från 1997 angående buller anger ett riktvärde på 55 dB(A) som dygnsekvivalent ljudtrycksnivå utomhus vid fasad. Den nya förordningen angående riktvärden för buller har höjt ekvivalentnivån från 55 dB(A) till 60 dB(A) för små lägenheter. Reglerna som träder i kraft 1 juni 2015 har även generellt blivit betydligt friare. Om man har tillgång till en skyddad sida på 55 dB(A) finns ingen gräns för hur hög ljudtrycksnivån vid fasad på direkt bullerexponerad sida får vara.

Arbetet har genomförts genom en litteraturstudie, där information hämtats från internet, litteratur, föreläsningar, rapporter, artiklar och tidigare undersökningar. Litteraturstudien är till för att ge en allmän förståelse om akustik, buller och dess åtgärder samt den negativa effekten på hälsan som buller kan ha på människan. Det har även mätts ljudtrycksnivåer i fält, delvis vid befintlig fasad och delvis på platser med eventuell möjlighet till byggnation. Mätningar och beräkningar har utförts för att få en uppfattning om aktuell bullernivå, om det behövs åtgärder och i så fall vilka för att få ner ljudet från trafiken till en acceptabel nivå.

Resultatet och analysen som genomförts visar att en höjning av tillåtna ljudtrycksnivåer inte hade varit nödvändiga för att kunna bygga nya bostäder om vissa åtgärder tillämpas.

Nyckelord: buller, ljud, bullerregler, bulleråtgärder, trafikbuller, hälsoeffekter, stadsstrukturer, Göteborg.

## Abstract

This report is a study at the Department of Applied Acoustics at Chalmers University of Technology in Gothenburg. The report aims to examine and provide an understanding of how the current noise regulations affect the ability to build new residences in different streets and city areas. Various actions that can be used to reduce the noise coming from road traffic are also evaluated. Health effects that arise as a result of exposure to noise are addressed in the report as well.

In recent years the demand on housing has grown strongly, particularly in the larger cities. The rules concerning traffic noise are becoming more important in relation to this. The lack in the number of houses needed to accommodate the population of an area is an on-going issue in the political agenda and noise regulations have been seen as a reason to that the demand on housing has not met up to the building of new residences. The noise in the city is mainly caused by traffic. A long-term exposure to the noise can have a negative impact on health. Sleep disturbances, hearing loss, stress, cardiovascular disease, an impaired attention, concentration and performance are some of the health impacts that traffic noise exposure can cause.

The regulations of 1997 regarding noise indicates a guideline value of 55 dB(A) equivalent 24 hour value. This is a value that is measured outdoor, at the building facade. A new regulation regarding the guideline value for noise has been raised to a level at 60 dB(A) for small apartments. The rules that are valid from the 1st of June 2015 have also generally become more flexible. If you have a protected side of 55 dB(A), there is no limit of how high the noise level against the facade at the exposed side is allowed to be.

The work has been completed through a literature study, where information has been gathered from the Internet, literatures, lectures, reports and previous studies. The literature study is intended to provide a general understanding of acoustics, noise and actions that are used to reduce the noise level and the negative effect on health caused by noise. Sound pressure levels have also been measured in chosen streets, partly against existing facades and partly on places where possibly new facades can be built. Measurements and calculations have been performed to get an idea of the current noise levels. If and which actions that are necessary to reach acceptable noise levels are analysed.

The results and analysis conducted shows that an increase in the permissible noise levels is not necessary to build new residences if certain actions are applied.

## Förord

Vi är en grupp på fyra studenter som går på Väg- och vattenbyggnadsprogrammet på Chalmers tekniska högskola, som alla fattade intresse för ett kandidatarbete om buller i staden och dess påverkan på människor. Genomförandet av detta arbete har gett oss kunskap som vi tidigare inte besuttit. Vi har fått god insikt i vilken inverkan buller och dagens bullerregler har på samhället, samt hur hänsyn tas till dessa när gator och områden byggs och utvecklas. Vi har även fått kännedom om vilka trafik- och gatumiljörelaterade åtgärder man kan göra för att minska bullernivån.

Under arbetets gång kom den sittande regeringen med en ny förordning om att sänka bullerkraven för att möjliggöra mer bostadsbyggande. Arbetet har utgått ifrån de gamla reglerna men med denna förändring analyserades resultaten utifrån om en sänkning av kraven verkligen var nödvändig.

Vi vill framför allt rikta ett varmt tack till vår handledare Jens Forssén och vår examinator Patrik Höstmad, båda docenter vid Avdelningen för teknisk akustik på Chalmers tekniska högskola, för deras kontinuerliga stöd och hjälpande hand. Vi vill även tacka Börje Wijk, ingenjör vid Avdelningen för teknisk akustik, samt Fia Börjeson vid Avdelningen för fackspråk och kommunikation.

**Göteborg, 19 maj 2015**

Maja Jansson

Mikaela Stenberg

Axel Sundelius

Elsa Wigren

## Innehållsförteckning

1	Inledning .....	1
1.1	Bakgrund .....	1
1.2	Syfte .....	1
1.3	Frågeställningar .....	2
1.4	Avgränsningar .....	2
1.5	Metod .....	2
1.6	Rapportens disposition .....	4
2	Litteraturstudie .....	5
2.1	Ljudteori .....	5
2.1.1	Ljudtrycksnivå .....	5
2.1.2	Frekvenser och frekvensband .....	6
2.1.3	Ljudutbredning .....	7
2.1.4	Ljudkällor .....	9
2.2	Buller .....	11
2.2.1	Riktlinjer för bullernivåer vid bostäder .....	11
2.2.2	Beräkningsmodeller och vägtrafikbuller .....	12
2.3	Hälsoeffekter till följd av bullerexponering .....	14
2.3.1	Sömnsvårigheter .....	14
2.3.2	Hörselskada .....	15
2.3.3	Stress .....	15
2.3.4	Hjärt- kärlsjukdomar .....	15
2.3.5	Försämrad uppmärksamhet, koncentrations- och prestationsförmåga .....	16
2.4	Bulleråtgärder .....	16
2.4.1	Trafikrelaterade bulleråtgärder .....	17
2.4.1.1	Hastighetssänkning som bulleråtgärd .....	17
2.4.1.2	Trafikflödesförändringar som åtgärd .....	18
2.4.2	Gatumiljörelaterade bulleråtgärder .....	18
2.4.2.1	Tyst asfalt som bulleråtgärd .....	18
2.4.2.2	Gatu- och kvartersutformning som bulleråtgärd .....	20
2.4.2.3	Tyst sida genom slutna kvarter .....	22
3	Fältmätningar och resultat .....	23
3.1	Undersökta gatumiljöer .....	23
3.1.1	Linnégatan .....	23
3.1.2	Nordhemsgatan .....	24
3.1.3	Guldhedsgatan .....	25

3.1.4	Dr Allards gata .....	26
3.2	Mätdata.....	27
4	Diskussion .....	29
5	Slutsats.....	35
6	Referenser .....	36

# 1 Inledning

I detta kapitel redogörs rapportens bakgrund, syfte, frågeställningar, avgränsningar och metod. Sist i inledningen presenteras rapportens disposition med dess olika delar.

## 1.1 Bakgrund

Efterfrågan på bostäder, främst i de större städerna, har växt kraftigt de senaste åren (Mattmar, Holmin, 2014). Bostadsbristen har blivit en ständigt aktuell fråga på den politiska agendan men trots detta är bostadsbyggandet inte tillräckligt i dagens Sverige, speciellt i de mest attraktiva områdena, i och kring våra större städer.

Under de senaste åren har ”regelkrångel” målats ut som en stor anledning till varför det inte byggs mer, speciellt i Sveriges storstäder. Främst har dagens bullerregler framhållits som ett hinder för nya bostäder. Som ett svar på kritiken lades det en proposition från den avgående regeringen att förändra dagens bullerregler så att det blir tillåtet att bygga även vid högre nivåer än dagens regelverk. Efter vissa justeringar jämfört med den ursprungliga propositionen har den sittande regeringen nu förändrat regelverket för att tillåta högre bullernivåer.

Stadens buller orsakas främst av gatutrafik. Att trafikbuller skapar negativa hälsoeffekter hos människor är forskarna överens om. I rapporten "Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe." från WHO 2011 framgår att samhällsbuller är den miljöpåverkan som i Europa har den näst största samhällskostnaden (efter luftföroreningar) i form av sjukdom, försämrad hälsa, minskad livskvalitet och förtida dödsfall.

För många boende i Göteborg är en av de vanligaste miljöstörningarna buller, som definieras som ett oönskat ljud. Ungefär 100 000, vilket motsvarar en femtedel av Göteborgs invånare, bedöms vara utsatta för trafikbuller vid sin bostad som överskrider det nationella riktvärdet på 55 dB(A). Av dessa 100 000 är ungefär 70 % utsatta för en ljudtrycksnivå som överskrider 60 dB(A).

Göteborgs ambition att förtäta staden och bygga 150 000 fler bostäder innan år 2035 kommer antagligen medföra att fler upplever störning av buller. Fler människor innebär mer trafik och således mer buller. Följderna av buller hos människan är många och det är mer än bara en upplevd störning. Det är därför viktigt att hänsyn tas till buller och dess påverkan på människans hälsa både i och vid bostäder när förtätning av staden planeras och genomförs. Det är vid befintliga miljöer som behovet av åtgärder är viktigast då bullersituationen försämrats i de miljöerna som följd av stadens tillväxt och ökade trafik (Göteborgs stad, 2014).

Att förtäta staden är ett av Göteborgs långsiktiga mål och innebär många fördelar. En tät, sammanhållen stad ger underlag för ett mer effektivt transportsystem som förväntas bidra till att miljöpåverkan minskar. Kortare avstånd kan leda till mindre biltrafik och mer gång- och cykeltrafik, vilket i sig också minskar miljöpåverkan. Den sammanhållna staden kan också minska samhällskostnader för infrastruktur och skapar möjlighet för en ökad integration. Möjligheten att förtäta staden och samtidigt undvika ohälsosamma bullernivåer skulle därför vara mycket önskvärd.

## 1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att undersöka den inverkan som de bullerregler, som gäller fram till juni 2015, har på möjligheterna för nytt bostadsbyggande i olika typer av storstadsområden och gator. Arbetet relateras även till den nya förordningen med generösare bullerregler. Rapporten analyserar vilka förändringar i gatumiljön och trafiken som kan göras för att bullernivåerna ska uppfylla dagens krav samt bedöma deras rimlighet.

### 1.3 Frågeställningar

I rapporten kommer två olika typområden att användas som representativ modell för olika stadsstrukturer. Dels en typisk centralt belägen tät kvartersstad i storstadsmiljö. Dels en modernistisk stadsdel, med mer spridd och uppsprucken bebyggelse, strax utanför centrum.

Den täta kvartersstadsmiljön representeras av området Linné, med fokus kring Linnégatan och den modernistiska stadsdelsmiljön representeras av området Guldheden. Båda områdena är belägna i Göteborg.

De övergripande frågeställningarna för de två studerade typområdena är:

- Kan det byggas ny innerstad eller byggas i befintlig innerstad med dagens bullerregler?
- Går det att förtäta med nya byggnader i befintliga, modernistiska stadsstrukturer med dagens bullerregler?
- Bedöma om dagens bullerregler är förenliga med ambitionen att förtäta staden.

Specifika uppgifter för rapporten är:

- Beskriva teorin bakom ljud och ljudutbredning
- Definiera buller och hur det uppkommer
- Redogöra för gällande samt kommande bullerregler och hur dessa skiljer sig åt
- Studera trafikbullers möjliga inverkan på människors hälsa.
- Uppskatta ljudtrycksnivåer vid olika gator genom mätningar i fält och användning av Nordtest Method
- Beräkna jämförelsebara ljudtrycksnivåer enligt Nordiska beräkningsmodellen
- Undersöka vilka möjliga bulleråtgärder som är rimliga för de aktuella gatumiljöerna

### 1.4 Avgränsningar

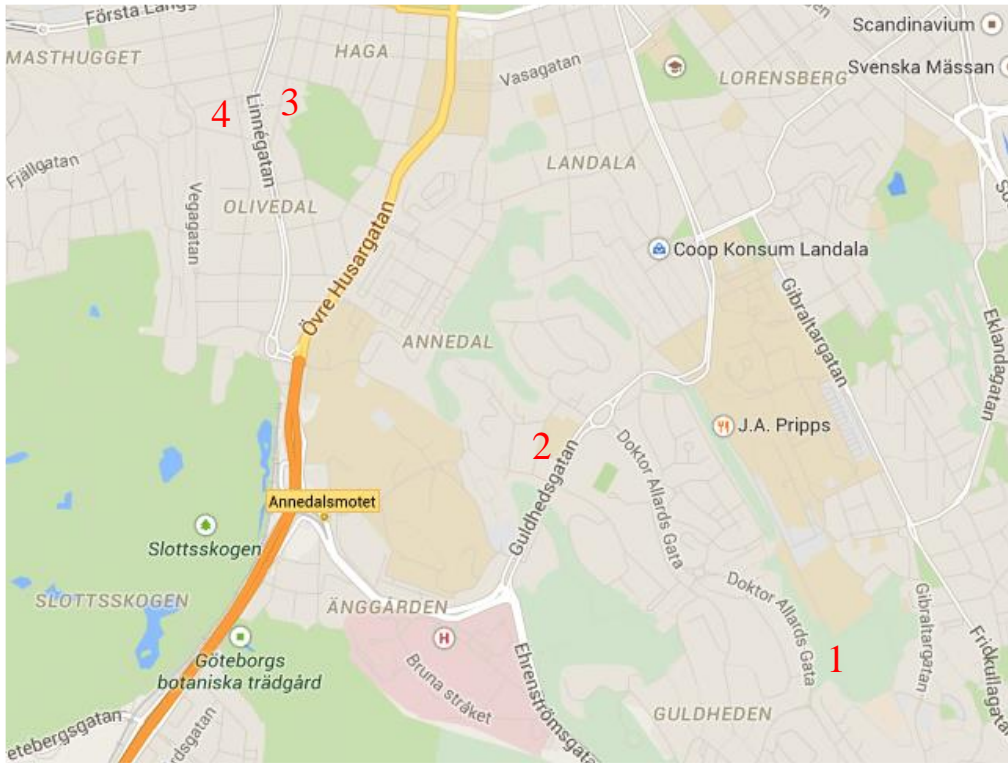
I rapporten tas endast hänsyn till vägtrafikrelaterat buller, från lätta och tunga fordon. Ingen hänsyn har tagits till spårvagnstrafik då det är själva områdes- och vägtyperna utan spårvagnar som undersöks. Detta för att resultaten ska kunna tillämpas generellt. Använd mätmodell tar ingen hänsyn till spårvagnsbuller. Beaktning till detta har tagits vid mätningarna. Vibrationer och andra tillfälliga bullerkällor utelämnas.

De förslag på åtgärder som tas upp för att sänka bullernivån kommer endast att beröra gatumiljön och vara trafikrelaterade. Hänsyn kommer endast att tas till utvändiga ljudnivåer mot byggnaders fasader.

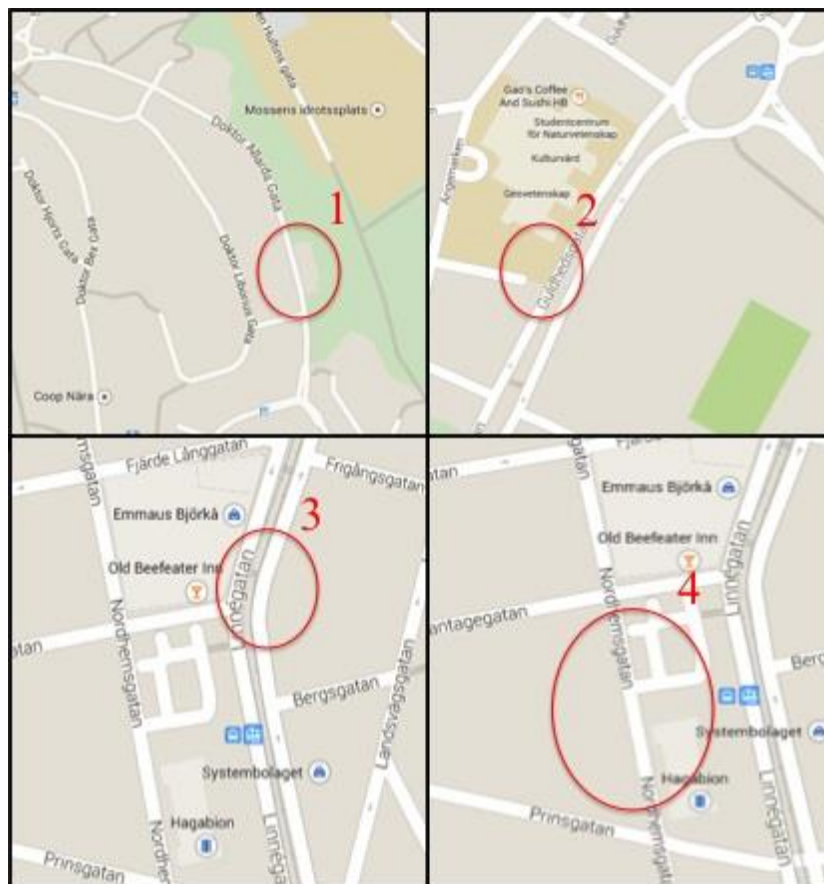
### 1.5 Metod

Informationen som tas upp i denna rapport har främst baserats på litteraturstudier, i form av litteratur, information hämtad från internet, föreläsningar, rapporter, artiklar och tidigare undersökningar. Rapporten och dess fakta är till för att ge en förståelse för vad ljud och buller är och hur man kan tillämpa trafik- och gatumiljörelaterade bulleråtgärder för att minska bullret, både allmänt och på de typer av gator och områden som undersöks. Vidare beskrivs även bullrets hälsoeffekter på människan och huvudsakligen om nya bostäder kan byggas genom förtätning av staden. De typer av gator och områden som valts ut att undersökas beskrivs för att ge en bild över hur de är trafikerade, bebyggda och vad för sorts rörelse som äger rum.

De gator som undersökts är Dr Allards gata, Guldhedsgatan, Linnégatan och Nordhemsgatan. Figur 1 visar de utvalda platserna i nämnd ordning i förhållande till varandra medan figur 2 visar mätplatserna i detalj (röd cirkel).



Figur 1. Översiktskarta över mätplatserna i Göteborg.



Figur 2. Karta över mätpositionerna på respektive gata.

Valda gator och områden är ämnade att symbolisera en viss typ av gata och område och inte den specifika gatan i sig. Detta är viktigt att nämna då en avgränsning som gjorts är att utesluta spårvagnsbuller, då denna typ av buller inte är representativ för generella gator i Sverige, samt att den beräkningsmetod som använts inte tar hänsyn till spårvagnsbuller.

Fältundersökningen utfördes med hjälp av given utrustning:

- Ljudnivåmätare på stativ - Investigator, Brüel & Kjær 2260
- Måttband - för mätning av avståndet från vägens mitt till ljudnivåmätaren och avstånd mellan två givna punkter för beräkning av fordonens medelhastighet.
- Klickräknare - för räkning av antalet lätta och tunga fordon i vardera riktningen.
- Tidtagarur – för att kunna beräkna bilarnas medelhastighet

Mätningarna skedde på vardagar dagtid då det inte var rusningstrafik eftersom mätstandarden förordar detta. Då ingen hänsyn tas till spårvagnsbuller pausades ljudnivåmätaren när en spårvagn var i närheten för att detta ljud inte skulle påverka mätningen. Fältmätningarna pågick i 20 minuter, exklusive tiden då spårvagnar var i närheten.

Utifrån de värden och data som antecknades, räknades aktuell dygnsekvivalent ljudtrycksnivå fram enligt beräkningsmodellen Nordtest Method som ställs i jämförelse med dagens bullerkrav. För att analysera rimligheten av de värden som beräknades jämfördes dessa med ljudtrycksnivåer enligt Nordiska beräkningsmodellen. Denna modell används vid bullerutredningar.

## **1.6 Rapportens disposition**

För att läsaren ska kunna ta till sig så mycket som möjligt av denna rapport och sättas in i det aktuella ämnet inleds rapporten med en bakgrund som följs av en förklaring av uppsatsens syfte. Därefter redogörs för de problem och frågeställningar som besvaras i rapporten. Rapportens avgränsningar följer därpå och inledningsavsnittet avslutas med ett metodavsnitt som bland annat beskriver hur information har inhämtats.

Efter inledningen följer en teoridel som till en början ger en grundläggande bakgrund till ljudteori och sedan tar upp buller, dess hälsoeffekter och möjliga åtgärder för att minska buller.

Nästkommende avsnitt ger en mindre beskrivning av hur de undersökta gatorna är utformade och därefter vilka ljudtrycksnivåer som blev resultaten efter gjorda fältmätningar och beräkningar.

I avsnittet som följer diskuteras innehållet i rapporten och ett exempel på vad som tas upp är vad de nya bullerreglerna kan få för troliga följder.

Slutligen ges en kort sammanfattning av rapporten och en kort och koncist sammanställning av diskussionens slutsatser. Sist hittas referenser och bilagor.

## 2 Litteraturstudie

Den litteraturstudie som tagits fram baseras på information hämtad från internet, litteratur, artiklar, rapporter, tidigare undersökningar och föreläsningar. Detta för att ge en grundläggande och översiktlig bild av bland annat vad ljud och buller är, hur det betar sig och hur man kan åtgärda bullerproblemen.

### 2.1 Ljudteori

Det som människan uppfattar som ljud är små variationer av tryck över det statiska meteorologiska lufttrycket. Dessa små variationer kallas akustiskt tryck och betecknas  $p(t)$ , där  $t$  står för tryckets tidsberoende (Andersson, Kropp, 2015A)

Både det statiska och det akustiska lufttrycket varierar över tiden, men det statiska lufttryckets långsamma variation medför att det i akustiska sammanhang ses som konstant. Vid havsytan gäller att:

$$p_{statiskt} \approx 101,35 \text{ kPa}$$

Ljudtryck är således snabba variationer av det totala trycket:

$$p_{tot}(t) = p(t) + p_{statiskt}(t) \quad (1)$$

#### 2.1.1 Ljudtrycksnivå

Det minsta tryck som det mänskliga örat kan uppfatta är ungefär 20  $\mu\text{Pa}$  och benämns hörtröskel. Människans smärtröskel går omkring 200 Pa, vilket är det högsta tryck människans öra kan uppfatta.

