



CHALMERS



# Låga bullerskärmar i Göteborgs innerstad

## En undersökning för tillämpning av låga bullerskärmar för väg- och spårtrafik vid utemiljöer i Göteborg

Moa Aldén

Elisabeth Bruhn

Adam Goncalves

Lukas Hyltén

Mårten Muregård

Oskar Åström

---

**Kandidatarbete i Samhällsbyggnadsteknik**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



KANDIDATARBETE ACEX11 2023

**Låga bullerskärmar i Göteborgs innerstad: En  
undersökning för tillämpning av låga  
bullerskärmar för väg- och spårtrafik vid  
utemiljöer i Göteborg**

Grupp 23-80 ACEX11



**CHALMERS**

Kandidatarbete i Samhällsbyggnadsteknik

ACEX11 23-80

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

Låga bullerskärmar i Göteborgs innerstad: En undersökning för tillämpning av låga bullerskärmar för väg- och spårtrafik vid utemiljöer i Göteborg

Handledare: Krister Larsson

Examinator: Jens Forssén

Kandidatarbete 2023

Institutionen för Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Göteborg, Sverige 2023

## Sammanfattning

Buller är ett genomgripande problem och en av de stora miljörelaterade orsakerna till en negativ påverkan av människors hälsa. Exponering av höga ljudnivåer kan medföra inlärningssvårigheter och ökar risken för sömnstörningar som exempelvis kan leda till hjärtinfarkt. Varje år dör omkring 12 000 människor i Europa i förtid till följd av bullerrelaterade hälsoeffekter. Trafikbuller är den bullertypen som stör flest människor per år i Sverige och ungefär 2 miljoner svenskar påverkas av höga bullernivåer.

Användning av bullerskärmar kan avsevärt reducera bullernivåerna som alstras från tungt trafikerade vägar. Bullerskärmar kan dock enligt estetiska aspekter vara oönskade i flera områden. En annan motsättning är att bullerskärmar kan skymma sikten vilket kan leda till en försämrad trygghet. Ett sätt att undvika dessa negativa synpunkter är användandet av låga bullerskärmar (1 – 1,2 meter höga) som kan anses vara underutnyttjade, speciellt i innerstadsområden.

Denna studie har i syfte att undersöka möjligheterna för ökad användning av låga bullerskärmar genom att teoretiskt tillämpa låga bullerskärmar runt Kungsparken i Göteborg. Litteraturstudier har gjorts för att få bakgrundsfakta och flertalet intervjuer har utförts för att få in fler aspekter om hur buller påverkar människor som befinner sig i Göteborgs innerstadsområden. För att få en referens huruvida Kungsparken är i behov av bullerskärmar har ljudnivåerna mätts på plats och beräkningar enligt beräkningsmodellen Nord2000 har utförts i Matlab.

Slutsatsen är att låga bullerskärmar kan reducera ljudnivån med 6,5 – 7,5 dBA och är ett effektivt alternativ utifrån ett akustiskt perspektiv för att reducera höga ljudnivåer som kan förekomma i en innerstad.

## Abstract

Noise is a reaccuring issue and substantial issue that negatively impact human health. Exposure to excessively high noise levels can lead to learning difficulties, increase the risk of sleep disorders as well as increased stress, which can potentially result in heart attacks. Every year, approximately 12 000 people in Europe die prematurely due to noise-related health effects. Traffic noise is the type of noise that affects the most people per year in Sweden, with around 2 million Swedes being affected by high noise levels due to cities and the large use of motor vehicle.

The use of noise barriers can significantly reduce the noise levels generated from heavily trafficked roads. However, noise barriers can be aesthetically undesirable in various areas. Another drawback is that they can obstruct visibility, leading to decreased safety. One way to avoid these negative perspectives is by utilizing low noise barriers (1 – 1.2 meters high), which can be considered underused, especially in urban areas.

The purpose of this study is to explore the possibilities for increased use of low noise barriers by theoretically applying them around Kungsparken in Gothenburg. A literature review has been conducted to gather background information, and multiple interviews have taken place to gather additional perspectives on how noise affects people in urban areas of Gothenburg. To establish whether Kungsparken is in need of noise barriers, on-site noise levels have been measured, and calculations using the Nord2000 calculation model have been performed in Matlab.

To conclude, low noise barriers can reduce noise levels with about 6.5 – 7.5 dBA and are an effective alternative from a acoustical perspective to reduce the high sound levels that can occur in a urban environment.

Keywords: Low noise barrier, Road and rail traffic, Noise, Sound theory, Nord2000.

# Ord och akronymer

Nedan följer en alfabetisk sammanställning av de mer komplexa orden och förkortningarna som har använts genom kandidatarbetet:

CAD	Computer Aided Design; Programvara som används för att ta fram digitala modeller.
dBA	A-vägd ljudnivå
Diffraction	Böjning av ljudvågor.
Inteferens	Två eller flera ljudvågor kan både förstärka eller släcka ut varandra när de överlagras.
Kardiovaskulär	Samlingsnamn för cirkulationsorganen hjärtat och blodkärlen.
Kognition	Hjärnans funktion att ta in, bearbeta, lagra och ta fram information.
LAeq	Ekvivalent ljudnivå
Matlab	Står för Matrix Laboratory. Ett beräkningsprogram som används för numeriska simuleringar och annat.
Metabolism	Ämnesomsättningen, processerna som tar upp näringsämnen och läkemedel.
Rekreativmiljö	Område eller samhälle med olika anläggningar och bebyggelse för rekreation, friluftsliv och turism.
SCB	Statistikmyndigheten SCB.
Sociotopvärde	Beskriver hur en utemiljö används av människor.
Substrat	Det underlag växter (eller djur) lever på.
ÅMVD	Årsmedelvardagsdygnstrafik





# Innehåll

<b>Akronymer</b>	<b>vii</b>
<b>1 Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1 Introduktion . . . . .	1
1.2 Syfte . . . . .	1
1.3 Frågeställningar som behandlas i rapporten . . . . .	2
1.4 Mål . . . . .	2
1.5 Avgränsningar . . . . .	2
1.6 Bakgrund . . . . .	3
1.6.1 Buller . . . . .	3
1.6.2 Hälsoeffekter av buller på människor . . . . .	4
1.6.3 Situationen i Göteborg . . . . .	5
<b>2 Teori</b>	<b>7</b>
2.1 Ljudteori . . . . .	7
2.1.1 Vad ljud är och hur det upplevs . . . . .	7
2.1.2 Ljudutbredning . . . . .	7
2.1.3 Frekvenser och vägning av ljudnivå . . . . .	8
2.2 Bulleremissioner och immissioner . . . . .	9
2.2.1 Vägtrafikens emissioner . . . . .	9
2.2.2 Spårtrafikens emissioner . . . . .	10
2.2.3 Immissioner . . . . .	11
2.3 Göteborgs åtgärdsprogram mot buller . . . . .	11
2.4 Jämförelse av beräkningsmodeller . . . . .	12
2.5 Formler som användes utöver beräkningsmodellerna . . . . .	13
2.6 Låga bullerskärmar . . . . .	14
2.6.1 Låga bullerskärmar idag . . . . .	14
2.6.2 Absorbenter . . . . .	15
2.6.2.1 Påverkan av absorbentens placering . . . . .	15
2.6.2.2 Tegel . . . . .	15
2.6.2.3 Glasgranulat . . . . .	15
2.6.2.4 Växtlighet . . . . .	16
2.6.3 Bullerskärmens placering i förhållande till källan . . . . .	16
2.6.4 Bullerskärmens höjd . . . . .	16
2.6.5 Olycksskydd . . . . .	16
2.6.6 Estetiska aspekter . . . . .	17

---

2.6.7	Belysning . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>19</b>
3.1	Plats . . . . .	19
3.1.1	Val av exempelplatser . . . . .	19
3.1.2	Intervjuer . . . . .	21
3.1.2.1	Intervjuer i Kungsparken och Stenpiren . . . . .	21
3.1.2.2	Intervju med Malin Ekstrand på Stadsmiljöförvaltningen . . . . .	21
3.1.2.3	Intervju med arkitekten Johan Linton . . . . .	22
3.1.2.4	Intervju med Nicklas Erlandsson på Z-bloc . . . . .	22
3.1.3	Inhämtning av data . . . . .	22
3.1.4	Val av slutgiltig plats . . . . .	23
3.2	Beräkning . . . . .	23
3.2.1	Korrektion av mätvärden . . . . .	23
3.2.2	Val av beräkningsmodell . . . . .	24
3.2.3	Bearbetning av data i Nord2000 i Matlab . . . . .	24
3.2.3.1	Mätplats 1 . . . . .	25
3.2.3.2	Mätplats 2 . . . . .	25
3.2.3.3	Mätplats 3 . . . . .	26
3.3	Modell . . . . .	26
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>27</b>
4.1	Resultat från ljudmätning . . . . .	27
4.2	Resultatet av simuleringen . . . . .	29
4.2.1	Kungsparken Mätplats 1 . . . . .	30
4.2.2	Kungsparken Mätplats 2 . . . . .	31
4.2.3	Kungsparken Mätplats 3 . . . . .	36
4.3	Mätplats 2 med en simulerad öppning . . . . .	37
4.4	Tolkning av resultat . . . . .	40
4.5	Bullerskärmens utseende . . . . .	41
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>45</b>
5.1	Utvärdering av resultat . . . . .	45
5.1.1	Fältmätningar . . . . .	45
5.1.2	Simulering . . . . .	46
5.1.3	Intervjuer . . . . .	47
5.1.4	Bullerskärmens höjd . . . . .	47
5.2	Integration och estetik . . . . .	47
5.3	Grönområden och rekreativmiljöer . . . . .	48
5.4	Förbättringspotential och eventuella felkällor . . . . .	48
5.5	Vidare arbete . . . . .	50
<b>6</b>	<b>Slutsats</b>	<b>51</b>
<b>A</b>	<b>Mätdata Stenpiren</b>	<b>I</b>

---

<b>B</b>	<b>Intervjuer Stenpiren och Kungsparken</b>	<b>III</b>
<b>C</b>	<b>Simulering</b>	<b>VII</b>
<b>D</b>	<b>Korrektion av mätvärden</b>	<b>XV</b>
<b>E</b>	<b>Indata till Nord2000</b>	<b>XIX</b>
<b>F</b>	<b>Jämförelse av resultat där endast hastigheten ändrats som parameter</b>	<b>XXI</b>



# 1

## Introduktion

### 1.1 Introduktion

Göteborgs stadskärna växer hela tiden. Till 2035 ska staden bli dubbelt så stor med nya bostäder och kontor (Göteborgs Stad, 2020). I samband med utvecklingen kommer även kollektivtrafiken att växa, vilket kommer leda till fler tunga fordon i form av bussar samt spårvagnar i innerstaden. Bil- och spårtrafik är några av de vanligaste bullerkällorna och leder till hundratals för tidiga dödsfall per år i Sverige (Boverket, 2022). Ljudföroreningar anses vara ett av de största miljöhoten mot människors hälsa enligt World Health Organization (2019) och måste därför beaktas vid stadens expansion.

Med stadens expansion drabbas grön- och rekreationsområden (Göteborgs Stad, u.å.-a). Rekreationsmiljöer är viktiga för människors hälsa och har en stressminskande och blodtryckssänkande effekt (Boverket, 2021). Därför är det viktigt att dessa områden utomhus förbättras så att de är tysta och lugna. På områden där rekreation kan uppnås kan man promenera, ha picknick eller umgås på ett kafé.

Rapporten kommer undersöka de akustiska förbättringsmöjligheterna hos utomhusmiljöer i innerstaden. Kungsparken kommer att användas som exempelområde. Här kommer låga bullerskärmar att placeras och utformas för att på ett effektivt sätt reducera ljudnivåerna och skapa tystare parkområden.

### 1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att undersöka möjligheterna för ökad användning av låga bullerskärmar i planeringsprocessen och att med hjälp av verklighetsanpassade exempel underlätta tillämpningen av dessa, inte bara för enskilda sektioner av gatuummet utan för funktionella lösningar längs med ett gatuområde.

Rapporten kan tänkas användas av stadsplanerare, landsskapsarkitekter eller liknande som en utgångspunkt i planeringsstadiet.

## 1.3 Frågeställningar som behandlas i rapporten

Frågeställningar som behandlas i rapporten är följande:

- Är låga bullerskärmar ett effektivt medel för att reducera bullernivån för parkmiljöer i Göteborgs innerstad?
- Är Kungsparken i behov av låga bullerskärmar?
- Vilka estetiska lösningar kan tillämpas så att bullerskärmen passar in i den kringliggande miljön?

## 1.4 Mål

Målet med rapporten är att med hjälp av insamlad ljuddata från innerstadsområden i Göteborg beräkna effekten av låga bullerskärmar för olika placeringslösningar. Resultatet ska fungera som ett gott exempel på användning av låga bullerskärmar i innerstadsmiljöer på andra platser i Göteborg och Sverige.

Vidare målsättning är att skärmarna ska smälta in i omgivningen ur ett estetiskt perspektiv, samt att visa att bullerskärmar i innerstadsmiljöer kan leda till en förbättring av människors hälsa.

## 1.5 Avgränsningar

Denna rapport kommer att innefatta parkområden då målet är att förbättra rekreations- och utomhusmiljöer. Detta medför att andra områden i Göteborg samt inomhusmiljöer, såsom bostäder, inte kommer att undersökas.