Eftersom människans hörsel sträcker sig över ett brett intervall och det mänskliga örat inte reagerar linjärt införs ett logaritmiskt mått på ljudtryck som benämns ljudtrycksnivå. En ljudtrycksnivå beskriver hur det genomsnittliga ljudtrycket över en viss tid,  $p_{rms}$ , förhåller sig till ett givet referenstryck,  $p_{ref}$ , enligt:

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

där  $L_p$  benämns ljudtrycksnivå med enheten decibel [dB]. Indexet rms i  $p_{rms}$  står för "root, mean, square" och beräknas enligt:

$$p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} p^2(t) dt} \quad (3)$$

där  $T_m$  är den tid för vilken mätningen sker. Referenstryckets värde sätts vanligtvis till 20  $\mu\text{Pa}$ . Enheten för ljudtrycksnivån betecknas då dB re. 20  $\mu\text{Pa}$  (decibel relativt hörseltröskeln). Detta medför att om det akustiska trycket är samma som referenstrycket blir ljudtrycksnivån 0 dB, följaktligen vår hörtröskel.

Ljudtrycksnivån över en tidsperiod beräknas som medelvärdet av ljudtrycksnivån under det givna tidsintervallet och benämns ekvivalent ljudtrycksnivå,  $L_{pAEq}$ . Detta mått används bland annat vid riktlinjer över tillåtna bullernivåer, är A-vägt och definieras enligt:

$$L_{pEq} = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_p(t)}{10}} dt \right) \quad (4)$$

där  $T$  är den tid för vilken mätningen sker. A-vägningens innebörd beskrivs på nästkommande sida.

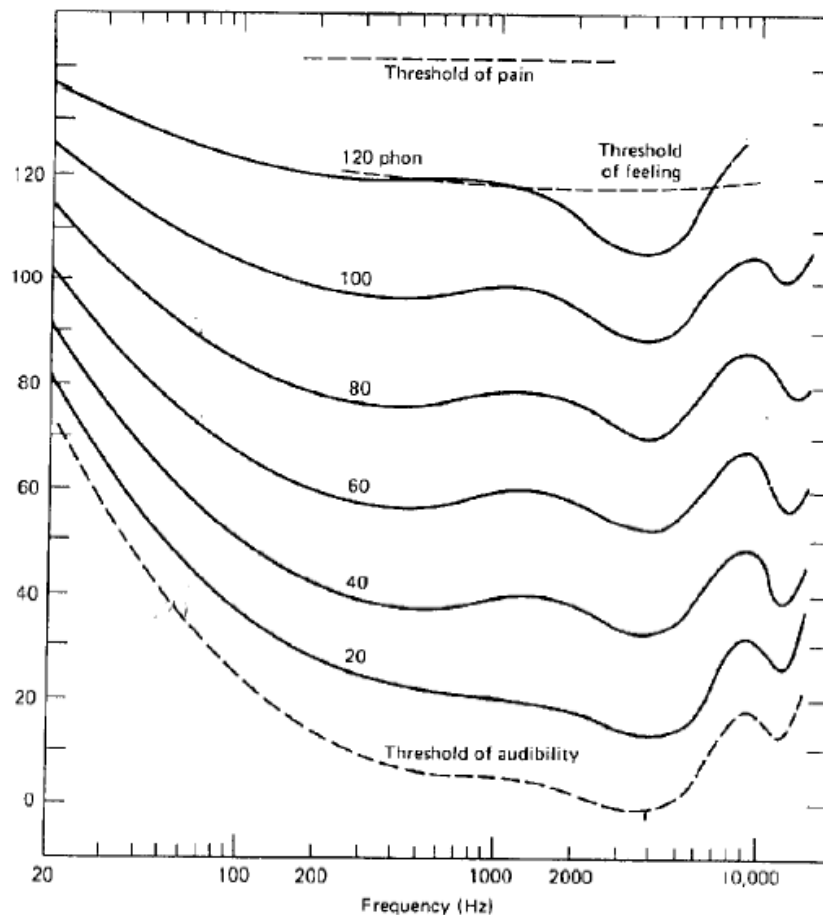
Vid riktlinjer för bullernivåer används normalt även den maximala ljudtrycksnivån,  $L_{pAFmax}$ , vilket är A-vägt och beskriver det största värdet av ljudtrycksnivån som uppnås under en viss tidsperiod (Andersson, Kropp, 2015A).

## 2.1.2 Frekvenser och frekvensband

Frekvensen, med enheten Hertz [Hz], är ett mått på hur många svängningar per sekund en ljudvåg gör, det vill säga hur frekvent ljudtrycket växlar mellan högt och lågt tryck. Ljud kan indelas som ljudtryck vid olika frekvenser. En ton kan beskrivas som en harmonisk svängning med en bestämd frekvens. Styrkan på tonen beror på storleken av tryckvariationen, vilket benämns amplitud. Det som vanligtvis kallas ljud kan ses som en samling av ett stort antal olika toner med olika amplituder.

Det mänskliga örat kan vanligtvis uppfatta ljud i frekvensområdet 20 till 20 000 Hz men är som mest känsligt för ljud i intervallet 2 000 – 5 000 Hz. Eftersom människans förmåga att uppfatta ljud är frekvensberoende skiljer sig den upplevda ljudstyrkan från den faktiska. För att ljudtrycksnivån ska spegla hur människan uppfattar ljudets styrka kan ljudet vägas med olika filter (Andersson, Kropp, 2015A).

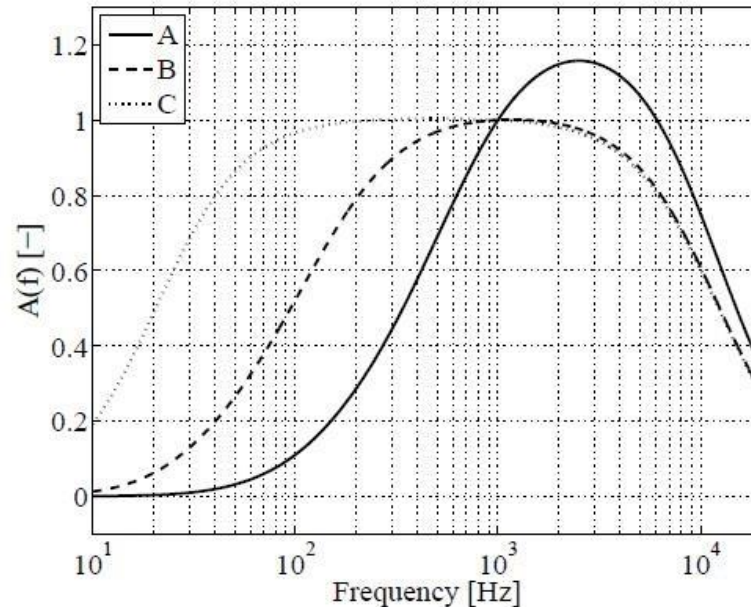
För låga och höga frekvenser är den mänskliga hörseln inte lika känslig som mellan 2 000 och 5000 Hz. Detta kan illustreras med isofonkurvor, se figur 3.



Figur 3. Isofonkurvor – kurvor av ljudtrycksnivåer som uppfattas som lika höga av människor i genomsnitt. Y-axeln är ljudtrycksnivå och enheten är dB re. 20  $\mu$ Pa (Andersson, Kropp, 2015A).

Isofon betyder ”lika hörselintryck” och används för att beskriva den ljudtrycksnivå som för olika frekvenser ger samma upplevda hörselintryck. Dessa kurvor har använts vid framtagningen av olika vägningar av ljudtrycksnivåer, så kallade A-, B- och C-vägningar. A-vägningen kompenserar ljudtrycksnivån för olika frekvenser till hur vårt hörselsinne uppfattar dessa. Genom A-vägningen dämpas de låga frekvenserna och till viss del även de höga för att efterlikna örats okänslighet mot dessa. De

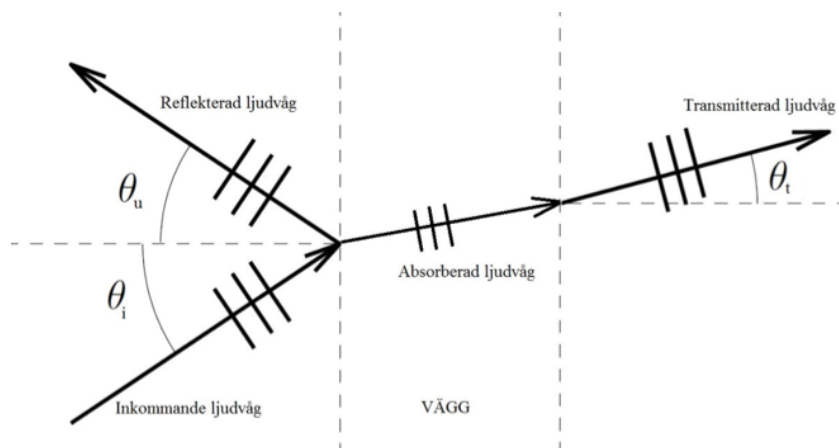
faktiska nivåerna förändras således till hur vårt ljudsinne uppfattar dessa för att ge en mer rättvisande bild av en ljudtrycksnivå. Vid A-vägning av en ljudtrycksnivå benämns denna dB(A). B- och C-vägningen medför en ganska platt frekvenskurva och används sällan i aktuella tillämpningar, se figur 4 (Andersson, Kropp, 2015A).



Figur 4. A-, B-, och C-vägningskurvor som en funktion av frekvens (Andersson, Kropp, 2015A)

### 2.1.3 Ljudutbredning

När en ljudvåg träffar en yta, exempelvis en husvägg, kan den reflekteras, absorberas och transmittas. Beroende på ljudvågens infallsvinkel och träffytans materialegenskaper sker dessa fenomen i olika utsträckning, se figur 5.



Figur 5. Ljudvågors utbredning vid en vägg (Blomkvist et al., 2014).

En del av den inkommande ljudvågen mot en husvägg *transmitteras* genom huskroppen och kan orsaka ljudvågor inne i byggnaden. Den *reflekterade* ljudvågens utfallsvinkel är lika med den inkommande ljudvågens infallsvinkel,  $\theta_u = \theta_i$ . Den reflekterade ljudvågen ger upphov till en högre ljudtrycksnivå vid träffytan, vilket är viktigt att ta hänsyn till vid mätningar, exempelvis ljudtrycksnivån mot en byggnadsfasad (Andersson, Kropp, 2010).

Vid mätningar och riktlinjer för buller utgår man oftast från frifältsnivån, det vill säga den nivå som skulle uppmätts på platsen utan någon reflektion från byggnadens fasad. Frifältsnivån är således lägre än det uppmätta värdet vid en befintlig husfasad (Boverket, 2008).

Fenomenet *absorption* innebär att ljudenergi tas upp och omvandlas till värme, främst genom friktionen mellan materialets kontaktytor och luften där emellan. En typisk porös absorbent är mineralull som kännetecknas av en stor mängd håligheter, vilket skapar många kontaktytor där ljudet kan förlora sin energi (Andersson, Kropp, 2015C).

Materialets akustiska impedans har också betydelse för dess ljuddämpande förmåga. Akustisk impedans är förhållandet mellan en ljudvågs tryck och den partikelhastighet i ett medium som vågen orsakar, det vill säga hur stort tryck som behövs för att sätta luftmolekylerna i rörelse (Parasnis, 2015). Är det skillnad mellan två olika mediums akustiska impedans, exempelvis mellan luft och absorbent, kommer en del av ljudvågen att reflekteras. Ju större skillnad desto mer ljud reflekteras. En bra absorbent har därför en impedans som ligger nära luftens, vilket innebär att en liten del av ljudvågen reflekteras och en stor del av ljudvågen transmitteras in i absorbenten och omvandlas till värme (Andersson, Kropp, 2010).

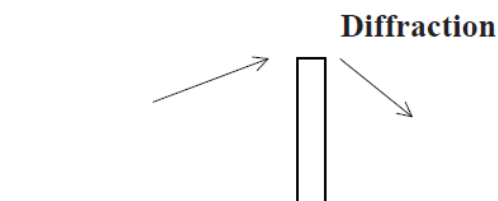
En ytas förmåga att absorbera ljud beskrivs av absorptionskoefficienten,  $\alpha$ , som varierar mellan 0 och 1. Absorptionskoefficienten definieras som:

$$\alpha = \frac{W_{loss}}{W_{in}} \quad (5)$$

där  $W_{loss}$  är ljudeffekten som är förlorad vid ytan och  $W_{in}$  är ljudeffekten för den inkommande ljudvågen (Andersson, Kropp, 2008). En hög absorptionskoefficient medför en stor absorption av ljud. Materialets tjocklek har betydande inverkan på absorptionskoefficienten, som även varierar starkt med ljudets frekvens (Andersson, Kropp, 2010).

I en urban miljö finns många ytor för ljudet att studsas mot. Speciella fenomen uppkommer också vid murar, till exempel ett bullerskydd, som kan ge oväntade effekter för ljudets spridning.

Fenomenet *diffraktion* av ljud inträffar då ljudvågor träffar en kant eller ett hörn, exempelvis taket på en byggnad eller ovansidan på en bullerskärm, se figur 6. Ljudvågorna ändrar då riktning vilket medför att ljudet kan nå platser som till synes är skyddade från dess utbredning, till exempel området bakom en bullerskärm eller en innergård bakom en byggnad.

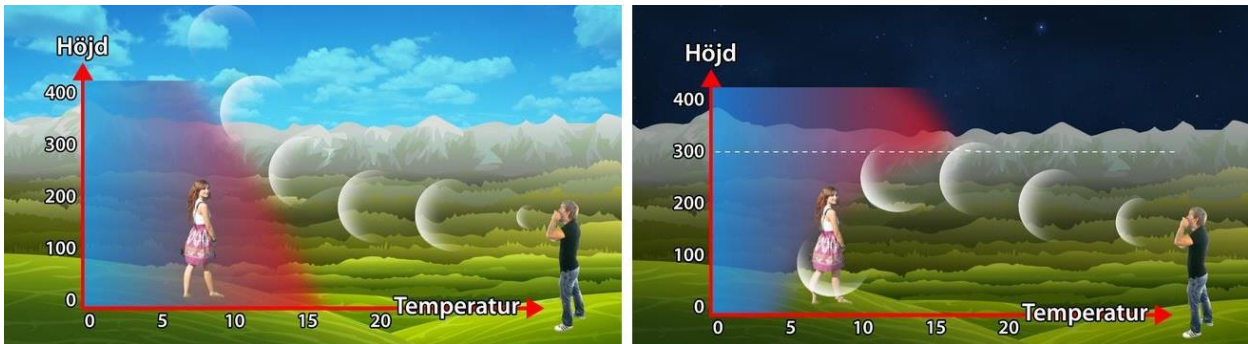


Figur 6. Diffraktion (eng. Diffraction) – ljud transporteras genom fenomenet diffraktion från kanten av hindret till den skyddade zonen bakom (Andersson, Kropp, 2010).

*Inversion* är ett annat fenomen som gör att ljudet får en oväntad utbredning. Vid normala meteorologiska förhållanden avtar temperaturen med höjden. Detta medför att ljudet sprids uppåt, se figur 7 (Andersson, Kropp, 2015B).

Vid speciella förhållanden som när solen går ner på hösten, kyls marken och temperaturen faller. Temperaturen på några hundra meters höjd påverkas dock inte alls. Den nya fördelningen av temperatur kallas inversion, som kan beskrivas som ett skikt i atmosfären närmast marken där temperaturen ökar med höjden (Hammarstrand, 2015). Ljudvågor som normalt sprids uppåt kan nu inte tränga upp genom det

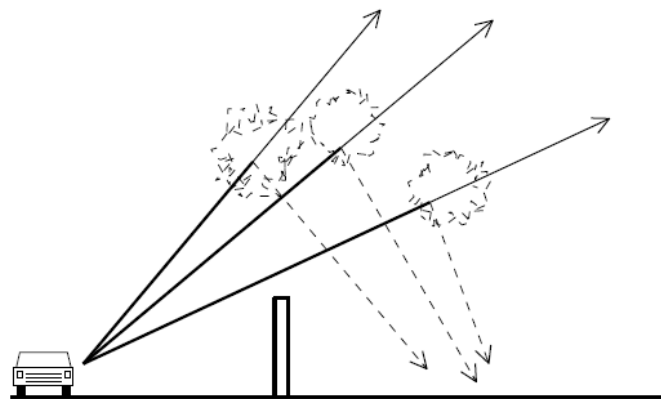
”lock” som inversionen bidrar till och reflekteras istället tillbaka mot marken. Ljud, som normalt inte hörs, kan därför vid vissa väderförhållanden höras på långa avstånd (Åberg, 2013).



Figur 7. Olika temperaturgradienter ger olika böjning av ljudvågorna. Med avtagande temperatur på höjd sprids ljudet uppåt (figuren till vänster). Med tilltagande temperatur på höjden böjs ljudet nedåt (figuren till höger). (Åberg, 2013)

*Turbulens* i luften kan också medföra en oväntad spridning av ljud. Vid turbulens ökar ljudhastigheten på vissa platser och minskar på andra. Dessa platser ändrar kontinuerligt position och ger upphov till att ljudvägen delas upp. Turbulensen fungerar ungefär som en samling slumpmässigt placerade reflektorer.

Detta medför att turbulens kan orsaka högre ljudtrycksnivåer i vanligtvis skyddade områden. Eftersom ljudet kan reflekteras ner enligt figur 8 genom detta fenomen, minskas den dämpande effekten från bullerskyddet (Andersson, Kropp, 2015B).



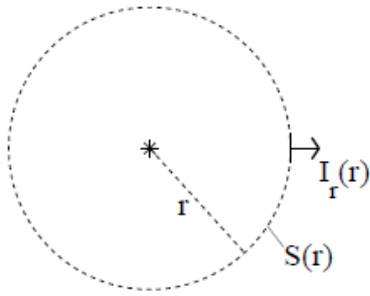
Figur 8. Turbulensen i luften fungerar ungefär som slumpmässigt positionerade reflektorer (Andersson, Kropp, 2015B)

#### 2.1.4 Ljudkällor

Ljudvågornas utbredning och dämpning uppför sig på olika sätt beroende på ljudkällans karaktär. En *punktkälla* med en sfärisk utbredning av ljudvågorna där ljudstyrkan är lika i alla riktningar kallas även *monopol*, se figur 9 (Andersson, Kropp, 2008A). En ensam bil på en väg kan modelleras som en punktkälla. Avståndsberoendet för ljudtrycksnivån från en punktkälla beskrivs enligt:

$$L_p = L_w - 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi r^2}{S_{ref}} \right) \quad (6)$$

där  $L_w$  är källans ljudeffekt,  $S_{ref} = 1m^2$  är referensytan och  $r$  är avståndet från ljudkällan. Detta medför att ljudtrycksnivån avtar med 6 dB per avståndsfördubbling från källan.

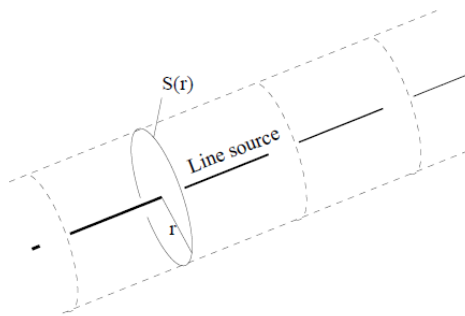


Figur 9. Punktkälla (monopol) med sfärisk yta  $S(r)$  och radiell intensitet  $I_r(r)$  vid avståndet  $r$  från källan (Andersson, Kropp, 2008A).

En *linjekälla* har, till skillnad från en punktkälla, en cylindrisk utbredning av ljudvågorna, se figur 10. En väg med biltrafik kan modelleras som en inkoherent linjekälla (punktkällor på en linje som alstrar ljud oberoende av varandra) och beskrivas enligt:

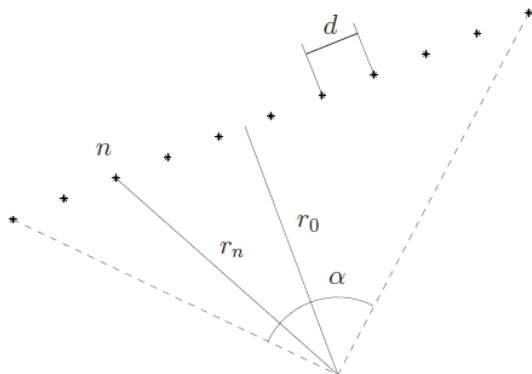
$$L_p \approx L'_w + 10 \log_{10} \left( \frac{r_{ref}}{4r_0} \right) + 10 \log_{10} \left( \frac{\alpha}{\pi} \right) \quad (7)$$

där  $L'_w$  är ljudeffektnivå per meter,  $r_{ref} = 1 \text{ m}$  är ett referensavstånd,  $r_0$  är det vinkelräta avståndet mellan mottagare och linjekälla och vinkeln  $\alpha$  beskriver vinkeln mellan väg och mottagare, vilket beskrivs nedan. Detta medför att ljudtrycksnivån avtar med 3 dB per avståndsfördubbling från källan.



Figur 10. Linjekälla och cylindrisk yta  $S(r)$  vid avståndet  $r$  (Andersson, Kropp, 2008A).

Oftast är endast en del av vägen synlig från mottagarens position (resten täcks normalt av byggnader). Vinkeln  $\alpha$  mellan de två linjer från mottagaren till ändarna av den synliga delen av vägen beskrivs såsom indikeras i figur 11.



Figur 11. Det minsta avståndet mellan mottagare och den inkoherenta linjekällan betecknas som  $r_0$ . Avståndet mellan källorna är  $d$  och avståndet från källan  $n$  till mottagarens position är  $r_n$ . Vinkeln  $\alpha$  definierar den totala vinkeln för vilken linjekällan är synlig (Andersson, Kropp, 2008A).