Fältmätningar av ljud kommer endast att vara i ekvivalent A-vägd ljudtrycksnivå och beräkningar kommer att göras med Nord2000. Endast buller från bil- och spårtrafik har uppmätts, men andra ljudkällor förekommer i staden.

Skärmarnas höjd kommer att vara 1,2 meter då höjden förbättrar bullerreduktionen, och varken lägre skärmar eller höga bullerskärmar kommer att undersökas. Andra bullerreducerande åtgärder som att leda om trafik, sänka hastigheterna på vägarna eller använda vallar av till exempel jord kommer inte heller att undersökas.

Materialval för bullerskärmar kommer inte att jämföras i denna rapport utan rapporten kommer undersöka en skärm i tegel. Materialvalet är baserat på rapporten *Materials lämplighet för bullerskärmskonstruktioner* (Björk Tocaj m. fl., 2015).

De ekonomiska konsekvenserna som till exempel nyttokostnaden kommer inte att utvärderas eller beräknas för låga bullerskärmar. Kostnader för exempelvis reparation och underhåll kommer inte heller ingå i rapporten.

## 1.6 Bakgrund

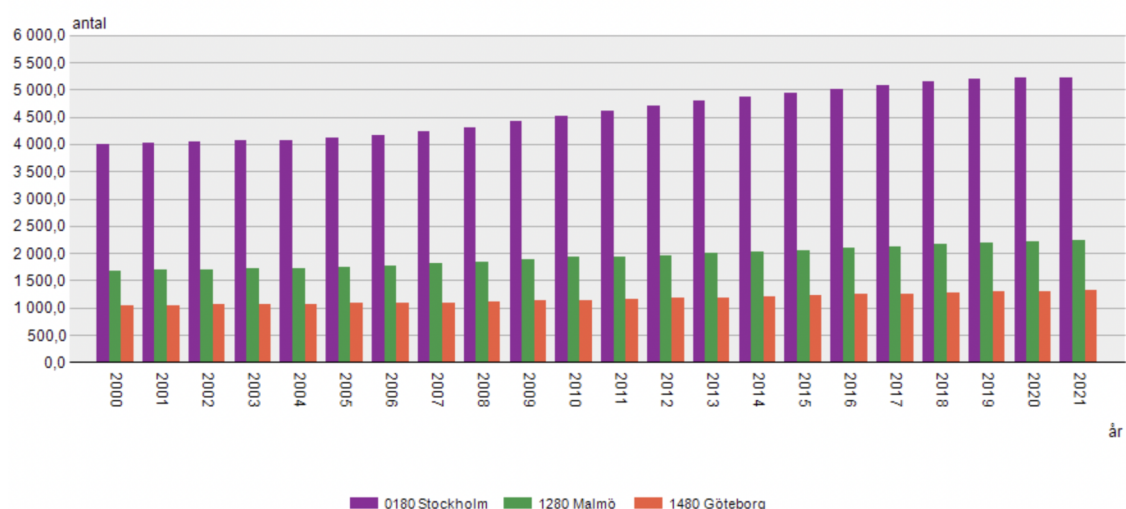
För att förstå varför buller är ett problem i samhället är det viktigt att veta vad buller och de efterföljande hälsoeffekterna är. Vidare beskrivs hur bullersituationen ser ut i Göteborg.

### 1.6.1 Buller

Buller är ljud som man kan beskriva som störande, oönskat eller rent av skadligt för människor (Folkhälsomyndigheten, 2022). Ljudet kan ha bland annat trafik, industri eller byggnation som källa. I takt med att Sveriges städer blir allt tätare och dess befolkningstäthet blir allt högre bor idag nästan 85% av landets befolkning i tätorter (Boverket, 2008). Ytterligare rapporterar Boverket att det ökande trycket på städernas transportinfrastruktur har lett till att buller från trafik, såväl bil- som spårtrafik, blivit den miljöstörning som berör flest människor i Sverige.

Enligt Boverket (2008) berörs cirka två miljoner människor av trafikbuller överstigande 55 dBA ekvivalent ljudnivå per dygn på utsidan av sina bostäder. Av dessa är drygt 75% påverkade av vägtrafik och resterande 25% av spårburen trafik. WSP gjorde en undersökning år 2009 på uppdrag av Naturvårdsverket som visade på liknande antal exponerade samt fördelningen mellan väg- och spårtrafik (WSP, 2009). Sedan 2003, då Vägverket gjorde sin utredning, har befolkningstätheten i Sveriges tre storstadsområden Stockholm, Göteborg och Malmö ökat med nästan 28% enligt statistik från SCB, se Figur 1.1, så antalet berörda av trafikbuller är idag betydligt fler.

**Figur 1.1:** Data mellan 2000 - 2021 från SCB:s statistikdatabas över befolkningstätheten i Stockholm, Göteborg och Malmö (Statistikmyndigheten SCB, 2023).



### 1.6.2 Hälsoeffekter av buller på människor

Bullerexponering under en längre tid är en av de stora miljörelaterade orsakerna till dålig hälsa hos människor i Europa (European Environment Agency, 2019). Bara finkornig partikelexponering är värre för mänsklig hälsa än buller från flygtrafik, spår- och vägtrafik. Hälsoriskerna är irritation, sömnstörning, negativ påverkan på kardiovaskulär hälsa och metaboliska system. Ljudnivåerna från buller är oftast för låga för att orsaka direkt skada på örat.

Den kognitiva utvecklingen hos barn kan försämrats vid exponering av buller. Om barn utsätts för buller i klassrummet kan de negativa effekterna vara försämrad hörförståelse, rastlöshet och minskad motivation (European Environment Agency, 2019). Detta kan resultera i sämre läsförmåga, prestation och minne. Försämrad kognitiv utveckling kan dessutom kopplas till bullerexponering i hemmet under nattimmarna.

Det är inte bara nivån av ljudexponering som är viktig utan också i vilken kontext buller förekommer, såsom tid på dygnet eller personliga faktorer (European Environment Agency, 2019). En individ kan vara känsligare för buller än en annan beroende på välmående och när på dygnet den sover, behöver koncentrera sig eller kommunicera med andra. Irritation är den vanligaste emotionella responsen till buller, och förlängd irritation är varken bra för det fysiska eller psykiska välmåendet. Individer kan uppleva sig stressade och allmänt missnöjda. De allvarligaste hälsoeffekterna såsom påverkan på det kardiovaskulära systemet kan leda till att människor dör i förtid. Detta beror på att buller orsakar stresspåslag under en längre tid som leder till försämrad sömn, vilket i sin tur är dåligt för det kardiovaskulära systemet. Höga ljudnivåer kan leda till att man blir störd i sömnen vilket också resulterar i försämrad sömn. Även ojämna pulspåslag och utsöndring av stresshormoner under vaken tid är en orsak som har negativ påverkan.

Riktlinjer enligt Världshälsoorganisationen WHO (2018) innefattar att det inte bör överstiga 53 dB dygnsekvivalent ljudnivå eller 45 dB ekvivalent ljudnivå under nattimmarna för bostäder som utsätts av buller från vägtrafik. En överskridning av dessa kan leda till försämring av hälsa och sömn. Det uppskattas att 12 000 människor i Europa dör i förtid av långsiktig exponering av buller och det bidrar till 48 000 nya fall av hjärtsjukdomar varje år (European Environmental Agency, 2020). Trafikvärden som överskrider riktlinjer exponerar ungefär 2 miljoner människor i Sverige (Boverket, 2021).

Parker utformade för att ha en låg och naturlig ljudmiljö har motverkande effekt på de negativa hälsoeffekterna orsakade av buller (Boverket, 2020). Vidare hävdar Boverket att bäst effekt uppstår vid kombination av platsens utformning för naturlig ljudmiljö och där platsen har vegetation.



### 1.6.3 Situationen i Göteborg

Miljöförvaltningen i Göteborgs Stad har i en egen kartläggning över trafikbuller bedömt att cirka 137 100 invånare exponeras för trafikbuller överstigande 55 dBA dygnsekvivalent ljudnivå vid fasaden (Göteborgs Stad, 2019). Vidare utsätts 53 400 av dessa för nivåer överstigande 60 dBA samt 11 700 för ljudnivåer över 65 dBA. Jämfört med värden som uppmättes i en liknande beräkning i staden år 2013 har antalet boende exponerade för höga ljudnivåer ökat. Stadens mest biltrafikerade gator består av Ullevigatan, Skånegatan, Övre Husargatan samt vägarna runt omkring Korsvägen och Drottningtorget. Dessa gator trafikeras dagligen av 10 000–20 000 fordon (Eliasson m. fl., 2017). Kollektivtrafiken är koncentrerad runt Brunnsparken, Järntorget, Korsvägen, Drottningtorget och Svingeln i innerstaden.

Speciellt för Göteborg är att innerstaden trafikeras inte bara av bilar och bussar utan även av spårvagnar, vilket medför svårigheter gällande ljud. Buller från spårvagnar är i regel högre än buller från bilar, det kan även ta andra former varav gnissel är ett stort problem. 2020 fanns det 41 smörjstationer i spårvägsnätet för att försöka minska gnissel (Göteborgs Spårvägar, u.å.). Det har även nyligen skett en utfasning av den äldre modellen M28 till förmån för de modernare modellerna M32 och M33 (Göteborgs Spårvägar, 2021). De nyare modellerna är bestyckade med ett system som applicerar en bullerdämpningsfilm på rälshuvudet under färden och mätningar visar på en 80% minskning av gnissel ombord på fordonet i kurvor. Trots detta kommer spårvagnar fortsätta utgöra en betydande andel av trafikbullret i Göteborgs innerstad.

Göteborgs Stad har sedan 2014 tagit fram ett åtgärdsprogram som gäller i fem år för att få bukt med stadens bullerproblematik med bland annat trafikbullerkartläggningen som underlag (Göteborgs Stad, 2018b). Den första upplagan av programmet gällde mellan 2014 och 2018, och den andra upplagan gäller mellan 2019 och 2023. Det nuvarande programmet är uppdelat i åtta åtgärdsområden som preciserar åtgärder, målår, ansvarig nämnd, övriga medverkande samt resursbehov.

De åtta åtgärdsområden som presenteras är uppdelade enligt följande:

- Ljudmiljön i parker och grönområden
- Utemiljöer vid förskolor och grundskolor
- Bullerskyddsåtgärder i bostadsområden
- Buller från kollektivtrafik
- Tyst sida
- Skärmar och vallar
- Stadsplanera för goda ljudmiljöer
- Bullerkartläggning

Speciellt intressant för denna rapport är området *Ljudmiljön i parker och grönområden*.



# 2

## Teori

### 2.1 Ljudteori

I följande sektion presenteras teori kopplat till ljud. Syftet är att ge en ökad förståelse för vad ljud och buller är, hur det uppstår samt hur det breder ut sig i omgivningen.

#### 2.1.1 Vad ljud är och hur det upplevs

Ljud är mekaniska vågor som sprider ut sig i olika media och sedan uppfattas av ett hörselorgan. Akustik eller ljud och vibrationer är läran om detta och frekvensområdet 20 – 20 000 Hz för dessa vågor är det som vanligtvis studeras. Det är omkring det intervallet som människor kan uppfatta ljud med sina öron (Höstmad och Kropp, 2016). Människor uppfattar ljud i så kallad tonhöjd som gör att det går att avgöra vad för typ av ljud det är och identifiera ljudkällan utefter det (Prendergast m. fl., 2017). Högljuddhet är också en del av ljudupplevelsen och bestäms av ljudnivån, vilket är amplituden av ljudvågen och mäts logaritmiskt i enheten decibel (Berg och Nathanson, 2022).

#### 2.1.2 Ljudutbredning

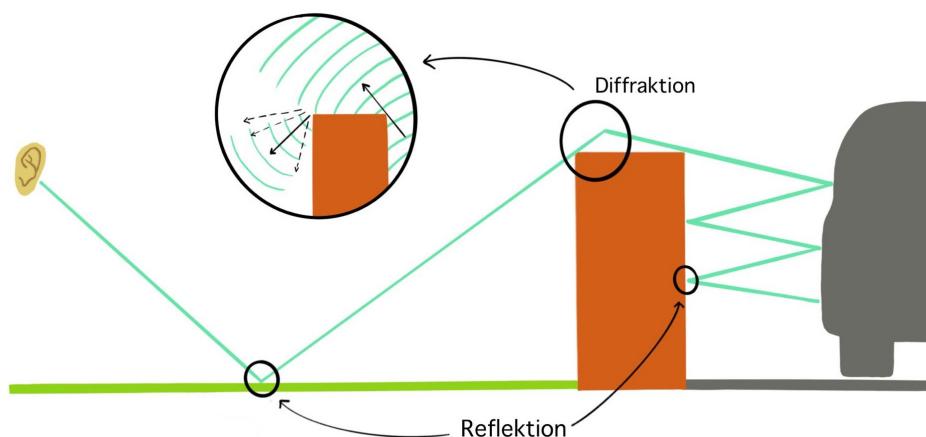
Inom geometrisk akustik utformas spridningen av ljudet som linjer eller strålar mellan ljudkällan och mottagaren (European Commission, 2012). Det finns flera olika vägar som ljudet kan färdas. Den första typen är den direkta utbredningsvägen och syftar på den raka linje som kan modelleras upp mellan ljudkällan och mottagare. Den direkta utbredningsvägen påverkas inte av täckande objekt som kan komma att avskärma eller absorbera ljudvågorna. Påverkan från dessa objekt räknas istället ut med beräkningar.