Vid beräkning av de riktvärden som finns angivna i regelverken för vägtrafikbuller används olika beräkningsmodeller. Ekvivalentnivån beräknas med linjekälla och maxnivån med punktkälla. Detta beror på att maxvärdet ses som en enskild händelse i form av en ensam bil, en punktkälla, medan ekvivalentnivån beräknas som medelvärdet av alla fordon över tid. Vägen ses då som en linjekälla (Andersson, Kropp, 2008A).

## 2.2 Buller

Buller är likt ogräs en subjektiv definitionsfråga. Fel ljud vid fel tillfälle, det vill säga oönskat ljud, definieras som buller, och således kan vilket ljud som helst räknas till buller beroende på vem det är som lyssnar.

### 2.2.1 Riktlinjer för bullernivåer vid bostäder

Idag styrs bullerriktvärdena för bostäder av Boverkets allmänna råd 2008:1. Dessa riktvärden för ljudtrycksnivåer i och kring bostäder används som utgångspunkt vid planering av nya bostadsfastigheter. Riktvärdena används vid både nybyggnation och betydande ombyggnationer. Följande huvudregler av riktvärden är framtagna av Boverket och antagna av riksdagen år 1997 (Boverket, 2008):

- 30 dB(A) dygnsekvivalent ljudtrycksnivå inomhus
- 45 dB(A) maximalnivå inomhus nattetid
- 55 dB(A) dygnsekvivalent ljudtrycksnivå utomhus (vid fasad)
- 70 dB(A) maximalnivå vid uteplats i anslutning till bostad

Samtliga riktvärden utomhus är definierade som frifältsvärden, exempelvis vid en fasad. Med frifältsvärde avses en ljudtrycksnivå som inte är påverkad av reflektioner i den egna fasaden. Om exempelvis mikrofonen placeras direkt mot fasaden på en byggnad erhålls ett värde som är +6 dB(A) högre än frifältsvärdet.

Från dessa absoluta nivåer kan det vara motiverat att, i vissa fall, göra avsteg från huvudregeln i de allmänna råden. I centrala delar av städer och större tätorter med bebyggelse av stadskaraktär, till exempel ordnad kvartersstruktur, ger regelverket möjlighet till en avvägning mellan kraven på ljudmiljön och andra intressen. Principer för intresseavvägning finns definierade i regelverket och ger möjlighet till olika stora avsteg från huvudregeln.

Följande principer gäller vid avsteg från huvudregeln då avvägningar ska göras mot andra allmänna intressen:

#### 55 – 60 dB(A)

Om den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån uppgår till 55-60 dB(A), alltså +5 dB över huvudregeln, kan nya bostäder byggas under förutsättning av en tyst sida (högst 45 dBA vid fasad), eller i vissa fall en ljuddämpad sida (45–50 dBA vid fasad), går att åstadkomma. Minst hälften av bostadsrummen, liksom uteplats, bör vara vända mot tyst eller ljuddämpad sida.

#### 60 – 65 dB(A)

För miljöer där den dygnsekvivalenta ljudtrycksnivån uppgår till 60-65 dB(A), alltså +10 dB över huvudregeln, kan nya bostäder tillåtas endast i vissa fall. Även här förutsätts att minst hälften av bostadsrummen samt uteplats är vänd mot tyst eller ljuddämpad sida.

#### >65 dB(A)

Även för nivåer över 65 dB(A) kan bostäder tillåtas om det finns synnerliga skäl att efter en avvägning gentemot andra allmänna intressen tillåta bostäder. I dessa speciellt bullerutsatta miljöer bör byggnaderna vara orienterade och utformade på ett sådant sätt att de vänder sig mot den tysta eller ljuddämpade sidan. Även vistelseytor, entréer och bostadsrum bör konsekvent orienteras mot den tysta eller ljuddämpade sidan.

### ***Den nya bullerförordningen***

Den nya regeringen har dock från den 1 juni 2015 bland annat höjt riktvärdet för små lägenheter, mindre än 35 kvadratmeter, från 55 dB(A) till 60 dB(A) ekvivalentnivå vid den exponerade sidan. Syftet med regelförändringarna är att underlätta bostadsbyggande och ska möjliggöra byggandet av fler små lägenheter för unga och studenter. Tidigare har rådande regler gjort det svårt att bygga enrumslägenheter på vissa platser. Små lägenheter byggs ofta med fönster åt bara ett håll och vetter de mot en trafikerad väg så har ibland regelverket satt stopp. Istället har större lägenheter byggts där en tyst sida mot innergården kunnat tillgodose kraven i regelverket, genom att de har varit genomgångslägenheter (Näringsdepartementet, 2015).

De nya reglerna är dock betydligt friare än så. Om byggnaden inte når upp till de nya kraven på den utsatta sidan krävs en *skyddad sida* där bullret högst får uppgå till 55 dB(A) ekvivalent ljudtrycksnivå som minst hälften av bostadsrummen är vända mot (Näringsdepartementet, 2015). Detta ska inte förväxlas med det tidigare kravet på *tyst sida*, alltså en sida med maximalt 45 dB(A) ekvivalentnivå, eller i vissa fall *ljuddämpad sida* (maximalt 50 dB(A)) (Boverket, 2008). Om kravet på en skyddad sida uppfylls finns inte längre något tak på den bullerutsatta fasadens ekvivalentnivå, enligt den nya förordningen. I det tidigare regelverket sågs en uteplats med god ljudkvalitet som en kompensation om riktvärdet överskreds på den utsatta fasaden. Även detta krav har tagits bort då bullerkraven för en uteplats nu endast tillämpas om en sådan faktiskt anordnas i anslutning till byggnaden.

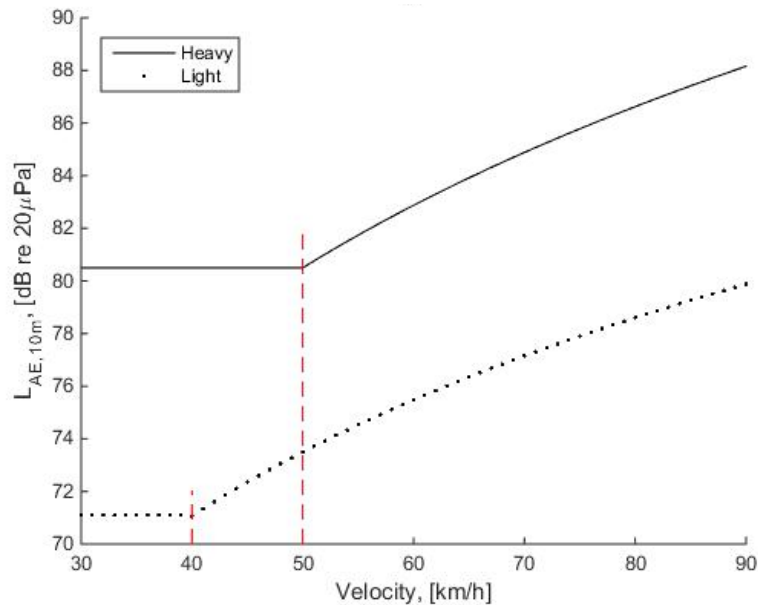
Förändringarna i regelverket kan vid första anblick tyckas små men följderna blir stora. Konsekvensen av förändringarna blir att det nu i princip inte finns något tak för bullernivåerna mot bostädernas fasad om en skyddad sida inrättas. Motkravet på att en uteplats med god ljudmiljö anordnas vid förhöjda bullernivåer är numera borttaget (Näringsdepartementet, 2015).

### **2.2.2 Beräkningsmodeller och vägtrafikbuller**

Det vägtrafikbuller som passerande fordon orsakar är främst kopplat till flöde, hastighet och fordonstyp. I den Nordiska beräkningsmodellen för vägtrafikbuller används dessa parametrar tillsammans med aktuellt avstånd från väg för att beräkna bullernivåer kring vägar och gator.

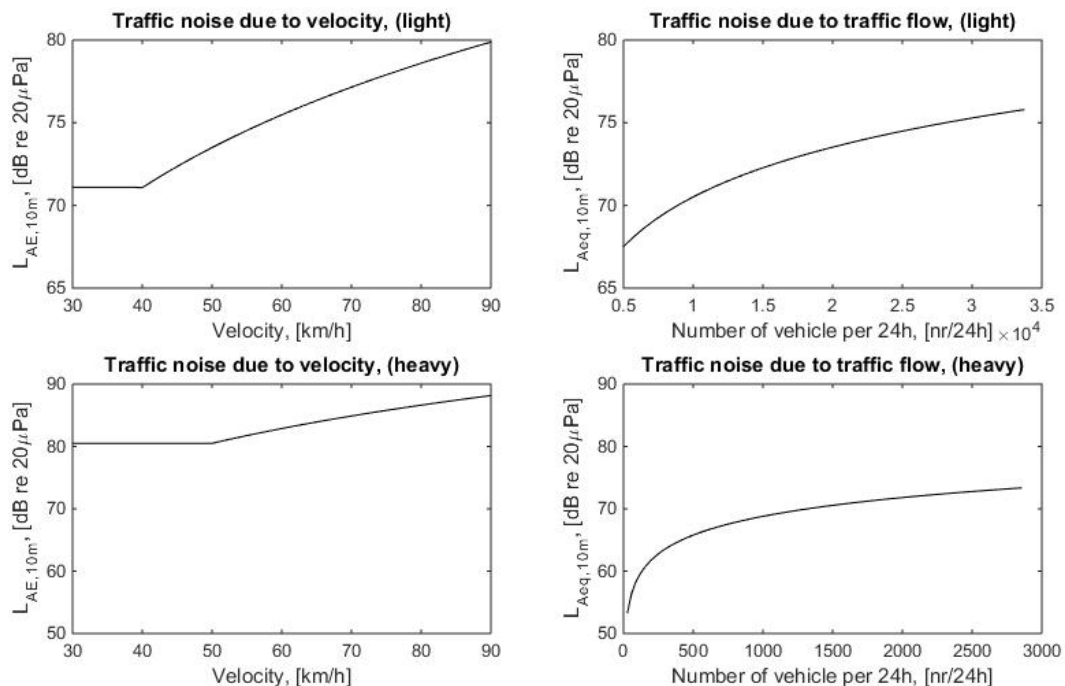
Enligt Boverket (2008) beräknas aktuella bullernivåer, vid exempelvis fasad, fram genom Nordiska beräkningsmodellen för vägtrafikbuller när ett nytt område eller nya bostäder planeras, istället för att mätningar görs på plats.

Beräkningsmodellen skiljer på lätta och tunga fordon. Med lätta fordon avses personbilar och andra fordon under 3.5 ton och med tunga avses lastbilar, bussar och andra fordon över 3.5 ton (Transportstyrelsen, 2015). De olika fordonstyperna har olika bullernivåer vid olika hastigheter vilket åskådliggörs i figur 12. Vid hastigheter under en viss gräns beräknas bullernivåerna som konstanta, enligt Nordiska beräkningsmodellen. Detta på grund av att den dominerande bullerkällan vid låga hastigheter är fordonets motor och drivlina, och vid högre hastigheter däckljudet, som ökar med ökad hastighet. Det finns ett nyare samband mellan hastighet och bullernivå, CNOSSOS-EU, mer om detta i avsnitt 2.4.1.1.



Figur 12. Ljudtrycksnivå för lätta respektive tunga fordon enligt Nordiska beräkningsmodellen.

Fordonens hastighet har större betydelse för bullernivån än flödet, både för lätta och tunga fordon. Skillnaden är dock mer markant för lätta fordon. I figur 13 kan som exempel ses att för lätta fordon minskar bullret ca 2.4 dB vid en hastighetssänkning på 20 % (från 90 km/h till 72 km/h). Om istället trafikflödet minskas med 20 % sänks endast bullernivån med cirka 0.6 dB.



Figur 13. Bullerberoende av hastighet och trafikflöde för lätta respektive tunga fordon enligt Nordiska beräkningsmodellen.

Nordtest Method är en mätstandard där en del utgörs av mätning på aktuell plats och den andra delen av beräkningar som har sitt ursprung i Nordiska beräkningsmodellen. Data som behövs är medelhastighet för lätta respektive tunga fordon och antal passager per fordonsslag per tidsenhet, både från statistiska data och fältobservationer. För att få rättvisande värden ska helst minst 30 passager av de båda fordonsslagen

finnas med i mätningen. Utöver nämnd information behövs den uppmätta ljudtrycksnivån på plats. Det uppmätta värdet korrigeras alltså med hjälp av Nordiska beräkningsmodellen för att få en årsekvivalent ljudtrycksnivå.

I Nordtest Method används notationen  $L_{AE}(10\text{ m})$  vilken syftar till den A-vägda ekvivalenta ljudtrycksnivån då avstånd mellan källa och ljudupptagare är 10 meter. Om avståndet skiljer sig från 10 meter behöver ljudtrycksnivån korrigeras så att uträknade och uppmätta nivåer slutligen kan vägas samman. Följande ekvation (för inkoherent linjekälla) har använts för att korrigera den utifrån hastigheter uträknade ljudtrycksnivån:

$$L_{AE,i,j} = L_{AE,i,j}(10\text{ m}) + 10\log_{10}\left(\frac{r_{ref}}{r}\right) \quad (8)$$

där  $i$  visar på om det är tunga eller lätta fordon,  $j$  är trafikens körriktning,  $r_{ref} = 10$  meter och  $r$  är det verkliga avståndet mellan ljudkälla och ljudupptagare.

Under ljudupptagning i fält räknas antal trafikslag i olika riktningar med tillhörande olika avstånd till ljudupptagaren. I ekvation 8 tas hänsyn till olika avstånd och i ekvation 9 adderas de båda riktningarnas ljudtrycksnivåer för en inkoherent linjekälla:

$$L_{AE,i} = 10\log_{10}(n_{i,j}10^{L_{AE,i,j}/10} + n_{i,k}10^{L_{AE,i,k}/10}) \quad (9)$$

där  $i$  visar på om det är tunga eller lätta fordon,  $j$  och  $k$  är olika körriktningar och  $n$  är andel trafikmängd i respektive körriktning.

## 2.3 Hälsoeffekter till följd av bullerexponering

För människor boende i stadsmiljö är buller ett dagligt inslag i vardagen och kanske något som de flesta inte reflekterar över eller ens lägger märke till, det bara finns där ständigt i bakgrunden. Buller har effekter på människokroppen och ju lägre bullerljudnivåerna kan hållas, desto mindre skadliga effekter blir det för oss människor.

Människor kan påverkas av ljud både positivt och negativt. Detta avsnitt kommer att behandla hur människor berörs av buller i vardagen, både fysiskt och psykiskt. Man kan påverkas rent fysiologiskt som nedsatt hörsel, sömnsvårigheter eller ha svårt att uppfatta tal. Det finns även risk att påverkas på mer lång sikt, till exempel att upplevd störning leder till ökad stress som bland annat kan leda till ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar. Hur och om en människa upplever en störning är individuellt. Olika faktorer spelar in, som tid på dygnet, ljudtrycksnivå, frekvens och vad det är för typ av ljud (till exempel trafik, musik, fågelkvitter) (Boverket, 2008).

Nedan beskrivs ett antal eventuella hälsoeffekter som kan uppstå till följd av utsättning för buller.

### 2.3.1 Sömnsvårigheter

Sömnstörning är en effekt av bullerexponering, det är både ett av de mest vanliga klagomålen för bullerutsatta (Eriksson, Nilsson, Pershagen, 2013) och även det som medför de mest allvarliga effekterna av bullerexponering (Ljudlandskap, 2008). En bra natts sömn är viktig för både den mentala och fysiska hälsan, framförallt får hjärnan tid att bearbeta och processa dagens alla intryck och gör oss redo för att möta en ny dag. Om sömnen är bristfällig och man störs under nattens gång kan det ge effekter dels på kort sikt för dagen efter som ökad trötthet, irritation och försämrad prestationsförmåga, men även i ett längre tidsperspektiv. Hörselsinnet är ständigt aktivt, även när vi sover, och detta gör att vakensystemet kan sättas igång vid plötsliga höga ljudtrycksnivåer (Eriksson, Nilsson, Pershagen, 2013). Från maximal ljudtrycksnivå  $L_{A,max} = 35$  dB(A) inomhus har ökning i blodtryck och hjärtfrekvens observerats och gränsen för totalt uppvaknande inträffar vid ungefär 42 dB(A) ( $L_{A,max}$  inomhus). Så buller kvälls-/natttid kan leda till svårigheter att somna, uppvaknanden och förändringar av sömndjupet samt ökade

stressnivåer i kroppen som på lång sikt kan leda till förhöjd risk för högt blodtryck och andra hjärt- och kärlsjukdomar. Detta påvisar flera, både internationella och svenska, studier (Ljudlandskap, 2008).

Som exempel på hur allvarliga effekter sömnstörning kan ge finns en fransk studie från år 2013 som visar på att ungefär 66 000 friska levnadsår varje år går förlorade i Paris storstadsområde som följd av bullerexponering. Sömnstörning som medverkar till ohälsa stod för knappt två tredjedelar av de förlorade levnadsåren (Mietlicki et al, 2013). Det väsentliga är inte antalet levnadsår som går till spillo utan att det är sömnstörning som står för en så stor del av dem. Om sovrummet är beläget mot en tyst sida (se avsnitt 2.4.2.2) av bostaden minskar riskerna för sömnstörning av buller, eftersom ljudtrycksnivåer där är lägre.

### **2.3.2 Hörselskada**

Hörselskador som till exempel hörselnedsättning och tinnitus kan orsakas av buller. Viktiga faktorer är ljudets styrka och varaktighet. Man kan få hörselskador av plötsliga höga ljudtrycksnivåer, men också av lägre nivåer om utsatt under lång tid (Folkhälsomyndigheten, 2013). Om bullret inte har varit för ljudstarkt eller pågått för länge kan hörseln återhämta sig. Det som sker i örat är att ljudvågorna förändrar innerörats hårceller, men om skadan är för omfattande kan den vara irreparabel (Hörsellinjen, 2015). Därför är det viktigt med tysta avbrott i vardagen, speciellt om man kontinuerligt utsätts för bullriga miljöer.

En hörselnedsättning till följd av buller påverkar främst hörselförmågan vid höga frekvenser, men kan också drabba hörseln vid låga frekvenser om bullerexponeringen varit långvarig. Det gör det ofta svårt att uppfatta vardagligt tal, speciellt i miljöer med mycket annat omgivande ljud. Personer med hörselskada upplever därför ofta mer störning av buller än människor med normal hörsel (Folkhälsomyndigheten, 2013).

### **2.3.3 Stress**

Buller kan påverka stressnivån i kroppen, om och hur mycket det påverkar är individuellt. Buller definieras som tidigare nämnts som oönskat ljud, och är således subjektivt. Ljud som upplevs som störande och stressande för en människa kanske inte gör det för en annan.

Vissa människor är mer ljudkänsliga än andra och uppvisar ofta starkare stressreaktioner på buller. Ljudkänslighet ses inom psykologin som en personlighetsegenskap och kan både ha genetiska och psykosociala orsaker. Det behöver inte betyda känsligare hörsel utan istället en större påverkan av yttre stimuli och mer problem med att stänga ute distraktioner. Om stress redan upplevs är det större risk att denna känsla förstärks av buller än om känslan från början var lugn och avslappnad (Tideström, 2012).

Havsvågor och vägtrafikbuller kan låta likt varandra, blandade frekvenser med ett rytmiskt mönster, men uppfattas av de flesta totalt annorlunda. Vägtrafikbuller kan bidra till ökad stress och irritation medan havsvågor för många uppfattas som lugnande och återhämtande. Vad vi har för relation till ljudkällan, positiv eller negativ, snarare än ljudtrycksnivån och frekvensinnehållet, har inverkan på huruvida vi blir stressade eller ej av ljudet som når våra öron (Asker, 2011).

En ökad stressnivå i kroppen kan leda till hjärt- kärlsjukdomar.

### **2.3.4 Hjärt- kärlsjukdomar**

Idag är den vanligaste dödsorsaken i Sverige hjärt- och kärlsjukdomar (Hjärt-lungfonden, 2014). Att bli utsatt för buller kan vara stressande och kraftiga ljud kan leda till bland annat höjt blodtryck, ökad hjärtfrekvens och slagvolym samt att stresshormoner frisätts. Ett vanligt stresshormon är kortisol, som utsöndras till blodet vid stress. En tillfällig höjning av kortisolnivån i blodet stärker immunförsvaret, men om höjningen är långvarig, som exempelvis vid varaktig bullerexponering, försämras istället immunförsvaret, samtidigt som blodtrycket höjs (Selander, 2014).

Enligt Göran Pershagen, professor i miljömedicin vid Karolinska Institutet, har de senaste årens forskning gett ett allt starkare underlag för att buller ger allvarlig negativ påverkan på hjärt-kärlsystemet, framförallt

höjning av blodtrycket men också högre risk för hjärtinfarkt. Pershagen uttrycker sig att det är olyckligt med mer tillåtande bullerrestriktioner, speciellt när forskningen pekar allt tydligare på negativa hälsoeffekter av buller (TV4 Nyhetsmorgon, 2014).

### 2.3.5 Försämrad uppmärksamhet, koncentrations- och prestationsförmåga

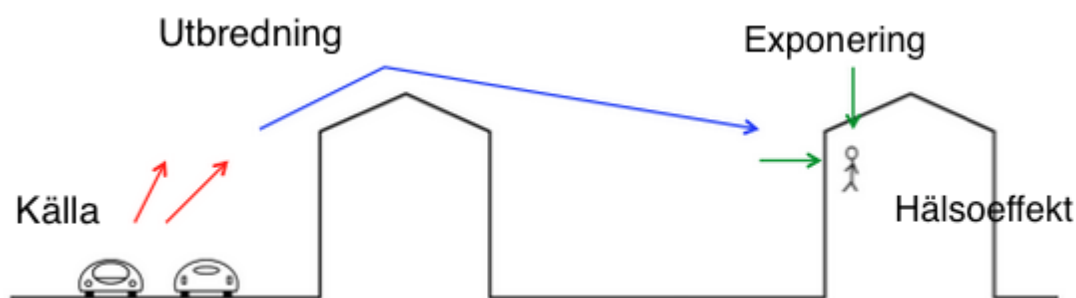
Buller är distraherande och tröttande, det är svårare att bibehålla sin koncentrationsförmåga i en bullrig än en tyst miljö, därav sänks både uppmärksamheten och prestationsförmågan (Folkhälsomyndigheten, 2013). Plötsliga ljud kan leda till störningar och avbrott i tankeverksamheten. Andra förmågor som buller påverkar negativt är bland annat problemlösnings- och minnesförmågan (Malmö stad, 2015). Nedsatt uppmärksamhet och prestationsförmåga kan också, som tidigare nämnts, uppstå till följd av dålig sömn som i sin tur uppstått av bullerexponering i hemmet.

## 2.4 Bulleråtgärder

Det ställs stora krav på samhället idag inom många olika områden. Fler och fler människor vill bosätta sig i tätorter (Fransson, 2015) och det medför att staden måste förtätas och fler bostäder byggas. I samhället ska det mesta gå så effektivt och snabbt som möjligt, vilket i sin tur medför mer buller från trafik (Törsäter, 2000). Trots att många är positiva till ökat byggande och förtätning av stadsmiljön så är det en stor andel av befolkningen som är oroade över buller och ökad ljudtrycksnivå som en följd av byggnationen (Fransson, 2015).

Flertalet av medborgarna utsätts för höga ljudtrycksnivåer, både i sina hem och arbetsplatser och för vissa är dessa nivåer högt över de värden som anses vara hälsosamma och tillåtna. Det resulterar i att fler människor störs och hälsoeffekterna, så som sömnstörningar, talstörningar och stress som följd av bullerexponeringen, blir allvarigare (Forssén, Gidlöf-Gunnarsson, Öhrström, 2012).

Med den teknik och kunskap som finns idag kan buller reduceras till en mer behaglig och önskvärd nivå. Sänkningarna kan göras i olika skeden av bullerförloppet, som skeendet från källan till påverkan hos människan brukar kallas. Mer exakt delas bullerförloppet upp i *källa, utbredning, exponering och hälsoeffekt*, se figur 14. Källan är där bullret uppstår, exempelvis fordon på en trafikerad väg. Därefter sker utbredningen av ljudvågorna genom luften och den följs sedan av en exponering som kanske påverkar mottagaren negativt med dess olika hälsoeffekter.



Figur 14. Bullerförloppet - hur bullret sprider sig och påverkar oss människor (Ögren, 2015).

Det är mest effektivt att försöka minska bullret vid *källan*. Detta på grund av att det är mest optimalt eftersom det är därifrån bullret kommer. Vanligast är dock att åtgärder görs för att minska utbredningen av bullret. Om det inte går att minska ljudeffekten från *källan* eller minska *utbredningen* tillräckligt mycket, bör istället åtgärder som skyddar mottagaren från *exponering* vidtas.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mikael Ögren (Akustiker, Göteborgs Universitet), Föreläsning 2015-02-11.

## 2.4.1 Trafikrelaterade bulleråtgärder

I Göteborg kommer det dominerande bullerljudet från trafiken, som i de flesta delar av Sverige. Ljudet kommer från flertalet olika källor såsom flyg-, båt-, buss-, spårvagns-, lastbils- och biltrafik (Göteborgs Stad, 2015). I de typer av områden och vägar som denna rapport behandlar kommer endast hänsyn tas till vägtrafik, det vill säga buss-, bil- och lastbilstrafik.

Buller som trafiken skapar kommer dels från fordons motorer och kraftöverföring, dels från kontakten mellan däck och väg. Vilken av dem som dominerar beror på hastigheten som fordonet har. Vid höga hastigheter dominerar vindbruset och kontakten mellan däck och väg. Vid låga hastigheter dominerar istället motorljudet, fläkten/insuget, avgassystemet och växellådan. För personbilar brukar gränsen mellan vilken faktor som dominerar gå vid 30-50 km/h och för tunga fordon 50-70 km/h (Boverket, 2008). Något som är viktigt att tillägga är att bullret som uppstår från fordon har ett starkt samband med körstilen hos föraren. En förare som kör med relativt jämn hastighet alstrar mindre buller än en förare med ojämn och oförutsägbar körstil, med många inbromsningar och accelerationsmoment (Hallberg, 2011).

### 2.4.1.1 Hastighetssänkning som bulleråtgärd

Trafikflödet med dess hastighet är en stor faktor till vägens omgivande bullernivå. Att sänka den verkliga hastigheten på en gata eller i ett område medför färre inbromsningar, accelerationer och därmed jämnare och säkrare körning. Det resulterar i att bullret från motorn och kontakten mellan väg och däck minskar. Totalt resulterar detta inte bara i att bullret som trafiken skapar reduceras, även utsläpp av luftföroreningar och partiklar minskar. En sänkning av hastigheten på många bullerdrabbade vägar och områden är därför, beroende på ursprungshastigheten och sänkningens storlek, en förhållandevis billig, enkel och teoretiskt effektiv åtgärd till bullerproblem som finns idag. Både för att minska bullret, men också halten av luftföroreningar (Trafikverket, 2015).

Tabell 1 visar hur den ekvivalenta och maximala ljudtrycksnivån förändras med hastighetssänkningar om 10 km/h med en början på 90 km/h. Som tabellen visar så kan en hastighetssänkning med 10 km/h medföra en sänkning av den ekvivalenta bullernivån på uppemot 2.4 dBA beroende på hur trafiken ser ut.

Tabell 1. Inverkan av hastighetssänkning på ljudtrycksnivån utomhus enligt Nordiska beräkningsmodellen. (Tunga fordon förutsätts köra i max 80 km/h)

Hastighets- sänkning km/tim	Korrektion för ekvivalent ljudnivå (dBA)			Korrektion för maximal ljudnivå (dBA)		
	10 % tunga fordon	5 % tunga fordon	Inga tunga fordon	10 % tunga fordon	5 % tunga fordon	Inga tunga fordon
90 → 80	-0,8	-1,0	-1,3	0	0	-1,1
80 → 70	-1,5	-1,5	-1,5	-1,0	-1,0	-1,3
70 → 60	-1,8	-1,8	-1,6	-1,1	-1,1	-1,5
60 → 50	-2,2	-2,0	-2,0	-1,2	-1,2	-1,8
50 → 40	-1,4	-1,8	-2,4	0	0	-2,3
40 → 30	0	0	0	0	0	-2,9

Det framgår även från tabellen att hastighetssänkningar från 40 km/h och lägre inte ger någon avsevärd bullerminskning. Anledningen till detta är att det är motorljudet som dominerar över däck- och vägkontakten och vid dessa låga hastigheter hålls motorljudet relativt konstant. (Vägverket, Sveriges kommuner och landsting, 2008).

Viktigt att påpeka är att denna tabell utgår från den Nordiska beräkningsmodellen som togs fram på 90-talet, det vill säga baserat på äldre fordon som inte har samma teknik som idag.

CNOSSOS- EU är en gemensam modell för bullerkartläggning inom Europakommissionen enligt direktivet om omgivningsbuller och togs fram 2009-2012 (Europakommissionen, 2012). Den baseras på fordon med nyare teknik än den Nordiska beräkningsmodellen. Till skillnad från den tidigare modellen, där sänkningar under 40 km/h för trafik med både lätta och tunga fordon inte gav någon bullersänkning, ses i tabell 2 att bullersänkningar även sker vid hastigheter lägre än 40 km/h enligt CNOSSOS-EU.

Som ses i tabell 2, kan sänkningar från 40 km/h till 30 km/h för trafik med 5 % tunga fordon, medföra en bullersänkning på cirka 2.4 dB(A). En sänkning på 2.2 dB(A) om man sänker hastigheten från 30 km/h till 20 km/h.

Tabell 2. Inverkan av hastighetssänkning, km/h, på ljudtrycksnivån utomhus enligt CNOSSOS-EU (Forssén, 2015).

		lätta	tunga	5% tunga
från	till	sänkning i dBA		
20	10	2,4	0,9	1,6
30	20	3,1	1,1	2,2
40	30	3,1	1,2	2,4
50	40	2,8	1,3	2,4
60	50	2,4	1,3	2,2
70	60	2,1	1,3	2,0
80	70	1,9	1,3	1,8
90	80	1,7	1,2	1,6

#### 2.4.1.2 Trafikflödesförändringar som åtgärd

Genom att minska antalet fordon på en väg eller genom att inte tillåta all trafik under vissa delar av dygnet, är det möjligt att sänka bullernivåerna. Om antalet fordon minskas med 10 % leder det till en sänkning på 0.5 dB(A) av den ekvivalenta bullernivån, medan en halvering av antalet fordon resulterar i en sänkning på 3 dB(A) (Hallberg, 2011). En ljudförändring med 3 dB(A) upplevs som precis märkbar, medan en förändring på ungefär 8-10 dB(A) upplevs som en fördubbling/halvering av ljudet (Länsstyrelsen, 2007A). Detta gäller för frekvenser omkring 1000 Hz, för andra frekvenser kan nivåförändringen upplevas annorlunda<sup>2</sup>.

#### 2.4.2 Gatumiljörelaterade bulleråtgärder

Allt eftersom städer har växande tillgång till kommunikationer, god infrastruktur och arbetstillfällen så medför det att det blir mer attraktivt att bo i de områdena. Det leder till ett behov av att skapa mer bostäder. Det som är viktigt att ta hänsyn till vid byggnationen är att det ofta behövs bulleråtgärder för skydda området från oönskat ljud. En väsentlig aspekt av bulleråtgärderna är bland annat kvartersutformning och gatuutformning som har en betydelse för hur bland annat bullret upplevs och sprider sig (Länsstyrelsen, 2007B).

##### 2.4.2.1 Tyst asfalt som bulleråtgärd

En av de dominerande bullerkällorna vid hastigheter över 40 km/h är kontakten mellan däck och vägbeläggning (Stockholms stad, 2015). Den tysta asfalten är en beläggning av asfalt som har högre porositet relativt en konventionell asfalt. Den högre porositeten uppkommer genom att asfalten inte är lika kompakt packad som den vanliga asfalten, det kan bland annat uppnås genom att blanda in stenar av olika storlekar i olika delar av asfalten. Med två lager av tyst asfalt uppnås den bäst önskade bullerreduktionen. Det översta lagret fungerar som ett filter och är cirka 30 millimeter tjockt. Det består av mindre stenar medan det undre lagret består av större stenar. Denna hålrumstruktur som bildas tar upp mer ljud än vad en vanlig asfalt gör.

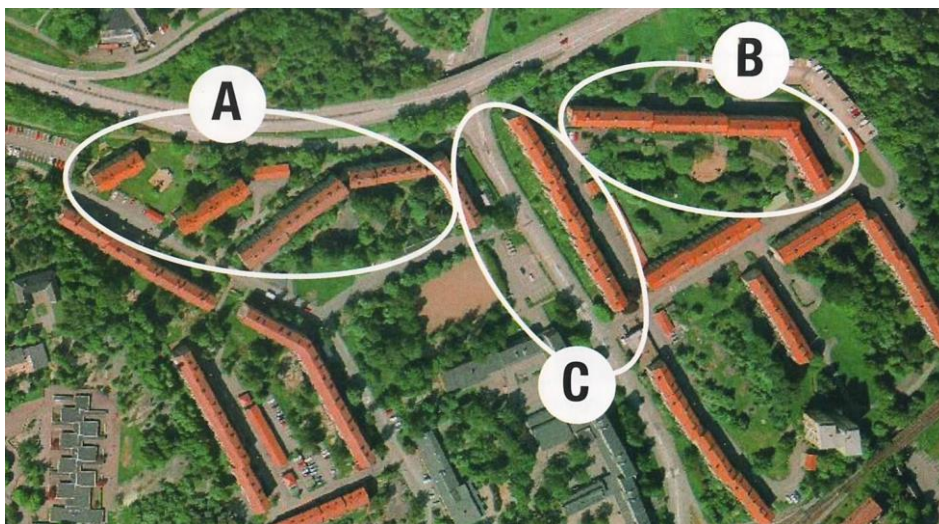
<sup>2</sup> Jens Forssén (Docent, Teknisk akustik, Chalmers tekniska högskola). Samtal 2015-05-06.

Vägbuller kan med en typ av tyst asfalt minskas med upp till 9 dB(A). Det kan, som tidigare nämnts, upplevas som en halvering av bullernivån. Reduceringen av bullret är inte den enda positiva effekten utav tyst asfalt utan den bidrar även till mindre buller inuti fordonen, färre partiklar i luften (då dessa samlas i hålrummen i asfalten), minskad bränsleförbrukning samt bättre dränering som medför mindre risk för vattenplaning (Helmersson, 2015).

Det finns många bra förutsättningar för att tyst asfalt kan användas och hjälpa till att sänka bullernivåerna. Dock finns det faktorer som gör att den ännu inte används i så stor utsträckning i Sverige. Att den tysta asfalten är dyrare än en vanlig asfalt och att den slits ned snabbare är de främsta anledningarna till varför man inte valt att använda denna typ av asfalt att satsa på i dagsläget i Sverige. I jämförelse med vanlig asfalt som måste bytas ut efter 10-12 år, måste den tysta asfalten bytas efter cirka 5 år. En annan nackdel med tyst asfalt är att hålen i asfalten lätt täpps igen av sand och partiklar, vilket medför att den bullerdämpande effekten minskar. För att detta inte ska ske krävs kontinuerligt underhåll (Rabe, 2010).

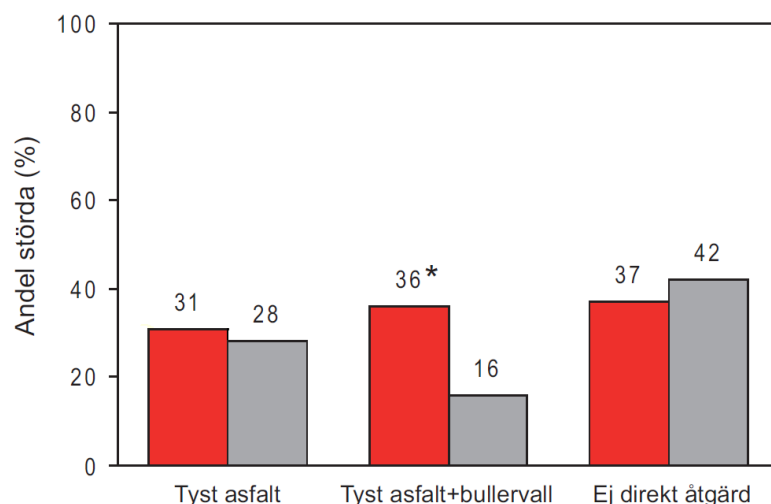
### **Studie på tyst asfalt i Högsbo**

I stadsdelen Högsbo i Göteborg finns det en trafikled, Högsboleden, belägen i området som orsakar många bullerutsatta fastigheter. I figur 15 visas olika utsatta fastigheter i området kring Högsboleden. Det har utförts olika åtgärder för att minska ljudtrycksnivån vid fastigheterna och tre olika områden har studerats. Vid första området (A), har endast tyst asfalt lagts. Ljudtrycksnivån innan åtgärden med tyst asfalt låg vid 66-71 dB och efter åtgärden mättes en ljudtrycksnivå som var 5 dB lägre än tidigare. Vid andra området (B), har tyst asfalt lagts och en jordvall byggts som ska skydda bostäderna från bullret. Innan åtgärderna mättes en ljudtrycksnivå upp till cirka 66 dB och efter åtgärderna var ljudtrycksnivån 6 dB lägre än tidigare. Området (C) är inte lika utsatt för ljudet och bullret från Högsboleden som områdena (A) och (B) och inga åtgärder har genomförts vid dessa fastigheter. Ljudtrycksnivån som mättes upp vid område (C) varierar mellan 58 och 61 dB. Samtliga ljudtrycksnivåer är dygnsekvivalenta.



Figur 15. Högsboleden med fastigheter utsatta för buller och ljud (Ljudlandskap, 2010).

För att kontrollera effekterna av de olika åtgärderna skickades enkäter ut i september 2005, innan åtgärderna, och sedan i september 2007, efter åtgärderna genomförts. Resultatet av enkäterna redovisas i figur 16.



Figur 16. Figuren visar resultatet från enkätundersökningen om antalet störda av ljud och buller innan (röda staplar) och efter (gråa staplar) åtgärderna. (\* = statistiskt säkerställd skillnad) (Ljudlandskap, 2010).

Resultatet visar att de boende i område (A), där den tysta asfalten lagts, ej har upplevt åtgärden speciellt effektiv då det bara är 3 % färre som upplever sig störda jämfört med innan åtgärderna. Resultatet visar även att de i område (B), där tyst asfalt tillsammans med bullervall använts som åtgärd, upplevt en förbättring och det är mer än hälften som inte längre blir störda av ljud och buller. I område (C) där ingen direkt åtgärd genomförts, visar resultatet att 5 % fler störs då den andra enkäten skickats ut, jämfört med den första (Gustafson, 2010).

#### 2.4.2.2 Gatu- och kvartersutformning som bulleråtgärd

En åtgärd man kan vidta för att minska exponeringen av buller är att bygga bostäder med tysta sidor och innergårdar. Med denna typ av åtgärd kan många exponeringsföljder minskas och i bästa fall undvikas, till exempel genom att sovrummet förläggs mot den tysta sidan. Enligt undersökningar har det visats att boende i lägenheter med en tyst sida är andelen som störs av trafikbuller 20 % mindre än de som inte har tillgång till tyst sida (Länsstyrelsen, 2007A).

Tyst sida definieras av Boverket (2004) som: ”Tyst sida i urban bostadsbebyggelse är en sida med en dygnsekvivalent ljudtrycksnivå som är lägre än 45 dBA (frifältsvärde, med sambandet + 3 dB två meter från fasad och +6 dB intill fasad) som en totalnivå från trafik, fläktar och liknande och i förekommande fall industri. Den tysta sidan bör därutöver vara visuellt och akustiskt attraktiv att vistas på.”

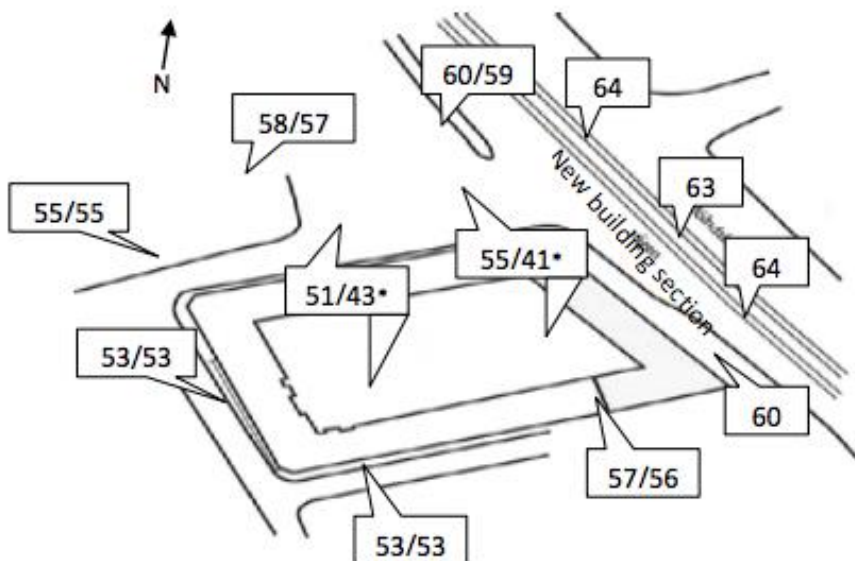
##### Studie på tyst sida vid Mölndalsvägen

Anita Gidlöf-Gunnarsson, Evy Öhrström och Jens Forssén utförde 2012 en undersökning om hur tysta sidor påverkar den allmänna upplevda störningen och hur den påverkar sömnstörningen, med eller utan öppet fönster, på ett byggnadsprojekt vid Mölndalsvägen - “The effect of creating a quiet side on annoyance and sleep disturbances due to road traffic noise”. Figur 17 visar området som undersöktes, innan och efter en ombyggnation skedde.



Figur 17. Bostadsområdet innan respektive efter ombyggnationen (Forssén, Gidlöf-Gunnarsson, Öhrström, 2012).

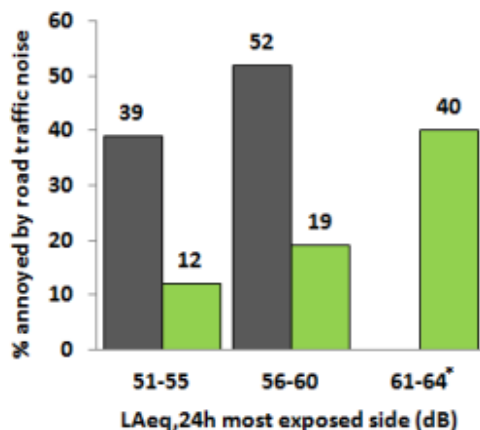
Figur 18 visar de olika bullernivåerna som förekommer i området, i och runt omkring bostaden, före och efter ombyggnationen.



Figur 18. De olika förekommande bullernivåerna i dB(A) i och runt omkring området, före/efter byggnationen (Forssén, Gidlöf-Gunnarsson, Öhrström, 2012).