Den andra typen är den reflekterade utbredningsvägen och denna förekommer i flera olika sorter. Denna typ av utbredningsväg innehåller de raka linjer som kan dras från ljudkällan till en reflekterande yta på ett vertikalt eller lätt lutande objekt och sedan vidare till mottagaren. Denna utbredningsväg inkluderar också reflektioner från markytan. Se markerade exempel i Figur 2.1.

När ljudvågor med olika amplitud och färförskjutning rör sig över samma område sker interferens (NE, u.å.). Detta gör att ljudvågorna kan släcka ut varandra om den ena ljudvågen är förskjuten en halv våglängd och på så sätt minska ljudnivån. Om ljudvågorna har samma amplitud tar dessa ut varandra. På samma sätt kan ljudnivån i stället öka om ljudvågorna har samma frekvens och samma fas.

Den tredje typen av utbredningsväg är diffraktion som uppstår på grund av interferens och skapas av ett objekts horisontella och vertikala kanter (European Commission, 2012). Denna utbredningsväg berör ljudet som ändrar riktning vid passering av en bullerskärm, se markering i Figur 2.1. Det finns också utbredningsvägar som är en kombination av diffraktion och reflektion från vertikala objekt, där varje enskild utbredningsväg kommer att ha en påverkan på ljudnivån hos mottagaren. Ett exempel på detta är ljudstrålar som påverkas av diffraktion från bullerskärmen och sedan reflekteras på markytan för att sedan träffa mottagaren.

**Figur 2.1:** Bullrets utbredning från fordon. Ljudet reflekteras mot bullerskärmen utan absorbent för att sedan på grund av diffraktion byta riktning och återigen reflekteras mot marken för att nå mottagaren.



### 2.1.3 Frekvenser och vägning av ljudnivå

Människans öron är olika känsliga för ljudets frekvenser och ljud med höga frekvenser uppfattas som mer störande (Boverket, 2014). En sammanvägning av ljudets frekvenser används för att få ett samlat värde. Vid normala frekvenser används en så kallad A-vägning och mäts i dBA och används vid mätning av olika trafikbuller. Denna vägning försvagar låga frekvenser och förstärker ljud med medelhöga frekvenser, vilket kan leda till att dova ljud från tungtrafik underskattas.

För ljud som i majoritet styrs av låga frekvenser används C-vägning. C-vägning dämpar inte låga frekvenser och används för att ge en bild av det lågfrekventa innehållet i ljudet.

## 2.2 Bulleremissioner och immissioner

Emissioner innefattar det ljud som alstras från väg- och spårtrafik samt dess olika specifika ljudkällor. Immissioner syftar på det ljud som når en mottagare.

### 2.2.1 Vägtrafikens emissioner

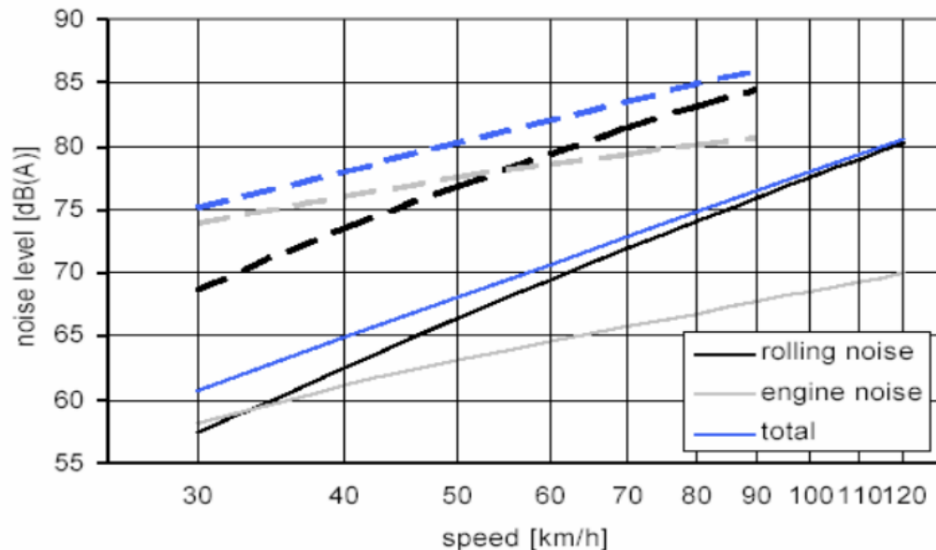
Primärt uppstår buller från fordon som bilar och bussar i dess motorer, avgassystem och transmission (Boverket, 2008). Vidare medför även däckens kontakt med vägbanan samt vindflöden runt om fordonet att buller uppstår. Vilken av dessa två källtyper som dominerar vid emissionerna beror på fordonets hastighet samt vikt. För lätta fordon som personbilar, dominerar framdrivningsbuller vid hastigheter upp till ca 30 km/h, därefter tar däck-vägbullret över som den största emissionskällan. För tunga fordon som till exempel lastbilar, ligger gränsen vid 50 km/h. Boverket listar en rad av emissioner kopplade till vägtrafik i deras rapport *Buller i planeringen – Planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik* (2008), ett urval av dessa är följande:

- Däcktyp – Dess hårdhet, bred och potentiellt dubbar påverkar.
- Körstil – En aggressiv körstil med många snabba inbromsningar och accelerationer leder till mer buller än en lugn och mjuk körstil.
- Vägens beläggning och väglaget – Dränasfalt, eller porös asfalt, fungerar för att sänka ljudnivåerna gentemot vanlig asfalt. Vidare så ökar en våt vägbana bullernivåerna medan en snötäckt vägbana minskar dem.

Faktorerna med störst påverkan är hastigheten på vägen och trafikmängden. En fördubbling av trafikmängden medför en 3 dBA högre ljudnivå enligt ljudteori, medan en ökning av hastighet från 50 km/h till 70 km/h medför en ökning på 4 dBA (Boverket, 2008). Relationen mellan hastighet och ljudnivå kan ses i Figur 2.2.

Den pågående elektrifieringen av personfordon, men framför allt av bussar och lastbilar kommer att göra en markant skillnad på vägtrafikens bulleremissioner i innerstaden (Energiföretagen, 2021). Framdrivningsbullret från ett tungt fordon dominerar normalt sett i hastigheter upp till cirka 50 km/h, eftersom elfordon inte har ett konventionellt motor- eller avgassystem är förekomsten av framdrivningsbuller i stort sett noll från denna fordonstyp inne i städer (Oudah m. fl., 2021).

**Figur 2.2:** Förhållandet mellan ett fordonets hastighet och ljudnivå. De heldragna linjerna representerar personfordon, medan de streckade linjerna representerar tunga fordon. Rolling noise betyder däck-vägbuller och engine noise betyder framdrivningsbuller. Originalbild av Dijkink, J.H och van Keulen, W., hämtad via Creative Commons från (Grubesa och Suhanek, 2020).



### 2.2.2 Spårtrafikens emissioner

För spårtrafik är det mestadels buller från hjul och räl som bestämmer ljudbilden (Boverket, 2008). Beroende på typen av tågfordon kan ljud från motor och transmission ta över i låga hastigheter. Om spårfordonet färdas i hastigheter över 250 km/h är aerodynamiskt buller dominerande. Med tanke på fordonets längd fungerar det i många fall fysikaliskt som en utbredd linjekälla, till skillnad från en punktkälla. Boverket listar några av följande som faktorer för spårtrafikens emissioner:

- Spårfordonets längd — En dubbling av tågets längd medför en 3 dBA ökning av dyngsekvivalentnivå.
- Hastigheten — En fördubbling av hastigheten ökar ljudets maxnivå med cirka 10 dBA, medan en ökning från 50 km/h till 150 km/h ökar ekvivalentnivån med 10 dBA.
- Uniformiteten av vagnskombinationen — Skiftar tågfordonets geometri, till exempel höjden på vagnarna, ökar ljudnivån.
- Underhåll av räls och hjul — Ljudnivån kan skifta upp och ned med 3 dBA beroende på underhållsnivån för både räl och hjul.

### 2.2.3 Immissioner

Enligt Boverket (2008), är immission en störning som är orsakad av buller och når fram till en person. Bullret kan komma från en eller flera ljudkällor. Immissionens storlek avgörs primärt av bullerkällans ljudnivå samt avståndet mellan källa och mottagare. Vidare kan olika marktyper påverka immissionen positivt eller negativt beroende på dess hårdhet. Boverket listar följande påverkansfaktorer för immissionen:

- Avståndet mellan källa och mottagare – För en linjekälla minskar bullret med 3 dBA vid en fördubbling av avståndet och för en punktkälla minskar bullret med 6 dBA.
- Marktyp och vegetation – En dämpning av bullernivån med upp till 3 dBA kan ske om marken mellan källa och mottagare består av “akustisk mjuk mark” så som gräs- eller ängmark. För en “akustisk hård mark” som betong, asfalt eller vatten sker i stället en ökning av ljudnivån på grund av att ljud reflekteras på ytan. Vidare kan en tät vegetation dämpa ljud med upp till 1 dBA.
- Vind – Beroende på om det är med- eller motvind kan ljudnivån variera med upp till 15 dBA, där större avstånd ger en större påverkan.

## 2.3 Göteborgs åtgärdsprogram mot buller

Som tidigare nämnt, har Göteborgs Stad ett åtgärdsprogram mot buller bestående av åtta delar, varav en för parker och grönområden. Kommuner med ett invånarantal över 100 000 personer är enligt förordningen om omgivningsbuller (SFS 2004:675) skyldiga att ta fram ett åtgärdsprogram vart femte år som beskriver bland annat en sammanfattning av stadens bullerkartläggning och vidtagna eller planerade bulleråtgärder. Det nuvarande programmet för Göteborg sträcker sig över perioden 2019 - 2023.

Åtgärdsprogrammet för 2019 – 2023 var den första upplagan som behandlade åtgärder för parker och grönområden (Göteborgs Stad, 2018b). Detta efter att den föregående upplagan, gällande under 2014 – 2018, hade efterfrågat att underlag skulle tas fram för att kunna identifiera behoven i dessa områden. *Underlag för bulleråtgärder i parker och grönområden* (Göteborgs Stad, 2013) omfattande tio centrala parker, varav fyra klassificerades som stadspark, vilket innebär att det är en mångfunktionell park som lockar till sig besökare från hela Göteborg. Underlaget visade på att samtliga parker uppnår till bullernivåer över 50 dBA i större delar av områdena, och klarar därmed inte det lokala målet för en god ljudmiljö på maximalt 50 dBA (Göteborgs Stad, 2018b). Kungsparken är ett av de områden som nämns i rapporten och ljudnivåer om cirka 56 dBA har uppmätts inne i parken.

Vidare uttrycks en motvilja till användningen av höga bullerskydd utmed gatorna runt om parkerna, då dessa skulle vara kostsamma samt inskränka mycket på stadsmiljön (Göteborgs Stad, 2018b). Istället ska man “utreda bullerskyddsåtgärder med fokus på att hitta kreativa lösningar...”. Åtgärder anses primärt vara befogade på

delar av parker där sociotopvärden, vilket innebär klassificeringar av hur utemiljöer används av människor, till exempel för naturupplevelser eller picknick, finns och att inte hela parken behöver vara tyst. Utöver detta stryks vikten av att skydda de goda ljudmiljöerna som redan existerar i takt med att staden växer och förtätas, men inga konkreta förslag på åtgärder beskrivs.

### 2.4 Jämförelse av beräkningsmodeller

För att behandla insamlad mätdata och simulera en låg bullerskärm används en av följande beräkningsmetoder, Nord96, CNOSSOS-EU eller Nord2000.

Nord96 eller den nordiska beräkningsmodellen är en gammal metod som påbörjades 1978 och fick sin sista uppdatering 1996 (Naturvårdsverket m. fl., 1996). Nord2000 kom ut i början på 2000-talet och blir fortfarande uppdaterad. CNOSSOS-EU är nyutgiven och är delvis fortfarande under utveckling (Forssén, u.å.).

Nord96 används främst i Norden och rekommenderas för kartläggning av buller i Sverige enligt NaturvårdsverketA (2015). De två andra metoderna förekommer också i Sverige (Ögren och Bengtsson Ryberg, 2015). CNOSSOS-EU är en beräkningsmetod som ska användas av EU:s medlemsländer sedan 2019. Nord2000 används av andra nordiska länder.

Nord96 har två fordonskategorier, lätta och tunga fordon. CNOSSOS-EU och Nord2000 har fem stycken kategorier. Utöver lätta och tunga finns även medeltunga fordon samt tvåhjuliga fordon, mopeder och motorcyklar, etc. Den femte kategorin i CNOSSOS-EU är inte definierad än och sparas för nya källor som kan uppkomma i framtiden. I Nord2000 är den femte kategorin en för tunga fordon som inte är lastbilar, till exempel traktorer och olika anläggningsfordon. För beräkning i stadsmiljöer där korsningar och rondeller förekommer kan alla tre göra korrigeringar för detta. Det är endast Nord2000 som kan göra korrigeringar av icke-jämna trafikflöden, alltså när fordonets hastighet ökar eller minskar vid rondeller eller trafikljus. Nord2000 och CNOSSOS-EU har en parameter vid beräkning av fordon med dubbdäck. För markabsorption använder Nord96 två kategorier, hård eller mjuk mark. CNOSSOS-EU använder en skala från 0 till 1, där noll är den hårdaste marken och 1 är den mjukaste marken. För Nord2000 används åtta klasser med varierande hårdhet, där två exempel är snö och asfalt. Samtliga modeller har även stigningskorrektur för mark (Gustafson, 2022).