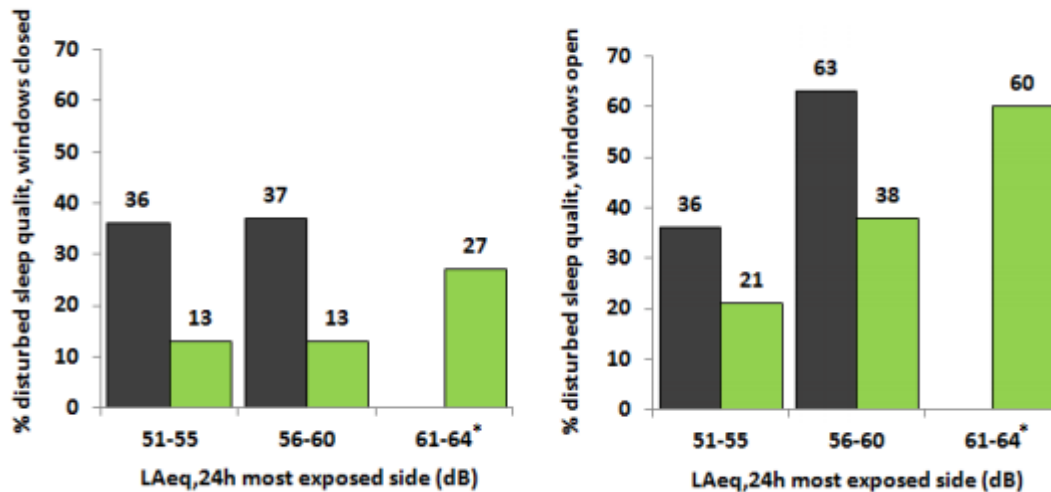
Undersökningen gjordes utifrån tre olika ljudtrycksnivåer, 51-55 dB(A), 56-60 dB(A) och 61-64 dB(A), beroende på var i området man bodde. Resultatet av undersökningen syns nedan i figur 19 och 20. Värt att nämna är att buller från en ventilationskälla, belägen på ett av de äldre hustaken, blev en stor bidragande källa till buller (istället för trafikbullret som tidigare var problemet) efter uppförandet av det nya huset.

I figur 19 visas andelen personer som känt sig allmänt störda av trafikbullret i förhållande till ljudtrycksnivån (frifältsvärde). Svarta pelare är före byggnationen (utan tyst sida) och gröna pelare är när byggnationen var klar (med tyst sida). Ljudtrycksnivån 61-64 dB förekom endast längs med Mölndalsvägen och därmed utsattes enbart de människor som var nyinflyttade i den nya byggnaden för dessa nivåer. Vid denna ljudtrycksnivå bestod därför de svarande av människor som bodde i den nya byggnaden, alltså efter ombyggnationen skett.



Figur 19. Andelen människor som blivit allmänt störda av trafikbuller innan respektive efter byggnationen (Forssén, Gidlöf-Gunnarsson, Öhrström, 2012).

I figur 20 visas andelen personer som får försämrad sömnkvalitet av trafikbullret i förhållande till ljudtrycksnivån (frifältsvärde). Det vänstra diagrammet är med stängda sovrumsfönster och det högra med öppna sovrumsfönster. Svarta pelare är före byggnationen (utan tyst sida) och gröna pelare är när byggnationen var klar (med tyst sida). Som ovan, består andelen svarande vid ljudtrycksnivån 61-64 dB enbart av människor som bodde i den nya byggnaden efter ombyggnationen.



Figur 20. Andelen människor som fått försämrad sömnkvalitet av trafikbullret, med stängt fönster respektive med öppet fönster, innan respektive efter ombyggnationen (Forssén, Gidlöf-Gunnarsson, Öhrström, 2012).

Som visas av denna undersökning är det en betydligt mindre andel människor som störs av trafikbuller om det finns tillgång till tyst sida, trots bullret från ventilationskällan. Att ha tillgång en tyst sida med en ljudtrycksnivå på max 45 dB(A) är därför en tillämpningsbar åtgärd som ger positiva resultat (Forssén, Gidlöf-Gunnarsson, Öhrström 2012).

### 2.4.2.3 Tyst sida genom slutna kvarter

Ett sätt att gå tillväga för att få tillgång till tyst sida är att bygga så kallade slutna kvarter eller slutna kvartersbebyggelse. Det innebär, om alla lägenheter är genomgångslägenheter, att alla boende har tillgång till tyst sida, den som vetter mot innergården om ljudtrycksnivån där understiger 45 dB(A).

Slutna kvarter är en vanlig innerstadsbebyggelse och i Göteborg finns den representerad i många områden, exempelvis Linné. Albert Lilienberg var förste stadsingenjör i Göteborg under 20 år i början av 1900-talet och åstadkom mycket för Göteborg som stad under sin anställning. Han planerade för slutna kvartersbebyggelse i både Johanneberg och Källtorp, men dessa planer revs senare upp innan de hade hunnit bli genomförda. Detta till förmån för lamellhus, planer föreslagna av efterkommande stadsingenjör Uno Åhrén<sup>3</sup>. På 1930-talet var tuberkulos den vanligaste dödsorsaken i Sverige (Nestor, 2014), och man trodde att sjukdomen kunde lindras med ljusare och luftigare bostäder, som åstadkoms av exempelvis lamellhus. Detta gjorde att planerna ändrades och kvarteren öppnades upp, något man kan se i många bostadsområden mellan stadskärna och villaförorter (Björk, Nordling och Reppen, 2012). På den tiden var det mindre vägtrafik och man hade andra prioriteringar och preferenser än idag som gjorde att man valde bort slutna kvartersstruktur. Idag är slutna kvarter att föredra med hänsyn till vägtrafikbuller.

<sup>3</sup> Claes Caldenby (Professor emeritus, Arkitektur, Chalmers tekniska högskola), föreläsning 2015-02-16.

### 3 Fältmätningar och resultat

Det genomfördes totalt fyra mätningar, med en mättid på 20 minuter på vardera gata. Mätningarna ägde rum i mars och april 2015. Anledningen till att de olika mätningarna utförts under ett längre spann är att det krävs bra väderförhållanden för att mätningen ska bli så optimal som möjligt, vilket gjorde att mätningarna inte kunde genomföras under samma vecka. Med bra väderförhållanden menas torr vägbanan, ingen nederbörd, gärna sol och torr luft.

Mätningarna på Guldhedsgatan och Dr Allards gata ägde rum den 11 mars 2015, kl. 13.00 och 14.00. Vädret var soligt med en utomhustemperatur kring 6°C och vägbanan var torr. På grund av att mätningen utfördes i början av mars, förekom det dubbdäck på de flesta fordon.

Mätningen på Linnégatan genomfördes den 8 april 2015, mellan kl. 9.00–9.30. Väderförhållandena denna dag var torrt och soligt, med en ungefärlig temperatur på 10°C. Eftersom dubbdäcksförbudet börjar i mitten av april, förekom det troligtvis endast ett fåtal fordon med dubbdäck.

På Nordhemsgatan utfördes mätningen den 28 april cirka kl. 10.00. Vädret den här dagen var liksom de andra mätningdagarna soligt och torrt, med en temperatur på 11°C. Inga dubbdäck förekom då mätningarna skedde efter dubbförbudet börjat.

Tabell 3 och 4 visar data från de olika mätningarna och tabell 5 visar den ekvivalenta ljudtrycksnivån för de olika gatorna.

#### *Hur mätningarna genomfördes*

Först placerades mikrofonen på ett stativ vid sidan om den aktuella gatan, vid Linnégatan mot fasad och vid de övriga gatorna vid en möjlig framtida fasad. Detta medför att avståndet mellan vägmitt och mikrofon varierar för de utvalda gatorna. Avståndet samt höjd på mikrofonen mättes och antecknades. En i gruppen skötte ljudupptagaren, Investigator, och såg till att inget spårvagnsbuller eller andra obehöriga och plötsliga oförutsägbara ljud upptogs av mikrofonen. Övriga skötte räkningen av tunga och lätta fordon i respektive körriktning. Efter genomförd mätning mättes en sträcka upp längs gatan och tid togs på passerande fordon för att kunna uppskatta en medelhastighet.

### 3.1 Undersökta gatumiljöer

Följande beskrivningar av gatumiljöerna är delvis baserade på egna intryck och observationer. Beskrivningarna är till för att ge en bild av hur typområdena är uppbyggda, vad det är för typ av trafik och dagliga aktiviteter samt hur gatorna är utformade.

#### 3.1.1 Linnégatan – från Järntorget i norr till Linnéplatsen vid Slottsskogen i söder

Linnégatan är en livfull gata och promenadstråk med bland annat butiker, restauranger, caféer och trafikeras av olika trafikslag som bil, buss, spårvagn, cyklister och fotgängare. Gatan är bred med spårvagnsspåren centrerade i vägen, där även stadsbussarna kör. Som figur 21 visar är bilarnas körfält belägna utanför spårområdet på vardera sida, trottoarer finns för fotgängare på båda sidor av vägen medan cyklister får hålla sig på den västra trottoaren. Gatan har ett attraktivt läge i staden med närhet till både den välbesökta stadsdelen Haga och Slottsskogsparken, dit många går för att till exempel umgås, träna, njuta av naturen och för rekreation.

Linnégatan anlades i slutet på 1800-talet och i mitten av 1890-talet började gatan att bebyggas. Från början var gatan utformad som en aveny med förgårdar, och bostadshusen var ståtliga med mycket detaljer, mönster och torn (Caldenby, Linde Bjur och Ohlsson, 2006). Dessa förgårdar fungerar nuförtiden som uteserveringar för de många restauranger som ligger utmed Linnégatan.

Enligt Stadsbyggnadskontoret (2008) har trafiken på Linnégatan halverats från 1996 till 2008 och detta kan ha bidragit till en trevligare, lugnare, mer besöksvänlig och tystare gata. Hastighetsbegränsningen är

50 km/h men enligt gjorda mätningar samt statistik från Stadsbyggnadskontoret håller de flesta fordon en hastighet på 20-30 km/h, antagligen på grund av gatans utformning och passerande fotgängare över övergångsställen.



Figur 21. Mätning pågår vid Linnégatan, bild tagen i norrgående riktning.

### 3.1.2 Nordhemsgatan – från Järntorgsmotet i norr till Nordenskiöldsgatan i söder

Nordhemsgatan är en asfalterad parallellgata till Linnégatan. Den är relativt smal med ett körfält i vardera riktning utan mittmarkering i gatan. På vardera sida finns en trottoar avsedd för fotgängare men ingen utmarkerad cykelbana finns. Längs med gatan, som figur 22 visar, finns bilar parkerade och husens fasader ligger tätt intill vägen.

Byggnaderna utmed Nordhemsgatan utgörs mestadels av bostäder och nästan alla fasader är av tegel. I början av vägen, mot Järntorget vid Långgatorna, ligger ett antal restauranger och uteställen, vilket kan medföra en risk för höga ljudnivåer nattetid. Runt Hagabion finns små butiker som frisör, blomsteraffär, tatueringstudio, skomakeri och färgaffär. Vid slutet av gatan ligger Nordhemsskolan uppe på ett krön, med tillhörande backar med förhållandevis stor lutning.

Rekommenderad hastighet är 30 km/h utanför skolan, annars gäller 50 km/h. Den branta backen i kombination med låg hastighet och dessutom parkerade bilar utmed vägen gör nog att många väljer att köra en annan väg om man inte har något ärende på gatan. Nordhemsgatan verkar inte vara någon genomfartsväg.



Figur 22, Nordhemsgatan i riktning söderut, med Hagabions parkering till vänster.

### 3.1.3 Guldhedsgatan - från hållplats Chalmers till hållplats Sahlgrenska

Guldhedsgatan är en bred väg med spårvagnsräls i mitten och två körfält i vardera riktning vid sidan om, som kan ses i figur 23. På respektive sida av vägen finns det trottoarer med plats för fotgängare och på ena sidan finns även utrymme för cyklister.

Hastighetsbegränsningen är 50 km/h, men eftersom gatan är bred och man som bilförare har mycket plats så hålls antagligen ofta en högre hastighet än den skyltade, vilket leder till ökade trafikbullernivåer. Utanför Sahlgrenska sjukhuset är hastigheten 30 km/h. Från hållplats Medicinaregatan till Wavrinskys plats fungerar vägen som en barriär då det finns ett stängsel mellan spårvagnsrälsarna, man kan endast korsa vägen vid få utvalda platser.

Det finns mycket bostäder i nära anslutning till Guldhedsgatan, men inte så många utmed den, endast någon kortsida vetter mot gatan nära Wavrinskys plats. Längs med gatan finns bland annat Sahlgrenska sjukhuset, parkeringsplats med koloniträdgårdar innanför, skola och Geovetarcentrum.



Figur 23. Mätning vid Guldhedsgatan, bild tagen i riktning mot Wavrinskys plats.

### 3.1.4 Dr Allards gata – från Wavrinskys plats till Ehrenströmsgatan mot Mölndal

Anledningen till att denna gata valdes ut är att det här finns möjlighet till eventuell byggnation. Doktor Allards gata är en lång och till en början smal gata i stadsdelen Guldheden. Det är ett körfält i vardera riktningen, och mellan Wavrinskys plats och Dr Fries Torg går spårvagnsrälsen parallellt med vägen med en gräsremsa mellan. Trottoar finns endast på ena sidan och ingen utsatt bana för cyklister finns.

Det finns bostäder utmed vägen, mestadels punkthus. Det finns även ett ålderdomshem, en förskola och en parkering. Den sistnämnda är vår mätplats och möjlig plats för bostadsbyggnation, se figur 24. På gatan utanför parkeringen går varken buss- eller spårvagnstrafik men en busshållplats finns inom gångavstånd.

Hastighetsbegränsningen är 50 km/h och rekommenderad hastighet 30 km/h utanför ålderdomshemmet.



Figur 24. Doktor Allards gata i riktning med Wavrinskys plats i ryggen. Parkeringen till vänster i bild är mätplatsen.

### 3.2 Mätdata

Nedan följer data för de olika gatorna som valts att undersökas:

Tabell 3. Mätdata vid respektive gata.

	Linnégatan	Nordhemsgatan	Guldhedsgatan	Dr Allards gata
<b>Avstånd vägmitt - mikrofon</b>	15 meter	6 meter	13 meter	10 meter
<b>Höjd på mikrofon</b>	1.5 meter	1.5 meter	1.55 meter	1.55 meter
<b>Mättid</b>	20 minuter	20 minuter	20 minuter	20 minuter
<b>Tunga fordon, norrgående</b>	11 st	1 st	-	1 st
<b>Tunga fordon, södergående</b>	9 st	0 st	-	1 st
<b>Lätta fordon, norrgående</b>	85 st	16 st	-	18 st
<b>Lätta fordon, södergående</b>	101 st	25 st	-	21 st
<b>Tunga fordon, västergående</b>	-	-	8 st	-
<b>Tunga fordon, östergående</b>	-	-	9st	-
<b>Lätta fordon, västergående</b>	-	-	139 st	-
<b>Lätta fordon, östergående</b>	-	-	115 st	-
<b>Andel tunga fordon, %</b>	6 %	6 %	6 %	5 %

Andelen tunga fordon för respektive gata är statistiska data hämtade från Göteborgs Stads hemsida. För Guldhedsgatan förekom inte något värde för andel tunga fordon och baserades istället på observationer vid mätningen.

Medelhastigheten för respektive gata och respektive körfält redovisas i tabellen 4, se bilaga 3-6 för beräkning av hastigheterna.

Tabell 4. Medelhastigheten på fordon vid respektive gata.

	Linnégatan	Nordhemsgatan	Guldhedsgatan	Dr Allards gata
<b>Medelhastighet, norrgående</b>	21.3 km/h	31.4 km/h	-	32.0 km/h
<b>Medelhastighet, södergående</b>	22.2 km/h	35.2 km/h	-	27.6 km/h

<b>Medelhastighet, västergående</b>	-	-	37.4 km/h	-
<b>Medelhastighet, östergående</b>	-	-	46.9 km/h	-
<b>Skyltad hastighet</b>	50 km/h	50 km/h	50 km/h	50 km/h

Utifrån dessa data har ljudtrycksnivåer för respektive gator sammanställts. För att få den årsekvivalenta ljudtrycksnivån korrigeras den uppmätta ljudtrycksnivån, enligt bilaga 2. Beräkningsgången beskrivs utförligt i bilaga 3-6. Ljudtrycksnivåer enligt Nordiska beräkningsmodellen är beräknade med samma avstånd från vägmitt och höjd från mark som uppmätta nivåer på respektive gata. Övriga indata till beräkningar enligt Nordiska beräkningsmodellen är skyltad hastighet, antal tunga och lätta fordon i respektive körriktning (hämtat från Göteborgs Stads hemsida) samt typ av mark (som är hård då alla mätplatser består av asfalt). I tabell 5 visas de olika aktuella ljudtrycksnivåerna för respektive gata.

Tabell 5. Uppmätta- och korrigerade ekvivalenta ljudtrycksnivåer samt ljudtrycksnivåer beräknade enligt Nordiska beräkningsmetoden, vid respektive gata.

<b>Mätplats</b>	<b>Uppmätt ljudtrycksnivå</b>	<b>Korrigerad ekvivalent ljudtrycksnivå</b>	<b>Ekvivalent ljudtrycksnivå enligt Nordiska beräkningsmetoden</b>
<b>Linnégatan</b>	67.3 dB(A)	58.6 dB(A)	63.1 dB(A)
<b>Nordhemsgatan</b>	61.3 dB(A)	58.4 dB(A)	58.0 dB(A)
<b>Guldhedsgatan</b>	67.3 dB(A)	65.8 dB(A)	65.4 dB(A)
<b>Dr Allards gata</b>	56.3 dB(A)	55.3 dB(A)	58.5 dB(A)

## 4 Diskussion

Enligt de korrigerade ljudtrycksnivåer för områdena och gatorna, som visas i tabell 5, ses tydligt att alla ljudtrycksnivåer överstiger, mer eller mindre, dagens gräns på 55 dB(A). Byggnationer kan ändå medges på platser med högre bullernivå än dagens gräns, om åtgärder görs för att minska utbredningen och exponeringen av bullret, enligt Boverket. Förändringar i trafiken och i gatu- och kvartersutformningen kan medföra att bullernivåerna sänks och med tillräckliga åtgärder kan därför bullerkraven uppnås. Är det nödvändigt att sänka dessa bullerrestriktioner om det kan medföra att fler människor blir störda och får långsiktiga skador?

### *Möjliga åtgärder för att nå riktvärdet från 1997 på 55 dB(A) vid fasad*

Ljudtrycksnivåerna som uppskattades för de olika gatorna, ligger mellan 55-65 dB(A). Med det sagt behövs vissa åtgärder vidtas för att bullerkravet, med en ekvivalent ljudtrycksnivå på max 55 dB(A) vid fasad, ska uppnås i de undersökta områdena. De olika trafik- och gaturelaterade åtgärder som tas upp i denna rapport analyseras och utvärderas utifrån respektive lösnings bullerdämpande åtgärd och dess rimlighet att tillämpas i verkligheten.

### *Täta kvarterstadsmiljöer*

Linnégatan och Nordhemsgatan räknas båda som täta kvartersstadsmiljöer. Linnégatan, som är en gata med mycket liv och aktiviteter så som restauranger, affärer och mycket trafik, visade en korrigerad ljudtrycksnivå på 58.6 dB(A). Medan Nordhemsgatan, som är en lugnare bostadsgata parallell med Linnégatan, visade en nivå på 58.4 dB(A). I sådana här områden skulle, enligt våra beräkningar, en sänkning av bullret på 3.6 dB(A) vara att föredra för att nå upp till de normer som tidigare tagits fram och som ansetts vara den ljudtrycksnivå som man vill undvika att överstiga av hälsoskäl.

Då hastigheten vid Linnégatan och Nordhemsgatan varierade mellan 21 och 35 km/h skulle en hastighetssänkning på de undersökta gatorna inte medföra en sänkning av bullernivåerna, enligt tabell 1 som baseras på den Nordiska beräkningsmodellen som menar att det är motorljudet som dominerar vid dessa låga hastigheter.

Enligt CNOSSOS-EU skulle däremot en hastighetssänkning under 40 km/h ge en lägre bullernivå, då denna modell baseras på nyare fordon med modernare motorer och system. På Linnégatan höll fordonen en hastighet på cirka 22 km/h och andelen tunga fordon var cirka 6 %. En sänkning på 10 km/h skulle då medföra att ljudtrycksnivån sänktes med cirka 1.6 dB(A), vilket skulle medföra att den ekvivalenta ljudtrycksnivån sänktes till 57 dB(A). Men denna fråga baseras också på vad som anses vara rimligt. På Linnégatan är det inte rimligt att anta att fordonen kommer att hålla en så låg hastighet som 10 km/h. Att fordonen redan håller en så låg hastighet på Linnégatan som 22 km/h är bra, men lägre än så är det nog svårt att sätta hastighetsgränsen. Därför är en hastighetssänkning inte tillämpningsbar på denna typ av gata.

På Nordhemsgatan hölls en hastighet på 31-35 km/h. På denna gata skulle det vara mer motiverat att få fordonen att sänka sin hastighet, då det är en smal bostadsgata. Idag är den skyltade hastigheten 50 km/h på Nordhemsgatan. Om man skulle ändra den skyltade hastigheten till 30 km/h, vilket är vanligt i bostadsområden, och även förändra gatustrukturen genom att placera ut farthinder skulle hastigheten kunna sänkas till cirka 20 km/h och bullernivån skulle då, enligt CNOSSOS-EU, kunna sänkas med cirka 2.2 dB(A) till en ekvivalent ljudtrycksnivå på 56.2 dB(A). En hastighetssänkning är därför en mer motiverad åtgärd på denna typ av gata, ur bullernivåsynpunkt.

Att förändra eller minska trafikflödet är en annan åtgärd man kan vidta. Dock kan det i täta kvartersstadsmiljöer, där mycket trafik passerar och där det är rikligt med liv under dygnets alla timmar, bli svårt att minska mängden trafik. Detta gäller speciellt gator av samma typ som Linnégatan, som för många fungerar som en genomfartsgata. Vid Nordhemsgatan är det enklare att genomföra en förändring på trafikflödet eftersom den inte är lika belastad som Linnégatan. En tanke kan vara att endast tillåta boende och fordon med tillstånd att köra på vägen kvälls- och nattetid och förbjuda genomfartstrafik, vilket skulle sänka den ekvivalenta ljudtrycksnivån något. Generellt kan dock sägas att begränsningar av

vissa fordon är en svårtillämpad åtgärd, och så mycket som en halvering av antalet fordon ger endast 3 dB(A) lägre ljudtrycksnivå.

Vid mätstillfället på Nordhemsgatan var de flesta observerade fordon på väg till eller från Hagabions parkering. En möjlig följd av ett bostadshus, istället för parkering, på denna plats skulle kunna vara att trafiken minskas på gatan och så även vägtrafikbullret. Det är tänkbart att ljud från Linnégatan upptogs av mikrofonen vid mätningen vid Nordhemsgatan då endast parkeringen skiljde gatorna åt vid mätplatsen. Med en byggnad mellan vägarna och mindre trafik är det rimligt att ekvivalentnivån på Nordhemsgatan skulle kunna komma att understiga 55 dB(A).

Om man har tillgång till tyst sida med en ljudtrycksnivå på 45 dB(A) så accepteras en ljudtrycksnivå på 65 dB(A) vid den bullerexponerade sidan, enligt bullerreglerna från 1997 med avstegsprincipen. Detta är en åtgärd som kan uppnås med hjälp av slutna kvarter. Bostäderna på Linnégatan och Nordhemsgatan är redan uppbyggda på detta sätt, med en slutna innergård. Vår rapport har dock inte undersökt vilken ljudtrycksnivå som förekommer på den tysta sidan eller på de tysta innergårdarna. Men förutsatt att en ekvivalent ljudtrycksnivå på max 45 dB(A) hålls vid dessa sidor, är denna åtgärd ett effektivt och relativt enkelt byggnadssätt för att uppnå kraven. Som de uppskattade ljudtrycksnivåerna visar, har både Nordhemsgatan och Linnégatan bullernivåer på strax över 58 dB(A). Med detta sagt skulle därför endast en tyst sida på 45 dB(A) vara tillräcklig för att klara kraven på 65 dB(A) på dessa typer av gator. Regelverket ger även möjlighet till byggnation om en luddämpad sida, på 50 dB(A) kan uppnås, vilket brukar vara det som tillämpas i praktiken om inte en tyst sida kan skapas.

### ***Modernistiska stadsmiljöer***

Guldhedsgatan och Dr Allards gata hör till den modernistiska stadsmiljön. På Guldhedsgatan finns många potentiella platser för bostadsbebyggelse. Det är en bred gata med mycket trafik då många som ska till arbete eller skola åker via detta område. Dr Allards gata är en mindre trafikerad gata som inte lika många passerar och en del bostäder finns redan utmed den. På Guldhedsgatan uppmättes en korrigerad ljudtrycksnivå på 65.8 dB(A) och på Dr Allards gata en nivå på 55.3 dB(A). I detta område visades en större skillnad på ljudtrycksnivåerna mellan mätplatserna, jämfört med Linné, antagligen på grund av gatornas olika förutsättningar. Enligt uppskattningarna på ljudtrycksnivån som gjorts har Dr Allards gata en acceptabel ljudtrycksnivå, men även här kan små förändringar göras för att ge området en ännu bättre boendemiljö. Det kan också tänkas att förebyggande bulleråtgärder skulle vara fördelaktigt utifall att trafikflödet på gatan skulle öka i framtiden, vilket skulle kunna vara en trolig följd om mer bostadsbebyggelse tillförs. Vid Guldhedsgatan däremot skulle ljudtrycksnivån behöva sänkas med ungefär 10 dB(A) för att understiga 55 dB(A) i ekvivalentnivå. Detta är en ganska stor sänkning att åstadkomma och flera bulleråtgärder i kombination skulle antagligen vara erforderligt för att nå under önskvärt krav.

Trafiken på Guldhedsgatan uppmättes en medelhastighet på cirka 42 km/h, enligt gjorda mätningar (skyltad hastighet 50 km/h). Andelen tunga fordon var 6 %, enligt Göteborgs Stad för denna gata. Med denna hastighet och andel tunga fordon skulle en hastighetssänkning på cirka 10 km/h ge en ljudtrycksänkning på omkring 1.8 dB(A), enligt tabell 1 som baseras på Nordiska beräkningsmodellen, vilket skulle resultera i en ljudtrycksnivå på ungefär 64 dB(A).

Mätningen på Guldhedsgatan utfördes vid Geovetarcentrum i nära anslutning till rondellen vid Wavrinskys plats, där fordonen antingen bromsar in eller håller på att accelerera till en högre hastighet. Därmed har antagligen den hastighet som uppskattats vid mätplatsen varit lägre än på resterande delar av vägen. Låt säga att trafiken håller den skyltade hastigheten på 50 km/h. Enligt CNOSSOS-EU skulle en hastighetssänkning på 20 km/h till 30 km/h då kunna medföra en hastighetssänkning på 4.8 dB(A) enligt tabell 2, som då sänker den ekvivalenta ljudtrycksnivån till 61 dB(A). Men så som Guldhedsgatan ser ut idag är en hastighetsändring till 30 km/h inte realistisk att genomföra.

Vid Dr Allards gata hade fordonen en hastighet på cirka 28-32 km/h. Enligt Nordiska beräkningsmodellen, tabell 1, skulle en sänkning av hastigheten inte medföra en sänkning av ljudtrycksnivån. Men enligt CNOSSOS-EU skulle däremot en hastighetssänkning till ungefär 20 km/h ge

en sänkning på ljudtrycksnivån på 2.2 dB(A). Enligt uppskattningen på ljudnivån har redan denna gata en acceptabel ljudtrycksnivå på 55.3 dB(A) och en större sänkning av den är därför inte nödvändig. Det kan dock vara motiverat att vidta förebyggande åtgärder, som tidigare sagts, för framtiden då trafikflödet kan tänkas öka om nya bostäder byggs. Dock gäller samma fråga här, om en lägre hastighet är rimligt. En hastighetssänkning till cirka 20 km/h skulle gå att uppnå med fler farthinder och mer liv på gatan. Men samma argument gäller här, en förändring till en skyltad hastighet på 20 km/h är inte tillämpningsbar i praktiken.

På de undersökta områden som berörs i den här rapporten kan trafikomfördelning eller trafikförbud vara olika applicerbart. På Guldhedsgatan, som är en genomfartsgata, kan det vara svårt att förhindra trafik på grund av att det är en väg som många passerar då det är svårt att ta en alternativ väg. Wavrinskys plats som ligger strax ovanför mätpunkten på Guldhedsgatan är en knutpunkt för kollektivtrafiken i Göteborg. Denna skulle kunna utnyttjas i en utbyggnation av kollektivtrafiken på Guldhedsgatan för att minska trafikflödet av privata bilar. På Dr Allards gata är det rimligt att man kan minska trafikmängden genom en utbyggnad av kollektivtrafiken i närheten och även begränsa trafiken kvälls- och nattetid så att en sänkt ekvivalent ljudtrycksnivå kan uppnås.

Tyst sida är en åtgärd man kan vidta i olika områden för att nå upp till bullerkraven från 1997 med avstegsprincipen. Dr Allards gata uppmätte en ljudnivå på 55.3 dB(A), som visar att denna åtgärd egentligen inte är nödvändig att vidta då kravet på 55 dB(A) i princip redan uppfylls. Men om denna gata förtätas i framtiden med mer bostäder, som genererar mer trafik, är detta en åtgärd väl värd att ha i åtanke när man planerar utvecklingen. Guldhedsgatan hade en ljudtrycksnivå på 65.8 dB(A). Längs denna väg finns det ytor för möjlig nybyggnation. Genom att bygga slutna kvarter, eller något motsvarande, så att bostäderna får tillgång till en tyst sida eller innergård på 45 dB(A) är därför en lösning för att nå upp till kraven, med någon tilläggsåtgärd för att nå ner till under 65 dB(A) vid fasad.

Guldhedsgatan är den enda studerade platsen som översteg 60 dB(A). På denna plats uppgick den korrigerade ekvivalentnivån som sagt till 65.8 dB(A). Även här ger avstegsprincipen en möjlighet till bostadsbyggnation, dock om det finns synnerliga skäl att efter en avvägning gentemot andra allmänna intressen tillåta bostäder. Regelverket ställer således höga krav på att det finns ovanliga och särskilt beaktansvärda omständigheter som talar för bostadsbyggnation, vilket kan vara svårt att motivera. Att bullernivån längs Guldhedsgatan är hög, relativt de andra studerade platserna, är inte förvånande med tanke på gatans utformning och trafikflöde. Gatan är bred med två körfält i vardera riktningen och fungerar som en större genomfartsgata i området.

Möjliga åtgärder för att minska bullernivån behöver kombineras för att tillsammans kunna ge relativt stor effekt. Gatans breda och raka utformning kan antas göra hastighetsöverträdelser över den skyltade hastigheten om 50 km/h till en inte helt ovanlig förekomst, vilket även Göteborgs Stads statistik visar. En hastighetssänkning skulle kunna få god teoretisk effekt men då flera fordon redan kan antas överskrida fartgränsen blir effekten i praktiken mindre. För att minska medelhastigheten behöver gatans utformning ändras.

I dagsläget liknar Guldhedsgatan mer en väg i stadsmiljö än en gata i en central del av en växande stad. Att tillåta parkering i gatans högra körfält skulle kunna få en naturligt hastighetsdämpande effekt genom att göra bilpassagen smalare och gatan mer stadslig. Då de två körfälten redan idag på flera ställen går ihop till ett körfält under korta, smalare passager, borde trafikflödet inte påverkas nämnvärt av åtgärden. En möjlig negativ effekt av åtgärden skulle kunna vara att ambulanser till och från Sahlgrenska sjukhuset, som ligger i slutet av gatan, får sämre framkomlighet då omkörningsmöjligheterna vid utryckning begränsas. Detta skulle emellertid kunna lösas genom att asfaltera ytan i mitten av gatan som är avsedd för spårvagnstrafik och därmed även göra den körbar för vägtrafikfordon, längs hela sträckan. Körfältet skulle då kunna fungera som bussfil och innehålla all kollektivtrafik, till skillnad från dagens lösning när bussarna bitvis saknar eget körfält. Genom att tillåta parkering i gatans högra körfält centreras trafiken till mitten av gatan och därmed längre från framtida byggnader, med lägre ljudtrycksnivåer som följd. Om trafiken flyttas 3.25 m närmare gatan mitt, motsvarande ett körfält, minskar bullernivån med ca 1.22 dB(A). Dessutom kan de parkerade bilarna delvis fungera som en bullerskärm.

Med en kombination av möjliga åtgärder är det troligt att även Guldhedsgatan skulle kunna komma i nivå med de andra studerade platserna vad gäller vägtrafikbuller, det vill säga i spannet 55-60 dB(A) ekvivalent ljudtrycksnivå.

### ***Tyst asfalt***

Vid hastigheter över 40 km/h dominerar ljudet från kontakten mellan däck och väglag. Att förändra väglaget är en insats som kan göras för att förbättra ljudmiljön i ett område. Med tyst asfalt kan man uppnå sänkningar upp till 9 dB(A) i bästa fall. Tyst asfalt är dock dyrt, den kräver mycket underhåll och den måste bytas ut ungefär vart femte år. Den främsta anledningen till att man inte satsar på tyst asfalt mer i Sverige är på grund av att den är dyr i förhållande till hur länge den håller. Då det finns olika grader på den tysta asfalten, skulle en tanke kunna vara att man använder sig av tyst asfalt i en viss utsträckning. Genom att använda en variant av tyst asfalt som inte är lika tyst som den mest optimala tysta asfalten så skulle man uppnå ett acceptabelt resultat. Detta skulle kanske inte ge lika bra ljuddämpning som den mest optimala tysta asfalten, men kan ändå vara ett bra alternativ till konventionell asfalt.

### ***Nya regelverket***

Det nya regelverket framhävs i media som att främst underlätta för byggnation av små lägenheter, mindre än 35 kvadratmeter, riktade mot gatan, där avstegsprincipen med tyst sida inte kan tillämpas. Det är förvisso korrekt att avstegsprincipen inte är tillämpningsbar vid en mindre lägenhet som endast har rum mot gatan, eftersom lägenheten inte är stor nog för att även ha rum mot den tysta sidan. Riktvärdet 55 dB(A) är därför en absolut nivå för att kunna bygga små lägenheter mot gatan, enligt regelverket från år 1997. En följd av regelverket blir att större genomgående lägenheter byggs i större utsträckning än små lägenheter som ej är genomgående. Det är stor brist på mindre lägenheter i centrala lägen, av detta skäl har nya bullerregler lagts fram där 60 dB(A) vid fasad tillåts för små lägenheter, utan krav på tyst sida.

I vissa situationer kan regelförändringen tyckas rimlig. I vår studie framgår det dock tydligt att majoriteten av områdena skulle, med mindre åtgärder, kunna nå 55 dB(A) och på så vis även tillåta byggnation av små lägenheter. Förändringen berör alltså främst Guldhedsgatan i vår undersökning. I vårt fall hindrar följaktligen regelverket från år 1997 endast byggnation av små lägenheter längs Guldhedsgatan, även om en byggnation skulle vara möjlig om tillräckliga åtgärder i gatumiljön genomförs. Om större lägenheter byggs längs Guldhedsgatan skulle resterande områden kunna bebyggas med mindre utan något hinder från det tidigare regelverket. Förändringen av reglerna kan därför anses vara av mindre betydelse för nya bostäder i vår studie.

Den stora förändringen med det nya regelverket är en generell sänkning av kraven, även om det inte framgår lika tydligt som de specifika förändringarna. De nya reglerna är betydligt generösare där bullerkrav exempelvis saknas om en skyddad sida kan uppnås, alltså en sida med 55 dB(A), vilket är det tidigare riktvärdet mot gatan. Förändringen medför en risk att inga incitament längre finns för att sänka bullernivån i majoriteten av de studerade områdena. Regelförändringens konsekvens ger således risk för en betydlig försämring av boendemiljön utan någon större inverkan för nybyggnation av bostäder gentemot de gällande reglerna.

### ***Fastighetsägaren och kommunen, två aktörer med flera följder***

En förklaring till varför regelverket från år 1997 med avstegsprincipen har beskyllts för att vara ett stort hinder för bostadsbyggnation kan vara att fastighetsägaren och kommunen är två olika aktörer som behöver samarbeta för att göra nybyggnation möjlig. Vår studie visar att majoriteten av områdena skulle kunna förtätas med mer bostäder om mindre bulleråtgärder genomförs. Samtliga åtgärder som föreslagits ligger under kommunens ansvarsområde, exempelvis gatumiljöns utformning. En fastighetsägare kan således inte bebygga sin tomt utan att kommunen genomför vissa bulleråtgärder. Ett samarbete är därför nödvändigt mellan fastighetsägaren och kommunen. Av ansvarsfördelningen följer att kostnaderna för bulleråtgärderna åligger kommunen. Att kommunen på kort sikt inte prioriterar bulleråtgärder ger därför en direkt följd på nybyggandet. En investering i bulleråtgärder ger staden möjlighet att följa sin ambition om förtätning och ger fastighetsägarna större möjligheter att bygga nya bostäder. Fler bostäder ger även

fler invånare och mer skatteintäkter, vilket även borde vara önskvärt. En investering av kommunen för att minska bullernivåerna kan på sikt därför vara lönsam.

### ***Möjliga mätmetoder vid projektering av nya byggnationer***

När det planeras för nytt bostadsområde eller separata bostadsbyggnader görs en bullerutredning för att se om projektet når upp till gällande bullerriktvärden. Om värdena ej uppnås kontrolleras vad det finns för åtgärder, antingen för att sänka bullernivån vid fasad men mer troligt för att kunna göra avsteg från huvudregeln och tillåta högre ljudtrycksnivåer genom att till exempel ordna med tillgång till tyst eller ljuddämpad sida, så att byggnationen kan genomföras.

Den ljudtrycksnivå som används vid de flesta bullerutredningar för byggnationer i städer beräknas enligt den Nordiska beräkningsmodellen för vägtrafikbuller. Ljudtrycksnivån baseras alltså på avstånd från väg, skyltad hastighet, typ av mark samt antal tunga och lätta fordon i respektive körriktning som passerar den aktuella platsen för nybyggnation, där antal fordon är ett statistisk värde. Det är alltså inte nödvändigt att besöka den verkliga platsen i fråga för att uppskatta ljudtrycksnivån.

I vår undersökning har vi uppskattat ljudtrycksnivån både genom mätning och korrigering med hjälp av Nordtest Method och beräknat den genom den Nordiska beräkningsmodellen. I tabell 5 under avsnitt 3.2 ses resultatet av dessa två metoder.

För Nordhemsgatan och Guldhedsgatan ses en försumbar skillnad med 0.4 dB(A), med den lägre ljudtrycksnivån enligt den Nordiska beräkningsmodellen. Att få så lika nivåer skulle kunna innebära att det är ett rimligt resultat.

Fältmätningen vid Dr Allards gata gav en korrigerad ekvivalent ljudtrycksnivå på 55.3 dB(A), alltså strax över bullerkravet vid fasad från 1997, medan samma nivå enligt Nordiska beräkningsmodellen blir 58.5 dB(A). En skillnad på över 3 dB(A), vilket skulle vara avgörande för att till exempel behöva vidta åtgärder för att minska bullret enligt det gällande regelverket.

För Linnégatan ses en ekvivalent ljudtrycksnivå enligt Nordiska beräkningsmodellen på 63.1 dB(A) medan ljudtrycksnivån enligt Nordtest Method ligger på 58.6 dB(A). Även denna mätplats uppvisar ett högre värde enligt den Nordiska beräkningsmodellen. Skillnaden uppgår till 4.5 dB(A), vilket skulle kunna vara en avgörande skillnad om en byggplan antas eller ej.

Så, de endast framräknade värdena visar ungefär samma eller högre värden än de korrigerade värdena av mätningarna. Detta är intressant och kan peka på vikten av att studera de relevanta verkliga förhållandena vid bullerutredningsplatsen mer i detalj.

Att göra mätningar i fält och komplettera med noggranna beräkningar för att få ett så rättvisande värde som möjligt kanske är ett för kostnadsfyllt alternativt att genomföra vid många bullerutredningar. En möjlig åtgärd, vid användning av den Nordiska beräkningsmodellen, skulle kunna vara att använda sig av verklig hastighet istället för skyltad, då detta skulle kunna ge en mer sann ljudtrycksnivå. På våra undersökta gator hölls generellt en lägre hastighet än den skyltade, vilket således resulterade i att de uppmätta ljudtrycksnivåerna var lägre än de endast beräknade. Speciellt tydligt ses detta på Linnégatan där ljudtrycksskillnaden var som störst mellan mät- och beräkningsmetoden och fordonens verkliga hastighet låg nästan 30 km/h lägre än den skyltade hastigheten på 50 km/h (se tabell 4, avsnitt 3.2). Vid gator eller vägar där den skyltade hastigheten generellt överskrids är antagligen den riktiga ljudtrycksnivån istället högre än den framräknad genom den Nordiska beräkningsmodellen. Även här skulle det kunna vara positivt att använda sig av den verkliga hastigheten, då den skyltade skulle kunna ge ett missvisande för lågt värde på ljudtrycksnivån.

### ***Regelförändringarnas möjliga påverkan på människan***

I avsnitt 2.3 Hälsoeffekter kan läsas vad vägtrafikbuller kan ha för påverkan på människan, fysiskt och psykiskt. Bullerexponering kan leda till, eller öka, en rad antal problem eller sjukdomar, så som sömnsvårigheter, ökad upplevd stress, hjärt-kärlsjukdomar, hörselskada och nedsatt koncentrations- och prestationsförmåga. För flera av effekterna, särskilt stress, är det av stor vikt hur störd man upplever sig vara av ljudexponeringen, inte bara hur hög ljudtrycksnivån egentligen är. Fler och fler studier bevisar bullrets negativa påverkan på människans psyke och välmående, så vad kan följderna bli av att högre ljudtrycksnivåer nu tillåts i samband med bostadsbyggnationer från och med 1 juni 2015?

Det kan ta lång tid att utvärdera och undersöka konsekvenser av regeländringarna med hänsyn till effekter på hälsan. Boende i befintliga, redan byggda, bostäder kommer förhoppningsvis inte att utsättas för högre bullernivåer på grund av att bullerrestriktionerna sänks. För dessa bör således inte heller regeländringarna medföra större negativa effekter på hälsan än tidigare. Däremot skulle det kunna drabba de människor som kommer att flytta in i de bostäder som blir möjliga att uppföra efter det att de nya reglerna har trätt i kraft. Ljudtrycksnivån vid fasad tillåts vara högre, men största skillnaden är nog att nivån vid den sida av byggnaden som vetter från vägen tillåts vara 55 dB(A) istället för 45 dB(A) vilket är en stor ändring med hela 10 dB(A). Denna potentiella höjning av ljudtrycksnivån på till exempel en innergård kan få stora effekter på hälsan, till exempel kan bristfällig rekreation leda till förhöjd stress. Framförallt kan sömnen komma att störas mer och oftare med de nya reglerna, speciellt om man sover med öppet fönster. Sömnstörningar påverkar kropp och mående på både kort och lång sikt, med både mindre och större följder, från att bara vara lite trött dagen efter till ökad risk för hjärt-kärlsjukdomar.

Det är allvarligt att de nya reglerna kan medföra större negativa hälsopåverkan på framtida boende i nybyggda bostäder. En väg att gå skulle kunna vara att de som funderar på att köpa eller hyra en av de aktuella lägenheterna upplyses både om vad bullernivåerna uppskattas ligga omkring vid husets fasader samt vad buller vid olika nivåer kan ha för olika eventuella hälsopåverkan. Detta skulle kunna vara ett steg i rätt riktning, dels för att upplysa människor om bullrets möjliga påverkan, men framförallt för att informera om den aktuella situationen och riskerna som bullerexponeringen kan medföra så att personerna i fråga har fått information och kan göra ett aktivt val, efter att ha blivit upplysta.

## 5 Slutsats

Enligt våra mätningar ligger samtliga mätplatsers bullervärden över riktvärdet på 55 dB(A) korrigerad ekvivalentnivå. Samtidigt visade våra mätningar att de flesta platserna endast ligger strax över riktvärdet, där majoriteten ligger i spannet 55-60 dB(A). Boverkets avstegsprincip är vid aktuella nivåer tillämpningsbar och möjliggör bostadsbyggnation om viss kompensation, så som tyst sida, utförs. Redan idag skulle följaktligen dessa platser kunna bebyggas under vissa villkor. Genom en kombination av bulleråtgärder som diskuterats skulle även riktvärdet på 55 dB(A) vara nåbart vilket ger möjlighet till bostadsbyggnation utan krav på tyst sida. Då skulle inga förbehåll finnas för bostadsbyggande, inte heller för små lägenheter som inte har tillgång till tyst sida. Majoriteten av de studerade områdena skulle följaktligen kunna bebyggas med bullerregelverket från år 1997.