Markmodellen för Nord2000 är impedansbaserad, medan de andra två har förenklade modeller som är mindre verklighetstroga. Även beaktandet av atmosfäriska förhållanden skiljer sig mellan programmen. I Nord96 finns bara gynnsamt förhållande som alternativ. CNOSSOS-EU har två lägen, ogynnsamt och gynnsamt. I Nord2000 varierar hastigheten med höjden och är en linjär enparameters modell (Forssén, u.å.).



## 2.5 Formler som användes utöver beräkningsmodellerna

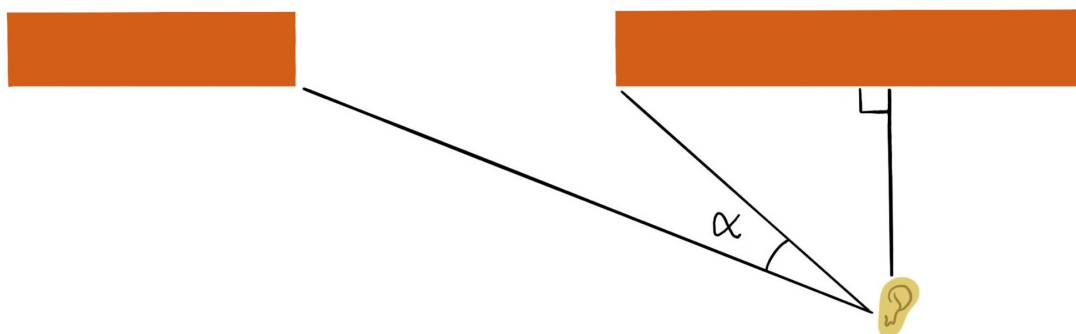
Ekvation 2.1 och 2.2 är från Nord96 modellen (Naturvårdsverket m. fl., 1996).

$$L_{A_{eq},blandad} = 10 \log_{10} \left( 10^{\frac{L_{1,Aeq}}{10}} + 10^{\frac{L_{2,Aeq}}{10}} \right) \quad (2.1)$$

$$\Delta L_{\alpha} = 10 \log_{10} \left( \frac{\alpha}{180} \right) \quad (2.2)$$

Ekvation 2.1 väger samman ekvivalenta ljudnivåer från två olika källor till en ljudnivå vid punkten de sammanträffar. Ekvation 2.2 ger ett korrigeringsvärde för en oskärmad delsträcka i en bullerskärm. Alfa är vinkeln i grader som den oskärmade delsträckan utgör för en mottagare som står vinkelrätt mot sträckan, där skärmen kan antas oändlig.

**Figur 2.3:** Visualisering av  $\alpha$  -vinkeln som används i ekvationen 2.2



För korrektion av uppmätta ljudnivåer under kortare mätperioder används följande ekvationer från Nordtestmetoden (Nordtest, 2002).

$$L_{AE,tung (10m)} = \begin{cases} 80.5 + 30 \log \left( \frac{v}{50} \right) & ; 50 \leq v \leq 90 \text{ km/h} \\ 80.5 & ; 30 \leq v < 50 \text{ km/h} \end{cases} \quad (2.3)$$

$$L_{AE,lätt (10m)} = \begin{cases} 73.5 + 25 \log \left( \frac{v}{50} \right) & ; v \geq 40 \text{ km/h} \\ 71.1 & ; 30 \leq v < 40 \text{ km/h} \end{cases} \quad (2.4)$$

$$L_{A_{eq},1h (10m)} = 10 \log \left( \frac{1}{3600} \left[ n_{heavy} \cdot 10^{\left( \frac{L_{AE,tung}}{10} \right)} + n_{light} \cdot 10^{\left( \frac{L_{AE,lätt}}{10} \right)} \right] \right) \quad (2.5)$$

Ekvationerna 2.3 och 2.4 används för att ta fram en exponeringsnivå för ett enskilt fordon på 10 meters avstånd från vägen för respektive viktklass baserat på vägens skyltade hastighetsbegränsning,  $v$ . Ekvation 2.5 använder sedan dessa värden för att multiplicera med antal passage över en tidsperiod,  $n$ , av de olika viktklasserna för

att beräkna en teoretisk ekvivalentnivå för tidsperioden. Ekvationen är här skriven för 1 timma, men kan anpassas för andra tidsperioder, så som ett dygn eller 10 minuter, genom att ändra 3 600 sekunder till ett annat antal sekunder.

$$L_{\text{Aeq,korrigerad}} = L_{\text{Aeq,uppmätt}} + (L_{\text{Aeq,ÅMVD}} - L_{\text{Aeq,passage}}) \quad (2.6)$$

I Ekvation 2.6 används två olika beräkningar av ekvivalentnivån, en som är framtagen med hjälp av antal passage under en genomförd ljudmätning och en annan beräkning med vägens årsmedelvardagsdygnstrafik, ÅMVD. Tillsammans med den uppmätta ekvivalentnivån från ljudmätningen kan sedan det korrigerade värdet av ekvivalentnivån tas fram. Syftet med beräkningen är att under en kort mätperiod kunna ta fram ett värde som är representativt för platsens ljudmiljö, trots att trafikmängden under mätningen kan skilja sig från ÅMVD:en.

## 2.6 Låga bullerskärmar

Konventionella bullerskärmar konstrueras till den höjd som anses ändamålsenligt. En låg bullerskärm överstiger generellt inte en höjd på 1 meter till 1,2 meter och en bredd på 1 meter, men ingen standarddefinition finns (Nilsson m. fl., 2013). Skärmen kan konstrueras på olika sätt och med varierande material. Den kan även utformas för att passa in på platsen med inbyggda funktioner och utsmyckningar för att höja dess estetik. Enligt Burgos och Wåssén (2017) är effekten av bullerskärmen primärt beroende av absorbenten och dess placering. Vidare är det viktigt att siktlinjen bryts i både höjd och längsgående riktningar, samt att skärmens placering anpassas till situationen. Utöver detta måste bullerskärmen vara väderbeständig då den kommer exponeras för olika typer av väder och måste stå emot snö- och vindlast. Burgos & Wåssén förklarar att dränering av vatten från vägbanan blir ett stort problem om skärmarna inte har en dräneringslösning mellan vägbanan och grundläggningen.

### 2.6.1 Låga bullerskärmar idag

Idag finns framför allt höga bullerskärmar i Göteborg. Det har byggts låga testskärmar om 40 cm längs Flygfältsvägen. Dessa visade sig vara ineffektiva (Höjer m. fl., 2008). Försök har senare gjorts men ingen effektiv låg bullerskärm har etablerats i större utsträckning, vilket gör att Stadsmiljöförvaltningen inte implementerat alternativet i sin stadsplaneringsprocess (personlig kommunikation, Malin Ekstrand, 25 april 2023).

I Helsingborg byggdes gynnsamma låga skärmar av tegel med ihåligheter som släpper in ljudet till en absorbent av träullit (Rosholm, 2021). Skärmen är 1,5 meter hög och är placerad längs en av stadens trafikerade gator. Skärmen dämpar bullret vid dess närhet med 12 dB.

## 2.6.2 Absorbenter

Absorbenter kan placeras på bullerskärmens ytor för att det oönskade ljudet ska absorberas i stället för att reflekteras. De flesta hårda ytor reflekterar ljudvågor, vilket kan ge upphov till ekoljud (Quietstone, u.å.). Om inte ett absorberande material används kan detta leda till en oönskad upplevelse av buller i området med höga ljudnivåer från exempelvis väg- och spårtrafik, då ljudet studsar fram och tillbaka mellan till exempel fordon och skärm. I följande kapitel presenteras material för absorbenter som anses lämpliga för detta projekt samt hur de bör placeras.

### 2.6.2.1 Påverkan av absorbentens placering

Det är fördelaktigt med ett absorberande material på alla ytor för en bullerskärm som ska placeras i stadsmiljö (Forssén m. fl., 2019). Det absorberande materialet bör placeras på sidan mot vägen, ovanpå toppen samt på sidan från vägen. När ett ljudabsorberande material placeras på toppen ökar bullerskärmens prestanda med ökad tjocklek på skärmen (Forssén m. fl., 2019).

### 2.6.2.2 Tegel

Tegel är ett återanvändningsbart byggnadsmaterial med en lång livslängd på över 100 år (Björk Tocaj m. fl., 2015). På grund av materialets höga beständighet har tegel lågt underhållsbehov då bullerskärmar av tegel hålls rena genom nederbörd. Perforerade tegelstenar används vid konstruktion av absorberande bullerskärmar medan fasta tegelstenar används där syftet är att skapa reflekterande skärmar (Björk Tocaj m. fl., 2015).

### 2.6.2.3 Glasgranulat

-Glasgranulat är en absorbent som kan användas på skärmens alla ytor då det är formbart och gjuts till den design som önskas (Quietstone, u.å.). Glasgranulat produceras av nermalt återvunnet glas i form av små glaskulor och består av ogiftiga ekologiska mineralråvaror. Den färdiga produkten är känslig mot smällar då den kan tappa dess glaskulor och kräver därför mycket underhåll för att hållas i bra skick.

### 2.6.2.4 Växtlighet

Marken i Göteborgs parker består till största delen av mjuk mark som är porös. Porositeten beror på typ av jordart, dess tjocklek och dess fuktighet samt ökar med rötter från växter (Nilsson m. fl., 2013). Den porösa jorden, till skillnad från hård mark såsom asfalt, ger en fasspridning av markreflektionen och en interferensdipp sker, se stycke 2.1.2, vilket minskar ljudnivåerna hos mottagaren. Detta beror på flödesmotståndet, luftens förmåga att tränga in i markytan. Bullerreduktionen ökar med längre flödesmotstånd.

Placering av vegetation ovanpå bullerskärmen har också en bullerreducerande effekt. Här finns större möjlighet att välja en porös jord och växter med gynnsamt rotsystem än hos den befintliga jorden i parken.

### 2.6.3 Bullerskärmens placering i förhållande till källan

Den effektivaste reduktionen av buller sker då bullerskärmen placeras så nära källan som möjligt (Z-block, 2023). Eftersom ljudet från källan sprider ut sig i alla riktningar stoppar en skärm som står nära källan ljudvågorna bättre jämfört med en skärm placerad längre bort.

Bullerskärmar i tätorters gaturum måste placeras med ett avstånd på 0,9 meter mellan fordon och korta hinder med hänsyn till utrymning. Mellan fordon och långa hinder är avståndet 1,2 meter (Trafikverket, 2022).

### 2.6.4 Bullerskärmens höjd

Det finns ingen standard höjd för låga bullerskärmar. Enligt Burgos och Wåssén (2017), ökar reduktionen med höjden men skärmarna får inte blockera förarens sikt. Förarens medelögonhöjd var 1,1 meter. Rapporten fokuserade på skärmar med 1,2 meter och 1,4 meters höjd. Trafikkontoret rekommenderar att låga bullerskärmar är mellan 1 och 1,2 meter höga (Trafikkontoret, 2023).

### 2.6.5 Olycksskydd

Olycksskydd i form av sidoräcken för tätorters gaturum får tillskillnad från bullerskärmar placeras 0,05 m från vägbanekanten (Trafikverket, 2022). De nuvarande olycksskydden varierar mellan olika sorters räcken i stål och placeras både längs vägsektionens mitt och vid kanterna. Räckena används för att bilar inte ska köra över på den motriktade trafikens vägbana samt att inte köra av vägen vid olämpliga platser, som till exempel vid ett stup eller en bro, men också för att skydda andra trafikanter såsom fotgängare.

## 2.6.6 Estetiska aspekter

Samhället kräver ständigt en hållbar utveckling och det är viktigt att individerna i samhället upplever den pågående utvecklingen som god. Om det skapas en positiv visuell upplevelse, kring exempelvis bullerskärmar, kommer resultatet av byggnationerna uppskattas mer vilket i sin tur stärker den hållbara utvecklingen och samhällets bullerhantering (Ekelund, 2010).

De Pombal och Hellgren (2022) skriver att det är viktigt med estetiskt tilltalande byggnader då det skapar lycka hos individerna samt gör att de interagerar mer i det sociala samspelet. Vidare ska omgivningen anpassas till det offentliga rummet och utsmyckas med linjära upprepande mönster för att skapa lugn och ordning (de Pombal och Hellgren, 2022). Detta gäller för såväl byggnader som andra element i staden.

## 2.6.7 Belysning

Belysning är viktigt för säkerheten i staden, det underlättar för människor att orientera sig genom staden på kvällen samt skapar rum och riktningar genom att spela på kontrasten mellan ljus och mörker (Malmö Stad, 2022). Ljuspunkten ska placeras minst 4,7 meter över vägbanan (Trafikverket, 2023). Längs bilvägen och gång- och cykelvägarna i Kungsparken står gatulyktor i dagsläget.

Inför Göteborgs jubileumsutställning 1923 ritade Sven Persson och Lennart Thorsell gatlyktorna som syns i Figur 2.4. Lamporna hittas framför allt i Slottsskogen idag men hade kunnat användas på andra platser i Göteborg för att öka enhetligheten mellan stadens parkermiljöer (Götalandsregionen, 2021).