Mätplatserna i undersökningen är valda för att representera de studerade typområdena. Flera av mätplatserna är placerade vid de gator i respektive område som har störst trafikflöde och hastighet, alltså de platser som har störst sannolikhet för höga bullernivåer. Majoriteten av de studerade platserna skulle, enligt studien, kunna bebyggas med bullerregelverket från år 1997. Eftersom mätningarna har skett på de platser i respektive område som kan antas vara värst drabbat av vägtrafikbuller är det även rimligt att anta att resterande del av områdena har likvärdiga eller lägre bullernivåer. Följaktligen skulle hela området kunna förtätas med nya bostäder om regelverkets krav uppnås i den värst drabbade delen av området.

Sammanfattningsvis kan vi dra slutsatsen att majoriteten av de studerade områdena skulle kunna förtätas med nya bostäder och samtidigt uppfylla bullerregelverkets krav från år 1997 om bullerdämpande åtgärder genomförs i mindre omfattning. Regelverkets avstegsprincip ger även möjlighet att bebygga det området med högst bullernivåer, om en kombination av åtgärder genomförs. Att förändra regelverket till att tillåta högre bullernivåer är därmed, utifrån denna studie, inte motiverat. Göteborg Stads ambition att förtäta staden är således förenlig med rimliga bullerkrav och god boendemiljö utan drastiska ingrepp i stadens infrastruktur eller begränsningar av vissa fordonsslag.

## 6 Referenser

- Andersson, P., Kropp, W. (2008A). *Lecture 2-3. Introduction to sound and vibration*.  
Tillgänglig på: [http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg\\_isv/lecture0203.pdf](http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture0203.pdf) (2015-05-04)
- Andersson, P., Kropp, W. (2008B). *Lecture 10-11. Introduction to sound and vibration*.  
Tillgänglig på: [http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg\\_isv/lecture1011.pdf](http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture1011.pdf) (2015-05-08)
- Andersson, P., Kropp, W. (2015A). *Lecture 1. Introduction to sound and vibration*.  
Tillgänglig på: [http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg\\_isv/lecture01.pdf](http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture01.pdf) (2015-05-04)
- Andersson, P., Kropp, W. (2015B). *Lecture 5. Introduction to sound and vibration*.  
Tillgänglig på: [http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg\\_isv/lecture05.pdf](http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture05.pdf) (2015-05-04)
- Andersson, P., Kropp, W. (2015C). *Lecture 15. Introduction to sound and vibration*.  
Tillgänglig på: [http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg\\_isv/lecture15.pdf](http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture15.pdf) (2015-05-04)
- Andersson, P., Kropp, W. (2010). *Lecture 4. Introduction to sound and vibration*.  
Tillgänglig på: [http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg\\_isv/lecture04.pdf](http://www.ta.chalmers.se/downloads/students/cpg_isv/lecture04.pdf) (2015-05-04)
- Asker, A. (2011) Brus blir bris om tanken är den rätta. *Svenska Dagbladet*. 2011-08-18.  
Tillgänglig på: [http://www.svd.se/nyheter/idagsidan/kropp-och-halsa/brus-blir-bris-om-tanken-ar-den-ratta\\_6395815.svd](http://www.svd.se/nyheter/idagsidan/kropp-och-halsa/brus-blir-bris-om-tanken-ar-den-ratta_6395815.svd) (2015-03-25)
- Björk, C., Nordling, L., Reppen, L. (2012) *Så byggdes staden*. Mölnlycke: Elanders Sverige AB
- Blomkvist, S. et al. (2014) *Akustiska åtgärder vid förtätning av staden*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola.
- Boverket. (2004) Tillämpning av riktvärden för trafikbuller. Underlag för vägledande rapport. Redovisning av regeringsuppdrag. Upplaga 45 ex.  
Tillgänglig på:  
[http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2004/tillampning\\_av\\_riktvarden\\_for\\_trafikbuller\\_.pdf](http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2004/tillampning_av_riktvarden_for_trafikbuller_.pdf) (2015-02-17)
- Boverket. (2008) *Buller i planeringen – Planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik*. Karlskrona: Boverket (Allmänna råd 2008:1).  
Tillgänglig på:  
[http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/buller\\_i\\_planeringen\\_allmanna\\_rad\\_2008\\_1.pdf](http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/buller_i_planeringen_allmanna_rad_2008_1.pdf) (2015-03-04)
- Caldenby, C., Linde Bjur, G., Ohlsson, S-O. (2006) *Guide till GÖTEBORGS ARKITEKTUR*. Kristianstad: Arkitektur förlag AB
- Eriksson, C., Nilsson, M.E., Pershagen, G. (2013) *Environmental noise and health*. Stockholm: Naturvårdsverket. Report 6553.  
Tillgänglig på:  
<http://www.naturvardsverket.se/Nerladdningssida/?fileType=pdf&pid=7418&downloadUrl=/Documents/publikationer6400/978-91-620-6553-9.pdf> (2015-03-25)
- Europakommissionen. (2012) *Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union (Report EUR 25379 EN)  
Tillgänglig på: [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC72550/cnossos-eu%20jrc%20reference%20report\\_final\\_on%20line%20version\\_10%20august%202012.pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC72550/cnossos-eu%20jrc%20reference%20report_final_on%20line%20version_10%20august%202012.pdf) (2015-05-06)

Folkhälsomyndigheten. (2013) *Hälsoeffekter av buller*.

Tillgänglig på: <http://www.folkhalsomyndigheten.se/amnesomraden/halsoskydd-och-miljohalsa/inomhusmiljo/buller/halsoeffekter/> (2015-03-25)

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*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Tillgänglig på: [http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/159571/local\\_159571.pdf](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/159571/local_159571.pdf) (2015-03-04)

Forssén, J. Gidlöf-Gunnarsson, A. Öhrström, E. (2012). [Elektronisk bild] *The effect of creating a quiet side on annoyance and sleep disturbances due to road traffic noise*.

Tillgänglig på: [http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/159571/local\\_159571.pdf](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/159571/local_159571.pdf) [Åtkomst 2015-03-04]

Fransson, D. (2015) Göteborgare vill ha fler bostäder – men inte... *Göteborgs-Posten*, 6 maj.

Tillgänglig på: <http://www.gp.se/nyheter/goteborg/1.2706025-goteborgare-vill-ha-fler-bostader-men-inte-> (2015-05-06)

Gustafson, A. (2010) Högsboleden. *Ljudlandskap*.

Tillgänglig på: <http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/fallexempel.php?kapitel=hogsboleden> (2015-03-24)

Göteborgs stad. (2014) *Göteborgs stads åtgärdsprogram mot buller 2014-2018*.

Tillgänglig på: [http://goteborg.se/wps/wcm/connect/1f5915ba-910f-4df3-8cbb-8d1604851ed4/Åtgärdsprogram\\_mot\\_buller.pdf?MOD=AJPERES](http://goteborg.se/wps/wcm/connect/1f5915ba-910f-4df3-8cbb-8d1604851ed4/Åtgärdsprogram_mot_buller.pdf?MOD=AJPERES) (2015-04-21)

Göteborgs Stad. (2015). *Trafikens miljöpåverkan*.

Tillgänglig på: [http://goteborg.se/wps/portal/invanare/trafik-o-gator/gator-och-vagar/trafikens-miljopaverkan/lut/p/b1/04\\_Sj7QwMjK3MDW11I\\_Qj8pLLMtMTyzJzM9LzAHxo8ziAwy9Ai2cDB0N\\_N0t3Qw8Q7wD3Py8ff9vI2ACiKBCgwxAEcDQvr9PPJzU\\_Vzo3IsANE0yJE!/dl4/d5/L2dBISEvZ0FBI S9nQSEh/#htoc-3](http://goteborg.se/wps/portal/invanare/trafik-o-gator/gator-och-vagar/trafikens-miljopaverkan/lut/p/b1/04_Sj7QwMjK3MDW11I_Qj8pLLMtMTyzJzM9LzAHxo8ziAwy9Ai2cDB0N_N0t3Qw8Q7wD3Py8ff9vI2ACiKBCgwxAEcDQvr9PPJzU_Vzo3IsANE0yJE!/dl4/d5/L2dBISEvZ0FBI S9nQSEh/#htoc-3) (2015-02-18)

Hallberg, J. (2011). *Akustisk design, ljuddämpningsmetoder, bullerskärmar*. Ljudlandskap.

Tillgänglig på:

[http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel\\_10&rubrik=rubrik4](http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_10&rubrik=rubrik4) (2015-02-17)

Hammarstrand, U. (2015). Inversion. *Nationalencyklopedin*

Tillgänglig på: [www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/inversion](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/inversion) (2015-05-04)

Helmersson, D. (2015) Tyst asfalt. *Nationalencyklopedin*.

Tillgänglig på: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/tyst-asfalt> (2015-02-20)

Hjärt-lungfonden. (2014) *Hjärt- och kärlsjukdomar*.

Tillgänglig på: <http://www.hjart-lungfonden.se/Sjukdomar/Hjartsjukdomar/> (2015-05-03)

Hörsellinjen. (2015) *Hörselnedsättning – orsaker och diagnoser*.

Tillgänglig på: <http://horsellinjen.se/horsellinjen/horselnedsattning-orsaker-diagnoser> (2015-03-25)

Ljudlandskap. (2008) *Ljudlandskap för bättre hälsa*.

Tillgänglig på:

<http://www.mistra.org/download/18.28e913871380e4c8e6236c/1378682141431/Ljudlandskap%2BResultat%2B1%C3%A5ng%2Bversion.pdf> (2015-03-25)

Ljudlandskap. [Elektronisk bild]

Tillgänglig på: <http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/fallexempel.php?kapitel=hogsboleden> (2015-03-24)

- Länsstyrelsen. (2007A) *Buller*. Länsstyrelsen i Skåne (Plan PM 1:1).  
Tillgänglig på: <http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/Sv/samhallsplanering-och-kulturmiljo/planfragor/planpm/BullerPM.pdf> (2015-02-18)
- Länsstyrelsen. (2007B) *Trafikbuller i bostadsplanering – En vägledning för detaljplaneläggning med hänsyn till trafikbuller*. Länsstyrelsen i Stockholms län (Rapport 2007:23).  
Tillgänglig på:  
<http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2007/rapport-2007-23.pdf> (2015-05-05)
- Malmö stad. (2015) *Hälsoeffekter av buller*.  
Tillgänglig på: <http://malmo.se/Stadsplanering--trafik/Trafik--hallbart-resande/Trafikbuller/Halsoeffekter-av-buller.html> (2015-03-25)
- Mattmar, U., Holmin, M. (2014). *SVT Nyheter. Boverket slår larm om bostadsbristen*.  
Tillgänglig på: <http://www.svt.se/nyheter/inrikes/boverket-slar-larm-om-bostadsbristen> (2015-05-08)
- Mietlicki, F., et al. (2013) *Health impact of noise in the Paris agglomeration: assessment of healthy life years lost*. Innsbruck, Paper no 625.  
Tillgänglig på:  
[http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/publikationer.php?kapitel=ny\\_kunskap#combined\\_effects](http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/publikationer.php?kapitel=ny_kunskap#combined_effects) (2015-03-25)
- Nestor, L. (2014) Tuberkulos genom historien. *Healthcare Media*.  
Tillgänglig på: <http://tuberkulos.se/tuberkulos-genom-historien/> (2015-05-03)
- Näringsdepartementet. (2015) *Nya bullerregler gör det enklare att bygga fler lägenheter*.  
Regeringskansliet  
Tillgänglig på: <http://www.regeringen.se/sb/d/20099/a/257208> (2015-05-04)
- Parasnis, D. S. (2015). Akustisk impedans. *Nationalencyklopedin*  
Tillgänglig på: [www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/akustisk-impedans](http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/akustisk-impedans) (2015-04-05)
- Rabe, M. (2010) Tyst asfalt ingen succé. *Teknikens värld*.  
Tillgänglig på: <http://teknikensvarld.se/tyst-asfalt-ingen-succe-126152/> (2015-02-20)
- Selander, J. (2014) *Buller i boendemiljön*. Stockholm: Institutet för Miljömedicin, Karolinska Institutet.  
Tillgänglig på:  
<https://www.villaagarna.se/Regioner/ABC/Aktiviteter/1.%20Buller%20i%20boendemilj%C3%B6n%20J.S.pdf> (2015-05-03)
- Stadsbyggnadskontoret. (2008) *Linnéstaden – beskrivning av stadsdelen*. Göteborg  
Tillgänglig på: <http://goteborg.se/wps/wcm/connect/31156a4a-c7a1-41cb-895d-2c4dc2d6dbd1/OPALinnestaden.pdf?MOD=AJPERES> (2015-04-24)
- Stadsbyggnadskontoret. (2013) *Trafik på Linnégatan*. Göteborg.  
Tillgänglig på: <http://www.statistik.tkgbg.se/statistik.asp?sGata=LINN%C9GATAN>
- Stockholms stad. (2015) *Buller från trafiken*.  
Tillgänglig på: <http://www.stockholm.se/TrafikStadsplanering/Trafik-och-resor-/Trafik-och-miljo/Trafikbuller/?kontakt=> (2015-02-18)

- Tideström, K. (2012) Önskat ljud negativt för hälsan. *Medicinsk vetenskap*, Nr 1 2012, s24-26.  
Tillgänglig på:  
[http://issuu.com/karolinska\\_institutet/docs/mv\\_nr\\_1\\_2012?mode=embed&layout=http%3A%2F%2Fskin.issuu.com%2Fv%2Fcolor%2Flayout.xml&backgroundColor=000000&showFlipBtn=true](http://issuu.com/karolinska_institutet/docs/mv_nr_1_2012?mode=embed&layout=http%3A%2F%2Fskin.issuu.com%2Fv%2Fcolor%2Flayout.xml&backgroundColor=000000&showFlipBtn=true)  
eller <http://ki.se/forskning/oonskat-ljud-negativt-for-halsan> (2015-03-25)
- Trafikverket. (2015) *Projektet Nya hastighetsgränser*.  
Tillgänglig på: [http://www.trafikverket.se/PageFiles/52887/informationsblad\\_hastighet\\_miljo.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/52887/informationsblad_hastighet_miljo.pdf) (2015-02-18)
- Transportstyrelsen. (2015) *Vinterdäck*.  
Tillgänglig på: <http://www.transportstyrelsen.se/vinterdack> (2015-05-13)
- TV4 Nyhetsmorgon (2014) Så farligt är buller för våra kroppar. [TV4].  
Tillgänglig på: [http://www.tv4.se/nyhetsmorgon/klipp/s%C3%A5-farligt-%C3%A4r-buller-f%C3%B6r-v%C3%A5ra-kroppar-2565857?utm\\_campaign=tv4.se-framework&utm\\_content=http%3A%2F%2Fwww.tv4.se%2Fnyhetsmorgon%2Fklipp%2Fs%25C3%25A5-farligt-%25C3%25A4r-buller-f%25C3%25B6r-v%25C3%25A5ra-kroppar-2565857&utm\\_medium=facebook-like&utm\\_source=www.tv4.se](http://www.tv4.se/nyhetsmorgon/klipp/s%C3%A5-farligt-%C3%A4r-buller-f%C3%B6r-v%C3%A5ra-kroppar-2565857?utm_campaign=tv4.se-framework&utm_content=http%3A%2F%2Fwww.tv4.se%2Fnyhetsmorgon%2Fklipp%2Fs%25C3%25A5-farligt-%25C3%25A4r-buller-f%25C3%25B6r-v%25C3%25A5ra-kroppar-2565857&utm_medium=facebook-like&utm_source=www.tv4.se) (2015-05-03)
- Törsäter, K. (2000). *Håll tyst!*. Chalmers.  
Tillgänglig på: <http://www.chalmers.se/HyperText/MagasinChalmers/Magasin100/tyst.html>. (2015-03-25)
- Vägverket, Sveriges kommuner och landsting. (2008). *Rätt fart i staden - Hastighetsnivåer i en attraktiv stad*. 2:a upplagan. Stockholm, Borlänge: SKL Kommentus AB.  
Tillgänglig på: <http://www.mypaper.se/show/text.asp?pid=345294465866295&page=41> (2015-02-20)
- Vägverket. Sveriges kommuner och landsting. (2008). [Elektronisk bild]  
Tillgänglig på: <http://www.mypaper.se/show/text.asp?pid=345294465866295&page=41> (2015-02-20)
- Åberg, P. (2013). *SVT Väder. Temperatur får ljudet att studsa*.  
Tillgänglig på: <http://www.svt.se/vader/temperatur-far-ljudet-att-studsa> (2015-05-04)
- Ögren, M. (2015). Bullerförlopp [Powerpointbild] (2015-02-18)

## Bilaga 1

Nedan följer trafikmängdsuppgifter på de undersökta gatorna, hämtade från Göteborgs Stads hemsida (Göteborgs Stad, 2015). Det är den totala trafikmängden per dygn (ÅMVD) från år 2013 som använts i beräkningarna. Där information om andel tunga fordon inte fanns tillgänglig användes den observerade andelen tunga fordon vid mättilfället.

### Mätplats: Linnégatan

Delsträcka	ÅR	ÅMVD - trafik			MAXTIM-Trafik EM			HASTIGHET		
		Bilar/dygn			Bilar/timme			Skyltad	Median	85-per-centil
		Totalt	Tung	%	Mot C	Från C	Summa			
Plantagegatan - Prinsgatan	2013	9600	590	6	360	360	720	50	24	33
	2010	11700			500	480	980			
	2005	10800			440	420	860			
	2002	10000			410	420	830			
	2000	12700	810	6	400	540	940	50	28	37
	1999	12900	670	5	470	520	990	50	27	39

### Mätplats: Dr Allards gata

Delsträcka	ÅR	ÅMVD - trafik			MAXTIM-Trafik EM			HASTIGHET		
		Bilar/dygn			Bilar/timme			Skyltad	Median	85-per-centil
		Totalt	Tung	%	Mot C	Från C	Summa			
Doktor Fries Torg - Doktor Forselius Gata	2013	2300								
	2012	3400	170	5	160	160	320	50	32	38
	2010	2700					320			
	2006	3200					320			
	2005	3200	120	4	160	170	330	50	27	37
	2002	3600					350			
	2000	4000					370			
	1996	3900					380			
	1991	4100	110	3	190	200	390	50	49	58
	1987	4100					440			
	1983	3500								
	1979	4800								
	1975	5500								

### Mätplats: Nordhemsgatan

Delsträcka	ÅR	ÅMVD - trafik			MAXTIM-Trafik EM			HASTIGHET		
		Bilar/dygn			Bilar/timme			Skyltad	Median	85-per-centil
		Totalt	Tung	%	Mot C	Från C	Summa			
Plantagegatan - Prinsgatan	2013	1200	75	6	60	80	140	50	24	31
	2010	2100					220			
	2008	2500					240			
	2005	2400					250			
	2002	1800	60	3	90	80	170	50	26	36
	1998	1900					170			
	1997	1900					200			
	1990	1800					170			
	1988	2800					310			

## Mätplats: Guldhedsgatan

Delsträcka	ÅR	ÅMVD - trafik			MAXTIM-Trafik EM			HASTIGHET		
		Bilar/dygn			Bilar/timme			Skyltad	Median	85-per-centil
		Totalt	Tung	%	Mot C	Från C	Summa			
Wavrinskys Plats - Doktor Saléns Gata	2013	14100			680	520	1200			
	2012	16000			890	620	1510			
	2011	7300				600				
	2010	16600			950	630	1580			
	2009	7900				650				
	2008	8000				650				
	2007	8900				700				
	2006	20800			1220	990	2210			

## Bilaga 2

Ekvationer för beräkning av den korrigerade årsekvivalenta ljudtrycksnivån enligt mätstandard Nordtest Method (NT ACOU 039). Ekvation B.1 och B.2 kommer från Nordiska beräkningsmodellen upplaga 1996.

### Tunga fordon

$$\begin{aligned} L_{AE}(10\text{ m}) &= 80.5 + 30 \log\left(\frac{v}{50}\right); & 50 \leq v \leq 90\text{ km/h} \\ L_{AE}(10\text{ m}) &= 80.5; & 30 \leq v \leq 50\text{ km/h} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} L_{AE}(10\text{ m}) &= 80.5 + 30 \log\left(\frac{v}{50}\right); \\ L_{AE}(10\text{ m}) &= 80.5; \end{aligned}} \right\} \text{(B.1)}$$

### Lätta fordon

$$\begin{aligned} L_{AE}(10\text{ m}) &= 73.5 + 25 \log\left(\frac{v}{50}\right); & v \geq 40\text{ km/h} \\ L_{AE}(10\text{ m}) &= 71.1; & 30 \leq v \leq 40\text{ km/h} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} L_{AE}(10\text{ m}) &= 73.5 + 25 \log\left(\frac{v}{50}\right); \\ L_{AE}(10\text{ m}) &= 71.1; \end{aligned}} \right\} \text{(B.2)}$$

### Trafikflöde

$$L_{Aeq,1h}(10\text{ m}) = 10 \log_{10} \left( \frac{1}{3600} \left( n_{tungga} \cdot 10^{L_{AE,tungga}/10} + n_{lätta} \cdot 10^{L_{AE,lätta}/10} \right) \right) \quad \text{(B.3)}$$

där  $n_{tungga}$  och  $n_{lätta}$  är medelantal lätta respektive tunga fordon per timme

**Korrigerad årsekvivalent ljudtrycksnivå** beräknas enligt

$$L_{Aeq,meas,YDT} = L_{Aeq,meas,MTT} + (L_{1,YDT} - L_{1,MTT}) \quad \text{(B.4)}$$

där  $L_{Aeq,meas,MTT}$  är den ljudtrycksnivå som uppmättes på plats under mättillfället.  $L_{1,YDT}$  och  $L_{1,MTT}$  beräknas enligt ekvation B.3 med statistiska årsmedelvärden för trafikförhållanden respektive trafikförhållandena på plats under mättillfället.