**Figur 2.4:** Gatlyktor lokaliserade i slottsskogen. Designad av Sven Persson.





# 3

## Metod

### 3.1 Plats

Platserna som valts är i innerstadsområden där flertalet människor vistas utomhus i sin vardag. Möjligheten att applicera bullerskärmar i dessa områden undersöktes då användningen av låga bullerskärmar anses vara underutnyttjad i dessa områden. Platserna begränsades till att vara inom gränserna för Göteborg med anledning att arbetet sker på uppmaning av Stadsmiljöförvaltningen, Göteborg.

#### 3.1.1 Val av exempelplatser

För att välja vilka miljöer som var lämpliga att undersöka gjordes en områdesanalys, se Tabell 3.1. Med en bullerkarta (Göteborgs Stad, 2018a) och flertalet sociotopkartor (Göteborgs Stad, 2006) skapade av Göteborgs stad, framgick att platserna som valts har hög ekvivalent ljudnivå och människor från hela Göteborg tenderar att vistas där.

Kungsparken och Stenpiren valdes då de uppfyllde kriterierna samt var olika på ett sätt som skulle vara gynnsamt för undersökningen.

Tabell 3.1: Områdesanalys för valda områden.

Område	Ljudkällor	Mottagare	Geometri
<u>Kungsparken</u>	Bilväg 50km/h, spårvagnar. Större genomfartsled genom Göteborg.	Fotgängare, parkbesökare, kiosk, minigolfbana. Bostäder och uteservering i området.	Platt mark med träd utspridda. Stundvis nära gångvägar och minigolfbana.
<u>Stenpiren</u>	Bilväg 50km/h, spårvagnar. Resecentrum och knutpunkt för kollektivtrafiken.	Uteservering, de som väntar vid hållplatsen samt båten, fotgängare och cyklister, solstolarna vid piren. Hotell, restaurang och kontor.	Höga byggnader och berg in mot de centrala delarna av staden och hav åt andra hållet. Marken är platt och asfalterad.
<u>Heden</u>	Bilväg 50km/h, spårvagnar. Betydlig andel tungtrafik som servar butiker och affärer på Avenyn. Spårtrafik som går mellan Berzeliigatan och avenyn.	Minigolfbana, fotgängare och cyklister, restauranger, friluftsutövare. Förskola, kontor och bostäder i området.	Grusväg för fotgängare och cyklister längs Södra gatan som är på en lägre marknivå jämfört med bilvägen. Höga byggnader på alla andra sidor som inte är i riktning mot heden
<u>Vasaparken</u>	Bilväg 50km/h, spårvagnar. Knutpunkt för spårvagnar och bussar.	Fotgängare och cyklister, friluftsutövare, uteserveringar, de som väntar på bussen. Bostäder och restauranger.	Själva parken är kuperad och har en upphöjd gräns/mur till sin omgivning på vissa platser. Parken är omringad av medelhöga byggnader
<u>Mölnsdalsvägen, Fredricksdahlgatan</u>	Bilväg 50-70km/h, spårvagnar.	Fotgängare och cyklister, uteserveringar. Kontor, bostäder och mataffärer i området.	Platt område där marken är av asfalt, parkeringar och vägar. Höga hus. Mölnsdalsån.
<u>Gamlestads torg</u>	Spårvagnar och tågtrafik. Närliggande trafikled 50 km/h. Knutpunkt för kollektivtrafik.	Fotgängare och cyklister. Folk som väntar på kollektivtrafik. Kontor, bostäder, bibliotek, caféer och restauranger.	Hyfsat plant torg omgivet av höga hus.

Område	Centralitet	Sociotopskarta	Övrigt
<u>Kungsparken</u>	Centralt, precis på utkanten av vallgraven. Restauranger ca 100 m ifrån platsen.	Grön oas, promenad. Platsen används av människor från hela Göteborg.	Gammalt område. Ljudkällorna runt parken från alla håll, direkt inpå.
<u>Stenpiren</u>	Centralt, en uppskattning på ca 500 meter till gågator och caféer.	Ingen märkning på Göteborgs stads sociotopskarta. Detta på grund av att kartan är från 2006 och Stenpiren byggdes först 2016.	Nybyggt område. Ljudkällorna är nära Stenpirens resecentrum och därmed uteserveringarna samt de som väntar vid hållplatserna.
<u>Heden</u>	Centralt, ca 100 meter till Avenyn. Flertalet restauranger och serveringar i närheten.	Bollsport, evenemang, mötesplats och sällskapslek. Platsen används av människor från hela Göteborg.	Gammalt område. Ljudkällorna omringar området från två håll, direkt inpå.
<u>Vasaparken</u>	Centralt. Flertal restauranger, bostäder, kontor och butiker längs med gatorna.	Mötesplats, picknick, promenad och vila. Platsen används av människor från hela Göteborg.	Gammalt område. Ljudkällorna runt parken från alla håll, direkt inpå.
<u>Mölnsdalsvägen, Fredricksdahlgatan</u>	Inte centralt, finns snabba förbindelser för att ta sig till stadskärnan.	Övrig bebyggelse. Även här tror vi att kartans ålder påverkar användningsområdet.	Nytt område. Ljudkällorna omringar området från två håll, direkt inpå.
<u>Gamlestads torg</u>	Inte centralt, finns många förbindelser och är en knutpunkt för pendlingstrafik.	Ingen märkning på Göteborgs stads sociotopskarta.	Nytt område. Ljudkällorna är direkt inpå.



### 3.1.2 Intervjuer

Intervjuer har hållits med ett antal Göteborgare ute på stadens gator men även mer djupgående intervjuer har genomförts med Malin Ekstrand från Stadsmiljöförvaltningen, Nicklas Erlandsson från Z-bloc som tillverkar bullerskärmar och arkitekt Johan Linton från Chalmers för att forma en helhets bild. Detta för att både skapa förståelse kring utformning och behov men samtidigt inse vad som konstrueras idag och är effektivt.

#### 3.1.2.1 Intervjuer i Kungsparken och Stenpiren

Intervjuer hölls med människor som vistades i närheten av mätplatserna. Detta för att förstå hur gemene-Göteborgare uppfattar buller och hur de ställer sig till bullerskärmar. Få till antalet och lättförståeliga frågor valdes för att säkerställa att svaren blev konsekventa och jämförbara. Bilder på bullerskärmar och dess utformning visades i syfte att komma fram till den mest estetiskt tilltalande skärmen samt frågor om hurvida de intervjuade individernas vardagliga rörelsemönster påverkades av buller. För fullständig intervju, se Appendix B.

Slutsatserna som drogs från intervjuerna var att människor på resande fot inte irriterar sig på trafikbullret i samma utsträckning som parkbesökare. Detta kan till exempel förstås då en kvinna (kvinna 3 i Appendix B) som intervjuades vid Stenpiren knappt hörde frågorna som ställdes pågrund av bakgrundsljudet men ändå inte tyckte att ljudnivåerna var störande. Majoriteten av Kungsparkens besökare använde området för att umgås och ta det lugnt. De tyckte i större utsträckning att nivåerna var alldeles för höga. Trafiken var den bullerkälla som individerna uppfattade och irriterades av mest, där ljudet från spårvagnarna var mest störande.

Mer än hälften av de intervjuade undvek platser med höga bullernivåer för att istället transportera sig en alternativ tystare rutt. Gemensamt för dessa var att de tillämpade detta beteende vid promenad och fritid men inte i samma utsträckning vid resor till sitt arbete.

Ur det estetiska perspektivet var deltagarna i intervjuerna skeptiska mot bullerskärmar, men alla var överens om att det är viktigt att skärmarna integrerar i naturen och omgivningen.

#### 3.1.2.2 Intervju med Malin Ekstrand på Stadsmiljöförvaltningen

En intervju hölls med Malin Ekstrand som arbetar på Stadsmiljöförvaltningen i Göteborg (personlig kommunikation, 25 april 2023). Hon menade att bullerreducerande komplement byggs om de reducerar ljudnivån med minst 5 dB. Schablonkostnaden för bullerskärmar är cirka 10 000 kr/m<sup>2</sup> för träkonstruktioner inklusive projektör, bygglovs-kostnader, byggledning med mera. Ju större skärmen är desto större kostnad, då materialåtgången ökar och skärmen måste förankras i marken för att kunna stå emot vindlast. Kostnaden varierar också för olika material.

### 3.1.2.3 Intervju med arkitekten Johan Linton

Johan Linton, arkitekt och docent på Chalmers, (personlig kommunikation, 13 mars 2023), uppmuntrade till att undersöka omgivningen. Han menade att det finns två olika vägar att gå, antingen skapar man något helt nytt som står ut eller så följer man de arkitektoniska detaljerna som finns i Göteborgs parker. Vill man att skärmen ska smälta in i omgivningen är det senare alternativet oftast enklare.

### 3.1.2.4 Intervju med Nicklas Erlandsson på Z-bloc

Nicklas Erlandsson (personlig kommunikation, 14 februari 2023) arbetar på Z-bloc som skapar låga bullerskärmar för tågtrafik. Han förklarade att absorberer är fördelaktigt för att ljudet inte ska studsas mellan skärm och fordonskropp. Han förklarade att företaget använde glasgranulat, se stycke 2.6.2.3, och att det är viktigt att skärmarna är placerade nära ljudkällan. Han berättade också att han varit delaktig i diskussionen om att olycksskydd, se stycke 2.6.4, och bullerskärmar ska få samma möjlighet i trafiken när det kommer till placering. Olycksskydden får i dagsläget placeras närmare trafiken än bullerskärmar.

## 3.1.3 Inhämtning av data

Undersökningen skedde på två olika platser under tisdagen den 28:e februari 2023. Det var en solig eftermiddag utan regn eller starka vindar vilket gav en optimal miljö för ljudmätningar. Asfalten var torr då det inte hade förekommit nederbörd under dagen. Mättilfället valdes då detta var en av de få dagar utan nederbörd som projektgruppen hade tillgång till mätutrustningen samt att alla i gruppen hade möjlighet att genomföra undersökningen denna dag.

Första platsen som undersöktes var Stenpiren, mellan klockan 11:30 och 12:15. Mätningarna skedde på 3 mätpunkter och där varje mätpunkt befann sig 2 meter ifrån närmaste körfälts mitt.

Den andra platsen som undersöktes var Kungsparken, mellan klockan 14:10 och 15:05. De valda mätplatserna presenteras i Figur 3.1 där mätpunkt 1 och mätpunkt 2 är 2,70 meter från närmaste körfälts mitt och mätpunkt 3 har ett avstånd på 4 meter från närmaste körfälts mitt. Mätpunkt 4 är i mitt i Kungsparken där syftet med mätningen var att få en uppfattning hur hög ljudnivå det är i parkens mitt.

**Figur 3.1:** Karta över Kungsparken som visar vart mätdata är hämtad från, markerat med röda cirklar och numrerat 1 till 4. Vägar kommer benämnas som väg 2: går längsmed mätplats 3, väg 1: är vägen som går jämte längsmed 1.



### 3.1.4 Val av slutgiltig plats

Observationer som gjordes vid intervjuerna var att önskemål om lägre ljudnivåer var höga vid Kungsparken och mycket låga vid Stenpiren. För vidare beräkning av ljudnivå spelar platsens utformning en betydande roll och Stenpirens utformning skulle kräva en mer komplex beräkningsgång. Projektgruppen beslutade då att endast bearbeta datan från Kungsparken och inte göra vidare beräkningar för Stenpiren.

## 3.2 Beräkning

Beräkning med indatan har gjorts i Matlab och jämförts med resultaten från fältundersökningen. Även en simulering av hur den ekvivalenta ljudnivån påverkas om man sätter in låga bullerskärmar runt parken har gjorts.

### 3.2.1 Korrektion av mätvärden

Genom att använda de uppmätta trafikmängderna under mätperioderna som presenteras i Tabell 4.1 samt ÅMVD för Nya Allén och Raoul Wallenbergsgata från Göteborgs Stads egna kartläggning över trafiken (Göteborgs Stad, u.å.-b), har ekvationerna 2.3 – 2.6 använts för att ta fram korrigerade ekvivalentnivåer.

### 3.2.2 Val av beräkningsmodell

Beräkningsmodellen som används är Nord2000. Bakgrunden till detta är att modellen är modernare och har fler parametrar än Nord96 samt att CNOSSOS-EU enbart modellerar i oktavband medan Nord200 ger resultat i tersband. Dessutom finns kunskap om Nord2000 hos projektets handledare och examinator vilket underlättar simuleringarna vid eventuella problem.

### 3.2.3 Bearbetning av data i Nord2000 i Matlab

Det som gjordes först var design av bullerskärmar i Matlab, höjd och avstånd från väggkant för mätplats 1 och 3. Detta gav en separat fil som sedan laddades in i ett annat Matlab-program som gjorde själva modelleringen av den ekvivalenta ljudnivån som skapades av trafik. I dessa modeller simulerades bullerskärmen in i. Indata för filerna hittas nedan och koden från Matlab hittas i Appendix C. För mätplats tre behövdes det göras en sammanvägning av resultatet från två separata filer. För sammanvägning användes Ekvation 2.1. Ljudnivån från biltrafik och spårvägen som går i väg 2, se Figur 3.1, sammanvägdes. Detta på grund av att bil- och spårtrafik inte beräknas i samma kod.