## Bilaga 3

### Linnégatan

Linnégatan	
Avstånd vägmitt - mikrofon (meter)	15
Avstånd vägmitt - ljudkälla (meter)	5
Höjd på mikrofon (meter)	1.5
Mättid (minuter)	20
Antal tunga fordon, norrgående (st)	11
Antal tunga fordon, södergående (st)	9
Antal lätta fordon, norrgående (st)	85
Antal lätta fordon, södergående (st)	101

#### Medelhastighet, fordon i norrgående riktning:

Mätsträcka: 15.4 meter

Tid (sekunder) för fordon att passera mätsträckan
2.74
2.83
2.58
2.42
2.65
2.30
2.42
2.71
2.35
3.07

$V_{\text{Linné, norr}} = 21.3 \text{ km/h}$

#### Medelhastighet, fordon i södergående riktning:

Mätsträcka: 14.2 meter

Tid (sekunder) för fordon att passera mätsträckan
1.93
2.59
2.03
1.82
2.29
1.84
2.36
3.13
2.49
2.57

$V_{\text{Linné, söder}} = 22.2 \text{ km/h}$

Nedan följer, baserade på både uppmätta och observerade värden i fält samt statistiska värden från Göteborgs Stads hemsida, beräkningar av den korrigerade ekvivalenta ljudtrycksnivån enligt mätstandard *Nordtest Method* (se bilaga 2). Resultatet är en uppskattad ljudtrycksnivå vid en specifik plats utifrån både uppmätta ljudtrycksnivåer och framräknade utifrån statistisk trafikdata.

I mätstandarden utgår från att ljudupptagningen sker 10 meter från ljudkällan. När så inte är fallet tas hänsyn till detta genom en avståndskorrigering (ekvation 8).

### Uppmätt ljudtrycksnivå från mätning, $L_{Aeq,meas,MTT}$ : 67.3 dB(A)

Norrgående körfältsriktning (enligt ekvation B.1 och B.2 i bilaga 2)

$$L_{AE}(10m)_{tungga} = 80.5 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE}(10m)_{lätta} = 71.1 \text{ dB(A)}$$

### Södergående körfältsriktning

Då avståndet till fordonen i denna körfältsriktning var 20 meter är en avståndskorrigering nödvändig. Nedan ses ekvation B.1, B.2 i respektive kombination med ekvation 8.

$$L_{AE}(20m)_{tungga} = 80.5 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{20}\right) = 77.5 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE}(20m)_{lätta} = 71.1 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{20}\right) = 68.1 \text{ dB(A)}$$

Ljudtrycksnivån för norr- respektive södergående körfältsriktning adderas för tunga och lätta fordon separat, enligt ekvation 9.

$$L_{AE,tungga} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{11}{20} \cdot 10^{80.5/10} + \frac{9}{20} \cdot 10^{77.5/10}\right) = 79.4 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE,lätta} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{85}{186} \cdot 10^{71.1/10} + \frac{101}{186} \cdot 10^{68.1/10}\right) = 69.73 \text{ dB(A)}$$

$L_{1,MTT}$  baseras på antal tunga och lätta fordon per timme vid mättillfället, samt tidigare framräknade  $L_{AE}$ -värden för respektive fordonsslag. Mätningarna som genomfördes till denna rapport skedde under 20-minuterssekvenser och således multipliceras antal observerade fordon med tre för att erhålla antal fordon per timme.  $L_{1,MTT}$  beräknas enligt ekvation B.3 (bilaga 2).

$$\text{Antal tunga fordon per timme} = 20 \cdot 3 = 60 \text{ stycken}$$

$$\text{Antal lätta fordon per timme} = 186 \cdot 3 = 558 \text{ stycken}$$

$$L_{1,MTT} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{3600}\left(60 \cdot 10^{79.4/10} + 558 \cdot 10^{69.73/10}\right)\right) = 64.636 \text{ dB(A)}$$

$L_{1,YDT}$  beräknas på samma sätt som  $L_{1,MTT}$ , men baseras, istället för på antal observerade fordon, på statistiska trafikmängdsdata (från Göteborgs Stads hemsida). Relevant information är antal fordon per timme av respektive lätta och tunga fordon. I trafikmängdsdatan anges antal fordon per dygn samt andel tunga fordon i %. För att erhålla antal fordon per timme divideras fordonsantalet med 24. Vid de gator där information om andel tung trafik saknas har antagande gjorts baserat på andel tunga fordon vid aktuellt mättillfälle. Trafikmängdsdatan är från år 2013.

$$L_{1,YDT} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{24 \cdot 3600}\left(0.06 \cdot 9600 \cdot 10^{79.4/10} + 0.94 \cdot 9600 \cdot 10^{69.73/10}\right)\right) = 61.94 \text{ dB(A)}$$

$L_{Aeq,meas,YDT}$  är den ekvivalenta ljudtrycksnivån konverterad till årliga medeltrafikförhållandena och  $L_{Aeq,meas,MTT}$  är den ljudtrycksnivån som uppmättes med ljudtrycksnivåmätaren på plats.

$$L_{Aeq,meas,YDT} = L_{Aeq,meas,MTT} + (L_{1,YDT} - L_{1,MTT}) = 67.3 + (61.94 - 64.636) \approx 64.6 \text{ dB}(A)$$

För ljudtrycksnivåmätare placerad dikt an mot fasad görs ett avdrag på ljudtrycksnivån med 6 dB enligt Nordtest Method, detta på grund av reflektioner mot fasaden som ger ett högre värde än det verkliga.  
Mikrofon vid fasad:  $L_{Aeq,meas,YDT} = 64.6 - 6 = 58.6 \text{ dB}(A)$

## Bilaga 4

### Guldhedsgatan

<b>Guldhedsgatan</b>	
Avstånd vägmitt - mikrofon (meter)	13
Avstånd vägmitt - ljudkälla (meter)	5
Höjd på mikrofon (meter)	1.55
Mättid (minuter)	20
Antal tunga fordon, västergående, (st)	8
Antal tunga fordon, östergående (st)	9
Antal lätta fordon, västergående (st)	139
Antal lätta fordon, östergående (st)	115

#### **Medelhastighet, fordon i västergående riktning:**

Mätsträcka: 30 meter

<b>Tid (sekunder) för fordon att passera mätsträckan</b>
2.48
2.78
1.95
3.72
2.20
3.15
3.54
2.78
3.15
2.78

$V_{\text{Guldhedsgatan, väster}} = 37.4 \text{ km/h}$

#### **Medelhastighet, fordon i östergående riktning:**

Mätsträcka: 30 meter

<b>Tid (sekunder) för fordon att passera mätsträckan</b>
3.26
2.14
1.58
1.97
2.76
2.28
2.25
2.45
2.13
2.22

$V_{\text{Guldhedsgatan, öster}} = 46.9 \text{ km/h}$

Nedan följer, baserade på både uppmätta och observerade värden i fält samt statistiska värden från Göteborgs Stads hemsida, beräkningar av den korrigerade ekvivalenta ljudtrycksnivån enligt mätstandard *Nordtest Method* (se bilaga 2). Resultatet är en uppskattad ljudtrycksnivå vid en specifik plats utifrån både uppmätta ljudtrycksnivåer och framräknade utifrån statistisk trafikdata.

I mätstandarden utgår från att ljudupptagningen sker 10 meter från ljudkällan. När så inte är fallet tas hänsyn till detta genom en avståndskorrigerings.

### Uppmätt ljudtrycksnivå från mätning, $L_{Aeq,meas,MTT}$ : 67.3 dB(A)

#### Västergående körfältsriktning

Då avståndet till fordonen i denna körfältsriktning var 8 meter är en avståndskorrigerings nödvändig. Nedan ses ekvation B.1, B.2 i respektive kombination med ekvation 8.

$$L_{AE}(8m)_{tungga} = 80.5 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{8}\right) = 81.47 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE}(8m)_{lätta} = 71.1 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{8}\right) = 72.07 \text{ dB(A)}$$

#### Östergående körfältsriktning:

Då avståndet till fordonen i denna körfältsriktning var 18 meter är en avståndskorrigerings nödvändig. Nedan ses ekvation B.1, B.2 i respektive kombination med ekvation 8.

$$L_{AE}(18m)_{tungga} = 80.5 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{18}\right) = 77.95 \text{ dB(A)}$$

Då hastigheten i östergående riktning visade sig vara ungefär 47 km/h ( $v \geq 40 \text{ km/h}$ ) beräknas  $L_{AE}$  ut med hänsyn till denna hastighet (se utdrag ur *Nordtest Method*, bilaga 2) innan den korrigeras med avseende på avståndet.

$$L_{AE}(10m)_{lätta} = 73.5 + 25 \cdot \log_{10}\left(\frac{47}{50}\right) = 72.83 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE}(18m)_{lätta} = 72.83 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{18}\right) = 70.28 \text{ dB(A)}$$

Ljudtrycksnivån för väster- respektive östergående körfältsriktning adderas för tunga och lätta fordon separat, enligt ekvation 9.

$$L_{AE,tungga} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{17}(8 \cdot 10^{81.47/10} + 9 \cdot 10^{77.95/10})\right) = 79.96 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE,lätta} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{254}(139 \cdot 10^{72.07/10} + 115 \cdot 10^{70.28/10})\right) = 71.35 \text{ dB(A)}$$

$L_{1,MTT}$  baseras på antal tunga och lätta fordon per timme vid mättillfället, samt tidigare framräknade  $L_{AE}$ -värden för respektive fordonsslag. Mätningarna som genomfördes till denna rapport skedde under 20-minuterssekvenser och således multipliceras antal observerade fordon med tre för att erhålla antal fordon per timme.  $L_{1,MTT}$  beräknas enligt ekvation B.3 (bilaga 2).

$$\text{Antal tunga fordon per timme} = 17 \cdot 3 = 51 \text{ stycken}$$

$$\text{Antal lätta fordon per timme} = 254 \cdot 3 = 762 \text{ stycken}$$

$$L_{1,MTT} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{3600}(51 \cdot 10^{79.96/10} + 762 \cdot 10^{71.35/10})\right) = 66.327 \text{ dB(A)}$$

$L_{1,YDT}$  beräknas på samma sätt som  $L_{1,MTT}$ , men baseras, istället för på antal observerade fordon, på statistiska trafikmängdsdata (från Göteborgs Stads hemsida). Relevant information är antal fordon per timme av respektive lätta och tunga fordon. I trafikmängdsdatan anges antal fordon per dygn samt andel tunga fordon i %. För att erhålla antal fordon per timme divideras fordonsantalet med 24. Vid de gator där information om andel tung trafik saknas har antagande gjorts baserat på andel tunga fordon vid aktuellt mätillfälle. Trafikmängdsdatan är från år 2013.

$$L_{1,YDT} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{24 \cdot 3600} \left( 0.06 \cdot 14100 \cdot 10^{79.96/10} + 0.94 \cdot 14100 \cdot 10^{71.35/10} \right) \right) = 64.862 \text{ dB(A)}$$

$L_{Aeq,meas,YDT}$  är den ekvivalenta ljudtrycksnivån konverterad till årliga medeltrafikförhållandena och  $L_{Aeq,meas,MTT}$  är den ljudtrycksnivån som uppmättes med ljudtrycksnivåmätaren på plats.

$$L_{Aeq,meas,YDT} = L_{Aeq,meas,MTT} + (L_{1,YDT} - L_{1,MTT}) = 67.3 + (64.862 - 66.327) \approx 65.8 \text{ dB(A)}$$

## Bilaga 5

### Dr Allards gata

Dr Allards gata	
Avstånd vägmitt - mikrofon (meter)	10
Avstånd vägmitt - ljudkälla (meter)	2
Höjd på mikrofon (meter)	1.55
Mättid (minuter)	20
Antal tunga fordon, norrgående (st)	1
Antal tunga fordon, södergående (st)	1
Antal lätta fordon, norrgående (st)	18
Antal lätta fordon, södergående (st)	21

### Medelhastighet, fordon i norrgående riktning:

Mätsträcka: 10.5 meter

Tid (sekunder) för fordon att passera mätsträckan
1.21
1.17
1.24
0.97
0.91
1.90
1.21
0.94
1.00
1.59

$V_{\text{Allards, norr}} = 32.0 \text{ km/h}$

### Medelhastighet, fordon i södergående riktning:

Sträcka: 10.5 meter

Tid (sekunder) för fordon att passera mätsträckan
1.44
1.39
1.13
1.23
1.45
1.26
1.31
1.42
1.47
1.55

$V_{\text{Allards, söder}} = 27.6 \text{ km/h}$

Nedan följer, baserade på både uppmätta och observerade värden i fält samt statistiska värden från Göteborgs Stads hemsida, beräkningar av den korrigerade ekvivalenta ljudtrycksnivån enligt mätstandard *Nordtest Method* (se bilaga 2). Resultatet är en uppskattad ljudtrycksnivå vid en specifik plats utifrån både uppmätta ljudtrycksnivåer och framräknade utifrån statistisk trafikdata.

I mätstandarden utgås från att ljudupptagningen sker 10 meter från ljudkällan. När så inte är fallet tas hänsyn till detta genom en avståndskorrigerings.

### Uppmätt ljudtrycksnivå från mätning, $L_{Aeq,meas,MTT}$ : 56.3 dB(A)

#### Norrgående körfältsriktning

Då avståndet till fordonen i denna körfältsriktning var 8 meter är en avståndskorrigerings nödvändig. Nedan ses ekvation B.1, B.2 i respektive kombination med ekvation 8.

$$L_{AE}(8m)_{tungga} = 80.5 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{8}\right) = 81.47 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE}(8m)_{lätta} = 71.1 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{8}\right) = 72.07 \text{ dB(A)}$$

#### Södergående körfältsriktning

Då avståndet till fordonen i denna körfältsriktning var 12 meter är en avståndskorrigerings nödvändig. Nedan ses ekvation B.1, B.2 i respektive kombination med ekvation 8.

$$L_{AE}(12m)_{tungga} = 80.5 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{12}\right) = 79.71 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE}(12m)_{lätta} = 71.1 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{12}\right) = 70.31 \text{ dB(A)}$$

Ljudtrycksnivån för norr- respektive södergående körfältsriktning adderas för tunga och lätta fordon separat, enligt ekvation 9.

$$L_{AE,tungga} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{2} \cdot 10^{81.47/10} + \frac{1}{2} \cdot 10^{79.71/10}\right) = 80.68 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE,lätta} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{18}{39} \cdot 10^{72.07/10} + \frac{21}{39} \cdot 10^{70.31/10}\right) = 71.21 \text{ dB(A)}$$

$L_{1,MTT}$  baseras på antal tunga och lätta fordon per timme vid mättillfället, samt tidigare framräknade  $L_{AE}$ -värden för respektive fordonsslag. Mätningarna som genomfördes till denna rapport skedde under 20-minuterssekvenser och således multipliceras antal observerade fordon med tre för att erhålla antal fordon per timme.  $L_{1,MTT}$  beräknas enligt ekvation B.3 (bilaga 2).

$$\text{Antal tunga fordon per timme} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ stycken}$$

$$\text{Antal lätta fordon per timme} = 39 \cdot 3 = 117 \text{ stycken}$$

$$L_{1,MTT} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{3600} (6 \cdot 10^{80.68/10} + 117 \cdot 10^{71.21/10})\right) = 57.95 \text{ dB(A)}$$

$L_{1,YDT}$  beräknas på samma sätt som  $L_{1,MTT}$ , men baseras, istället för på antal observerade fordon, på statistiska trafikmängdsdata (från Göteborgs Stads hemsida). Relevant information är antal fordon per timme av respektive lätta och tunga fordon. I trafikmängdsdatan anges antal fordon per dygn samt andel tunga fordon i %. För att erhålla antal fordon per timme divideras fordonsantalet med 24. Vid de gator där information om andel tung trafik saknas har antagande gjorts baserat på andel tunga fordon vid aktuellt mättillfälle. Trafikmängdsdatan är från år 2013.

$$L_{1,YDT} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{24 \cdot 3600} \left( 0.05 \cdot 2300 \cdot 10^{80.68/10} + 0.95 \cdot 2300 \cdot 10^{71.21/10} \right) \right) = 56.90 \text{ dB(A)}$$

$L_{Aeq,meas,YDT}$  är den ekvivalenta ljudtrycksnivån konverterad till årliga medeltrafikförhållandena och  
 $L_{Aeq,meas,MTT}$  är den ljudtrycksnivån som uppmättes med ljudtrycksnivåmätaren på plats.

$$L_{Aeq,meas,YDT} = L_{Aeq,meas,MTT} + (L_{1,YDT} - L_{1,MTT}) = 56.3 + (56.9 - 57.95) \approx 55.3 \text{ dB(A)}$$

## Bilaga 6

### Nordhemsgatan

Nordhemsgatan	
Avstånd vägmitt - mikrofon (meter)	6
Avstånd vägmitt - ljudkälla (meter)	1
Höjd på mikrofon, (meter)	1.55
Mättid (minuter)	20
Antal tunga fordon, norrgående, (st)	1
Antal tunga fordon, södergående, (st)	0
Antal lätta fordon, norrgående,(st)	16
Antal lätta fordon, södergående, (st)	25

#### Medelhastighet, fordon i norrgående riktning:

Mätsträcka: 40 meter

Tid (sekunder) för fordon att passera mätsträckan
4.57
3.64
5.58

$V_{\text{Nordhemsgatan, norr}} = 31.3 \text{ km/h}$

#### Medelhastighet, fordon i södergående riktning:

Mätsträcka: 40 meter

Tid (sekunder) för fordon att passera mätsträckan
2.83
4.66
4.81

$V_{\text{Nordhemsgatan, söder}} = 35.1 \text{ km/h}$

Nedan följer, baserade på både uppmätta och observerade värden i fält samt statistiska värden från Göteborgs Stads hemsida, beräkningar av den korregerade ekvivalenta ljudtrycksnivån enligt mätstandard *Nordtest Method* (se bilaga 2). Resultatet är en uppskattad ljudtrycksnivå vid en specifik plats utifrån både uppmätta ljudtrycksnivåer och framräknade utifrån statistisk trafikdata.

I mätstandarden utgås från att ljudupptagningen sker 10 meter från ljudkällan. När så inte är fallet tas hänsyn till detta genom en avståndskorrigering.

**Uppmätt ljudtrycksnivå från mätning,  $L_{\text{Aeq,meas,MTT}}$ : 61.3 dB(A)**

### Norrgående körfältsriktning

Då avståndet till fordonen i denna körfältsriktning var 5 meter är en avståndskorrigerings nödvändig. Nedan ses ekvation B.1, B.2 i respektive kombination med ekvation 8.

$$L_{AE}(5m)_{tung} = 80.5 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{5}\right) = 83.51 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE}(5m)_{lät} = 71.1 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{5}\right) = 74.11 \text{ dB(A)}$$

### Södergående körfältsriktning

Då avståndet till fordonen i denna körfältsriktning var 7 meter är en avståndskorrigerings nödvändig. Nedan ses ekvation B.1, B.2 i respektive kombination med ekvation 8.

$$L_{AE}(7m)_{tung} = 80.5 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{7}\right) = 82.05 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE}(7m)_{lät} = 71.1 + 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{10}{7}\right) = 72.65 \text{ dB(A)}$$

Ljudtrycksnivån för norr- respektive södergående körfältsriktning adderas för tunga och lätta fordon separat, enligt ekvation 9.

$$L_{AE,tung} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{1} \cdot 10^{83.51/10} + \frac{0}{1} \cdot 10^{82.05/10}\right) = 83.51 \text{ dB(A)}$$

$$L_{AE,lät} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{16}{41} \cdot 10^{7/10} + \frac{21}{39} \cdot 10^{70.31/10}\right) = 73.28 \text{ dB(A)}$$

$L_{1,MTT}$  baseras på antal tunga och lätta fordon per timme vid mättillfället, samt tidigare framräknade  $L_{AE}$ -värden för respektive fordonsslag. Mätningarna som genomfördes till denna rapport skedde under 20-minuterssekvenser och således multipliceras antal observerade fordon med tre för att erhålla antal fordon per timme.  $L_{1,MTT}$  beräknas enligt ekvation B.3 (bilaga 2).

$$\text{Antal tunga fordon per timme} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ stycken}$$

$$\text{Antal lätta fordon per timme} = 41 \cdot 3 = 123 \text{ stycken}$$

$$L_{1,MTT} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{3600}(3 \cdot 10^{83.51/10} + 123 \cdot 10^{73.28/10})\right) = 59.61 \text{ dB(A)}$$

$L_{1,YDT}$  beräknas på samma sätt som  $L_{1,MTT}$ , men baseras, istället för på antal observerade fordon, på statistiska trafikmängdsdata (från Göteborgs Stads hemsida). Relevant information är antal fordon per timme av respektive lätta och tunga fordon. I trafikmängdsdatan anges antal fordon per dygn samt andel tunga fordon i %. För att erhålla antal fordon per timme divideras fordonsantalet med 24. Vid de gator där information om andel tung trafik saknas har antagande gjorts baserat på andel tunga fordon vid aktuellt mättillfälle. Trafikmängdsdatan är från år 2013.

$$L_{1,YDT} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{24 \cdot 3600}\left(0.06 \cdot 1200 \cdot 10^{83.51/10} + 0.94 \cdot 1200 \cdot 10^{73.28/10}\right)\right) = 56.67 \text{ dB(A)}$$

$L_{Aeq,meas,YDT}$  är den ekvivalenta ljudtrycksnivån konverterad till årliga medeltrafikförhållandena och  $L_{Aeq,meas,MTT}$  är den ljudtrycksnivån som uppmättes med ljudtrycksnivåmätaren på plats.

$$L_{Aeq,meas,YDT} = L_{Aeq,meas,MTT} + (L_{1,YDT} - L_{1,MTT}) = 61.3 + (56.67 - 59.61) \approx 58.4 \text{ dB(A)}$$