För mätplats 1 och 3 modellerades ljudnivån 10 meter inåt i parken från väggkant, vinkelrätt från respektive vägar. Mätplats 2 ligger nära en korsning och därför behövdes en sammanvägning av ljudnivån från trafiken för bägge vägarna göras för att få ett representativt resultat. Det gjordes genom att ta inhämtad data från mätplats 1 och 3. Då detta var en korsning med rödlys sänktes hastigheten för att representera ett medelvärde av stillastående och normalt körandes bilar och spårvagnar på sträckan. Sedan beräknades nya ekvivalenta ljudnivåer, som sammanvägde först från väg 2, bil- och spårtrafik, sedan sammanvägdes det med biltrafiken från väg 1. För att ge en bättre bild över ljudnivån i området kring mätplats 2 sammanvägdes de två resultaten till en matris istället för ett linjärt resultat som i 1 och 3. För mer precisa detaljer hur det gjordes se, Appendix C. Matrisdatan är den som plottas i Figur 4.5 och 4.7. Indata hittas nedan, uppdelade i var mätplats för sig.

För öppningen som simulerades i bullerskärmen användes vinkelområdet som korrigeringsmodell, se Ekvation 2.2. Ett korrigeringsvärde för varje koordinat vid mätplats 2, se Figur 4.7, inom bullerskärmen togs fram och sammanvägdes med värdet för området innan en bullerskärm sattes dit, se Figur 4.5. Efter detta sammanvägdes resultatet med värden då en bullerskärm sattes dit. På så sätt fås en ungefärlig bild av ljudnivån för en öppning i bullerskärmen. Se Appendix C för kod.

För att skapa en modell av ljudnivån i Matlab som bättre representerade verkligheten vid mätplats 2, ändrades hastigheten från vägnas ansatta hastighet, 50 km/h, till 35 km/h för biltrafik och 40 km/h för spårvagn. Detta gav ett resultat som var mer likt mätningen som gjordes på plats, se Appendix F, för skillnaden i resultat för olika hastigheter. Detta gjordes inte för mätplats 1, för att ge ett mer representativt resultat hade hastigheten behövt öka över vägens ansatta hastighet.

Detta är tänkt att simulera en avskalad version av den skärm som illustreras, se Figur 4.14, för att visa en minimum nivå för en bullerskärm av denna typ i en parkmiljö.

### 3.2.3.1 Mätplats 1

Fältundersökningens resultat användes som indata där antalet fordon uppmättes för att få fram en representativ ekvivalent ljudnivå med hjälp av trafikens flöde. Starttiden för undersökningen började 14:12 och slutade 14:22. Under denna tid passerade 106 fordon varav 7 tunga fordon. Vid beräkning i Matlab valdes höjden på bullerskärmen till 1,2 meter över marknivå och mottagarhöjden till 1,5 meter. Vid simuleringen placerades bullerskärmen 0,5 meter från vägkanten.

Vägen valdes till en 150 meter lång speglad väg, vilket betyder att vid beräkning i Matlab räknar man på en 300 meter lång väg där mätpunkten sätts i mitten och har 150 meter väg på höger respektive vänster sida. Vägen har en hastighetbegränsning på 50 km/h och är uppdelad i tre körfält. Mittavståndet för respektive körfält till vägkant uppmättes till 1,7 m, 5,1 m och 8,5 m. Se Appendix E för indata till Nord2000.

### 3.2.3.2 Mätplats 2

Då mätplats 2 var vid en korsning mellan två vägar gjordes en sammanvägning av trafikdatan som uppmättes från mätplats 1 och mätplats 3. Därefter uppskattades hastigheten för de båda vägarna till rimliga värden då trafikljus hindrade dessa att komma upp i 50 km/h. Från vägen söder om platsen var mätplatsen 0,5 meter från vägkanten och hastigheten valdes till 35 km/h. För denna väg användes samma data som mätplats 1 med tre körfält på samma mittavstånd till vägkanten och ett flöde på 106 fordon där tunga fordon utgjorde 6,6% av totala flödet.

Till förhållande av vägen från väster befann sig mätpunkten 1,5 meter från vägkanten. Trafiken för denna väg togs från mätplats 3 där trafiken uppmättes till 60 lätta fordon, 10 tunga fordon och 3 spårvagnar mellan klockan 14:26 och 14:36. Se Appendix E för indata till Nord2000.

### 3.2.3.3 Mätplats 3

Indatan till mätplats 3 uppmättes till 60 lätta fordon och 10 tunga fordon. Antalet spårvagnar räknades ut med hjälp av medelvärdet från mätplats 2 och mätplats 3 vilket gav ett medelvärde på 3 spårvagnar per mätning. Skärmen har placerats 1,5 m från vägen i simuleringen. Vägen är även här satt till en 150 m lång speglad väg. Se Appendix E för indata.

## 3.3 Modell

Några visualiseringsexempel på hur bullerskärmar av återanvänt tegel kan se ut med integrerad växtlighet på toppen och sidorna, samt cykelställ och belysning har tagits fram. Det är viktigt att notera att dessa bilder endast representerar exempel på konstruktionen, och bullerskärmar som visas är inte lika långa i jämförelse med vad som förväntas i en verklig applikation. Anledningen till att skärmarna inte är lika långa i exempelbilderna är för att illustrera att deras utformning och storlek kan anpassas efter en mängd olika miljöer och behov. Dessutom kan bänkar och lampor placeras på strategiska positioner för att öka användbarheten och estetiken i det offentliga utrymmet där bullerskärmar är installerade.

För att efterlikna ett realistiskt utseende på bullerskärmar skapades detaljerade CAD-modeller, på vilka lämpliga texturer och material applicerades. Därefter användes fotografier från den faktiska platsen tillsammans med autentiska ljussimuleringar för att placera modellen i en korrekt miljö, dessa visas i sektion 4.5.

# 4

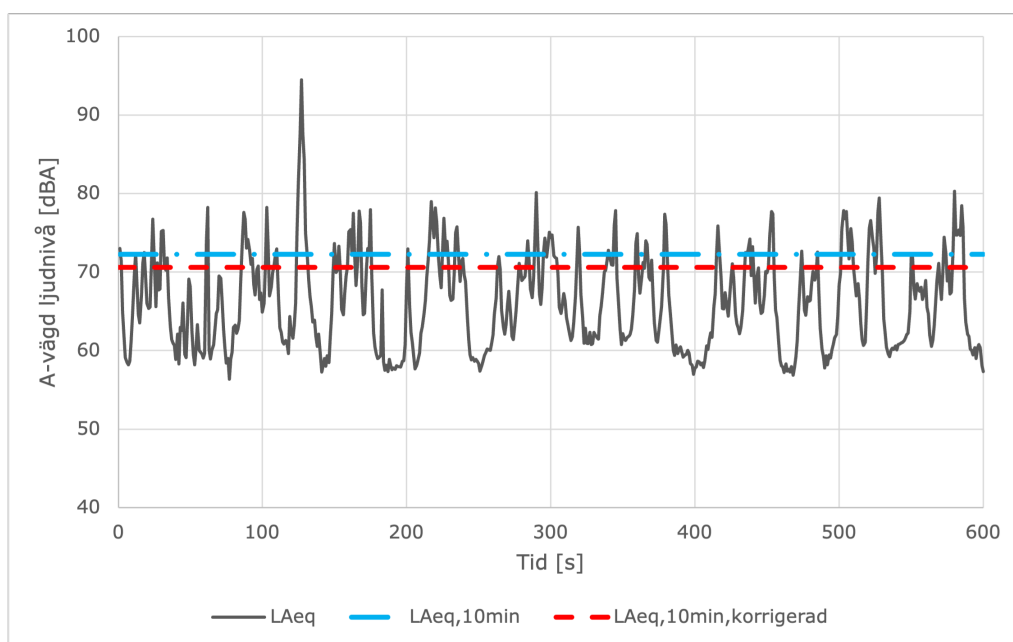
## Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten från de genomförda ljudmätningarna vid fyra olika platser i Kungsparken, simuleringen av låga bullerskärmar med Nord2000 och bullerskärmens utseende.

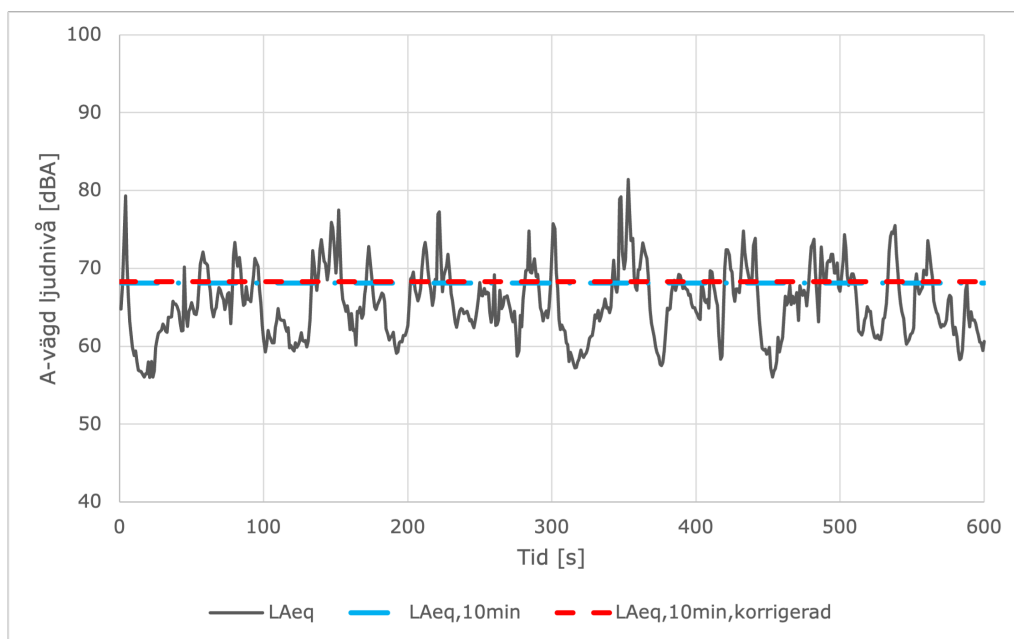
### 4.1 Resultat från ljudmätning

Utmed vägarna runt Kungsparken (mätplats 1 - 3) är medelljudnivån strax under 70 dBA, se Figur 4.1 - 4.3. Kurvorna växlar baserat på passager vilket medför att ljudnivån ofta pendlar mellan cirka 60 dBA, när ingen trafik passerar, till ungefär 75 dBA när fordon passerar mätpunkten. I figurerna visar de heldragna linjerna i grått ekvivalentnivån för varje sekund under mätperioden, de blå punkt-streckade linjerna motsvarar de sammanvägda ekvivalentnivåerna för hela mätperioden och de röda streckade linjerna motsvarar de korrigerade ekvivalentnivåerna.

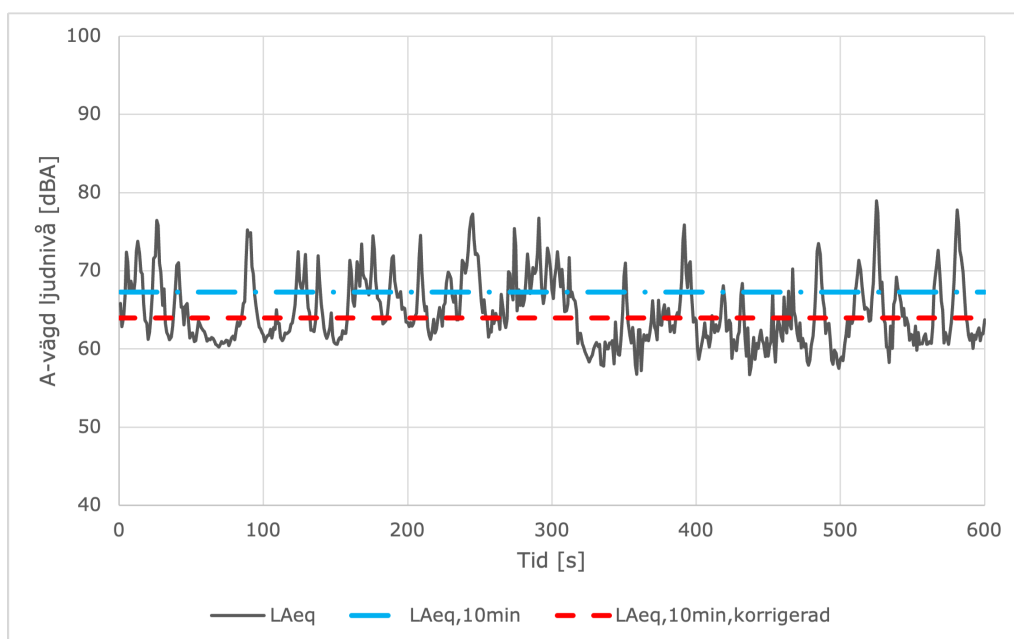
**Figur 4.1:** Kungsparken mätplats 1 – Utmed Nya Allén. Den grå heldragna linjen visar ekvivalentnivån, den blåstreckade linjen visar ekvivalentnivån över 10 minuter och den rödstreckade linjen visar den korrigerade ekvivalentnivån.



**Figur 4.2:** Kungsparken mätplats 2 – Korsningen mellan Nya Allén och Raoul Wallenbergs gata. Den grå heldragna linjen visar ekvivalentnivån, den blåstreckade linjen visar ekvivalentnivån över 10 minuter och den rödstreckade linjen visar den korrigerade ekvivalentnivån.



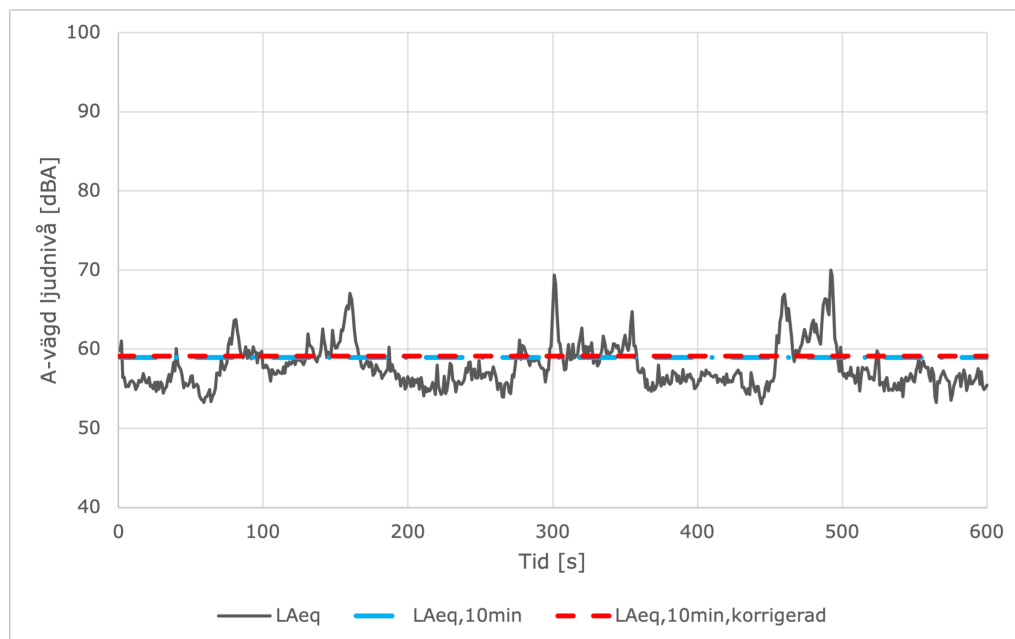
**Figur 4.3:** Kungsparken mätplats 3 – Utmed Raoul Wallenbergs gata. Den grå heldragna linjen visar ekvivalentnivån, den blåstreckade linjen visar ekvivalentnivån över 10 minuter och den rödstreckade linjen visar den korrigerade ekvivalentnivån.





Inne i parken är ljudnivån relativt stilla under mätperioden och är cirka 57 dBA, som visas i Figur 4.4, med ett fåtal pika upp mot 70 dBA.

**Figur 4.4:** Kungsparken mätplats 4 – Inne i parken längsmed Albert Ehrensvärds gångväg mot Basarbron. Den grå heldragna linjen visar ekvivalentnivån, den blåstreckade linjen visar ekvivalentnivån över 10 minuter och den rödstreckade linjen visar den korrigerade ekvivalentnivån.



Kompletterande plottar av data från de tre genomförda ljudmätningarna under fältstudien vid Stenpiren finns i Appendix A. Dessa kommenteras eller används inte ytterligare i rapporten.

## 4.2 Resultatet av simuleringen

Indata för simuleringens trafikflöde uppmättes under fältundersökningen och hittas i Tabell 4.1. Hastighetsbegränsningen för samtliga bilvägar var 50 km/h.

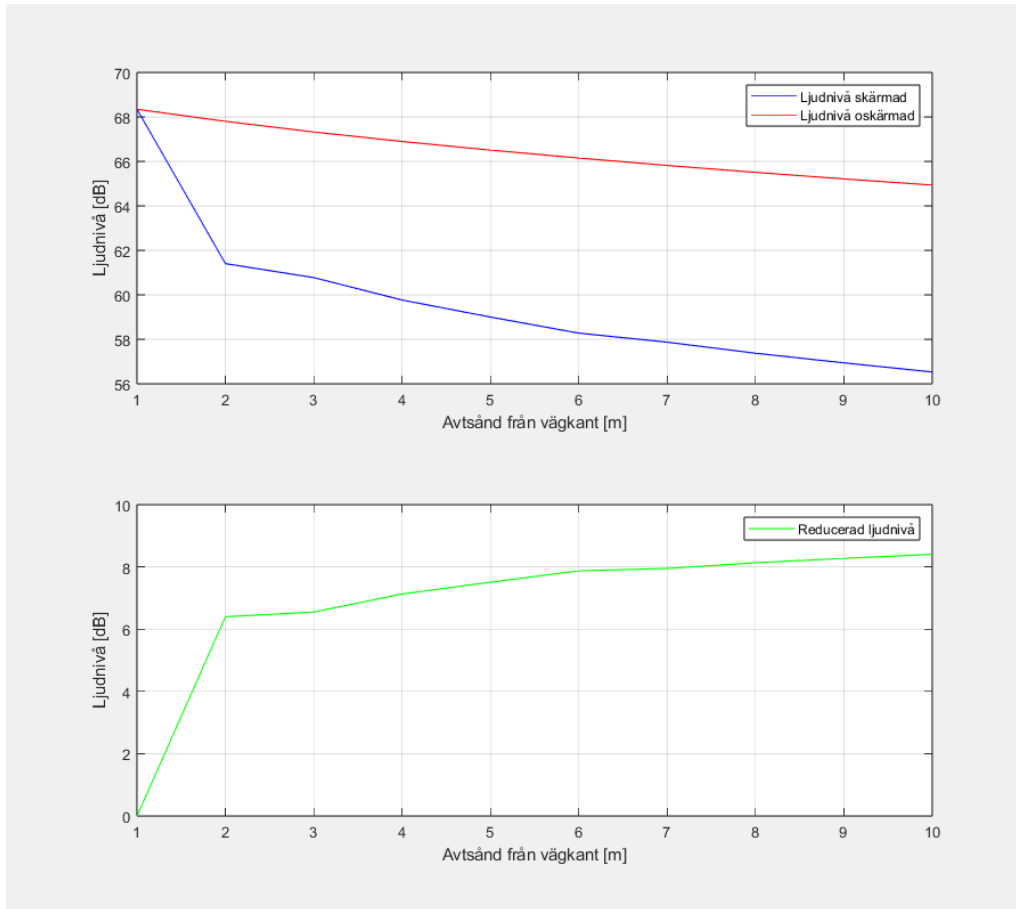
**Tabell 4.1:** Uppmätt trafikdata under 10 minuter från fältundersökningen. Indatan används vid simulering av trafikflödet.

Mätplatser	Antal Lätta fordon	Antal tunga fordon	Antal spårvagnar	Tid [s]
Kungsparken 1	99	7	0	600
Kungsparken 2	127	13	4	600
Kungsparken 3	60	10	1	600

### 4.2.1 Kungsparken Mätplats 1

Simuleringen av resultatet gav en sänkning på cirka 7 dBA när en 1,2 m hög bullerskärm applicerades. Bullerskärmen är placerad 0,5 m från väggkanten, vilket i Figur 4.5 är 1,5 m på x-axeln.

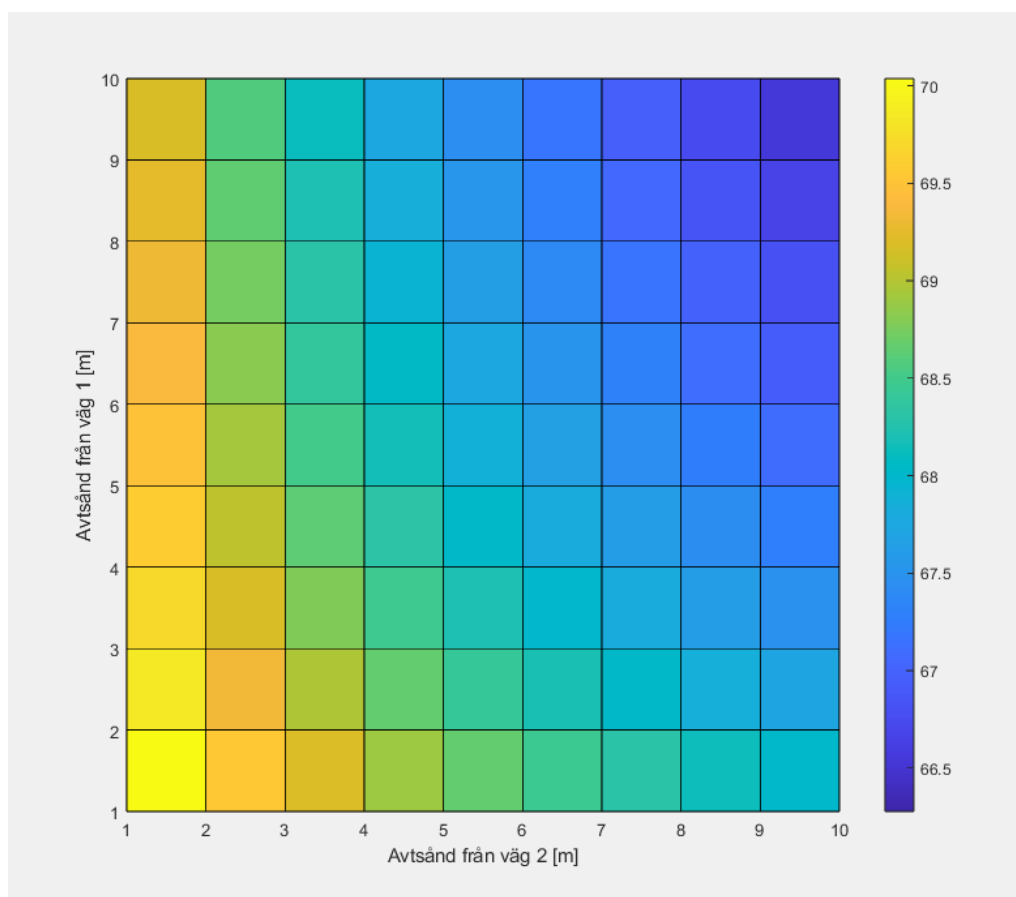
**Figur 4.5:** Kungsparken mätplats 1 - resultat från simulering. Den övre subplotten är en jämförelse mellan ljudnivåerna med och utan bullerskärm. Den nedre plotten motsvarar reduktionen.



### 4.2.2 Kungsparken Mätplats 2

Simuleringen av resultatet gav en sänkning på cirka 7 dBA överallt bakom den 1,2 meter höga bullerskärmen. Figurerna 4.6 och 4.7 visar resultatet av en sammanvägning från de två vägarnas, Nya Alléns och Raoul Wallenbergs gatas, dygnsekvivalenta ljudnivå. Detta redovisas genom att först simulera en kvadrat om 10 x 10 meter över området kring mätplats 2 för att visa ljudnivån innan och efter att en bullerskärm placerats på platsen.

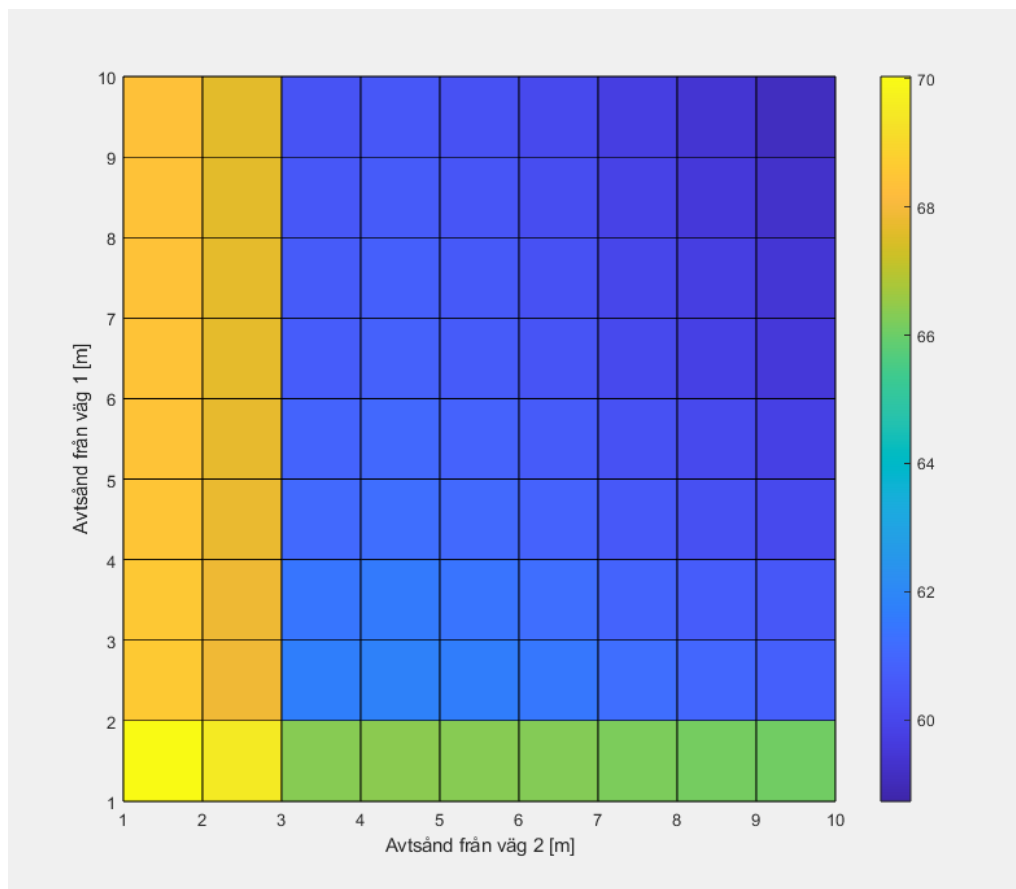
**Figur 4.6:** Kungsparken mätplats 2 - Resultat från simulering utan bullerskärm. Färgbaren i figuren visar data i dB. Axlarna är i meter och representerar väggkanten.



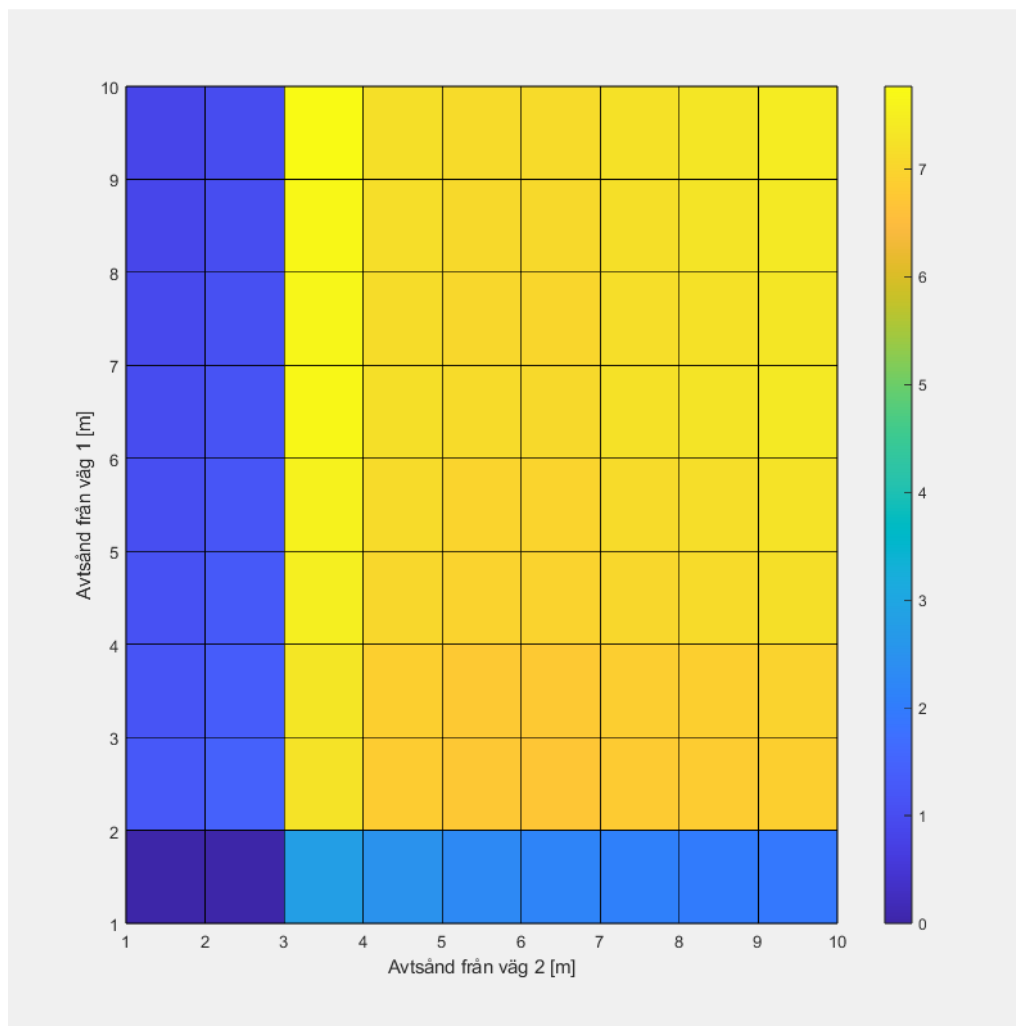
## 4. Resultat

---

**Figur 4.7:** Kungsparken mätplats 2 - Resultat från simulering med bullerskärm. Färgbaren i figuren visar data i dB. Axlarna är i meter och representerar väggkanten.

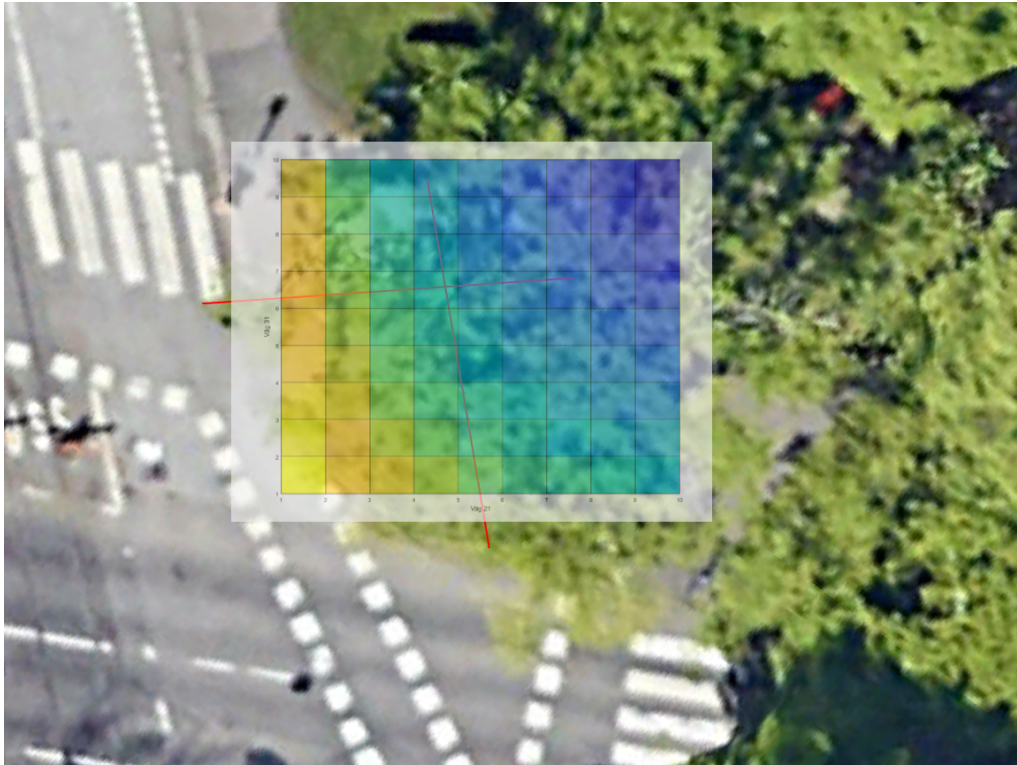


**Figur 4.8:** Kungsparken mätplats 2 - Resultat från simulering, skillnaden mellan Figur 4.6 och 4.7. Färgbaren i figurerna visar data i dB. Axlarna är i meter och representerar vägganten.

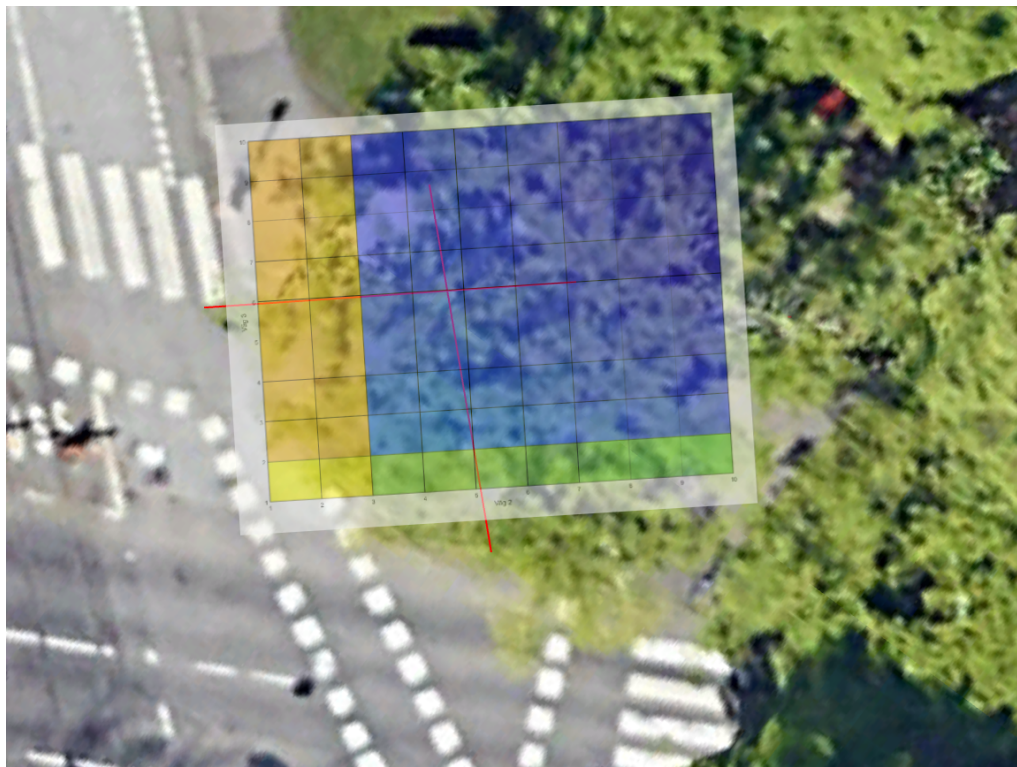


De röda linjerna i Figur 4.9 och 4.10 är cirka 10 meter från vägganten i verkligheten. Dessa figurer visar området som simulerats. Figurerna 4.6 och 4.7 är placerade på en satellitbild från Google Earth. Mätplats två är vid  $(x,y)=(6,2)$ .

**Figur 4.9:** Kungsparken mätplats 2 - En satellitbild som visar området för mätplats 2 med Figur 4.6 (utan bullerskärm) placerad över det ungefärliga området som den simulerar i verkligheten.



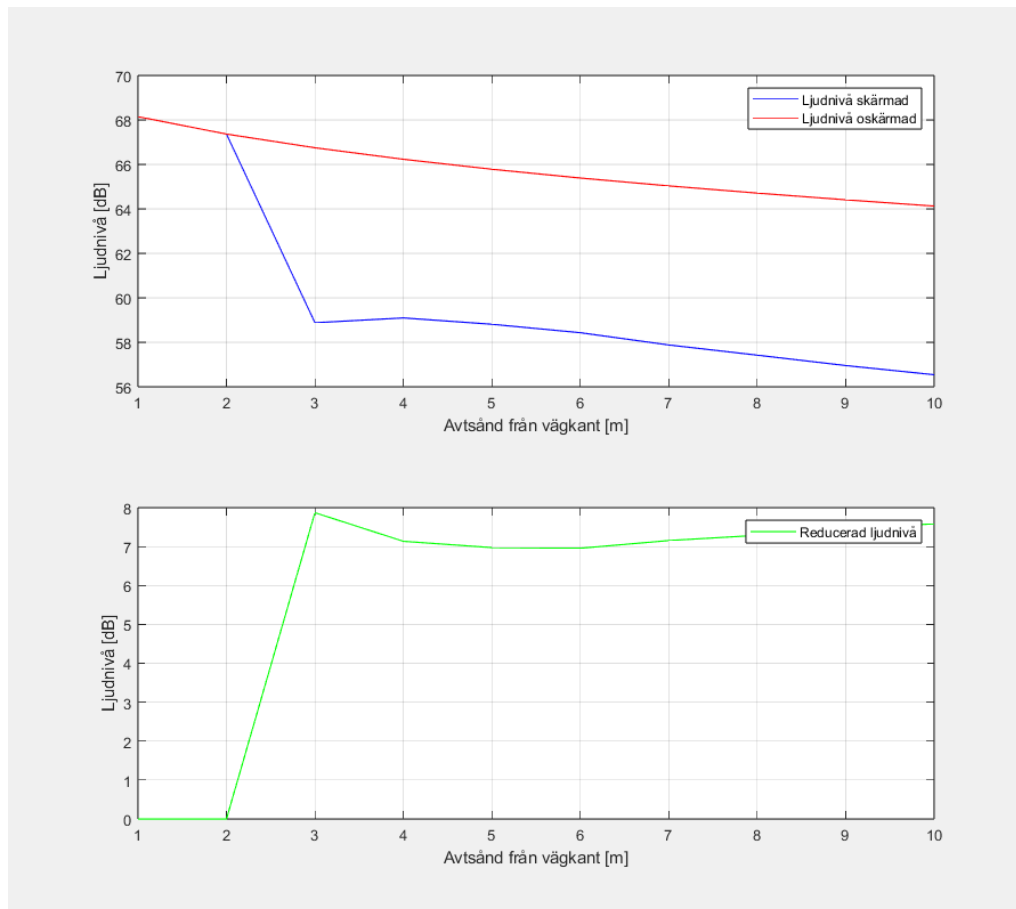
**Figur 4.10:** Kungsparken mätplats 2 - En satellitbild som visar området för mätplats 2 med Figur 4.7 (med bullerskärm) placerad över det ungefärliga området som den simulerar i verkligheten.



### 4.2.3 Kungsparken Mätplats 3

Simuleringen visar att en 1,2 meter hög bullerskärm kommer minska den dygn-sekvivalenta ljudnivån med ca 7 dB bakom bullerskärmen över hela den beräknade sträckan.

**Figur 4.11:** Kungsparken mätplats 3 - Resultat från simulering. Den övre subploten visar ljudnivån innan och efter att en bullerskärm har simulerats. Den nedre plotten visar motsvarande reduktion.

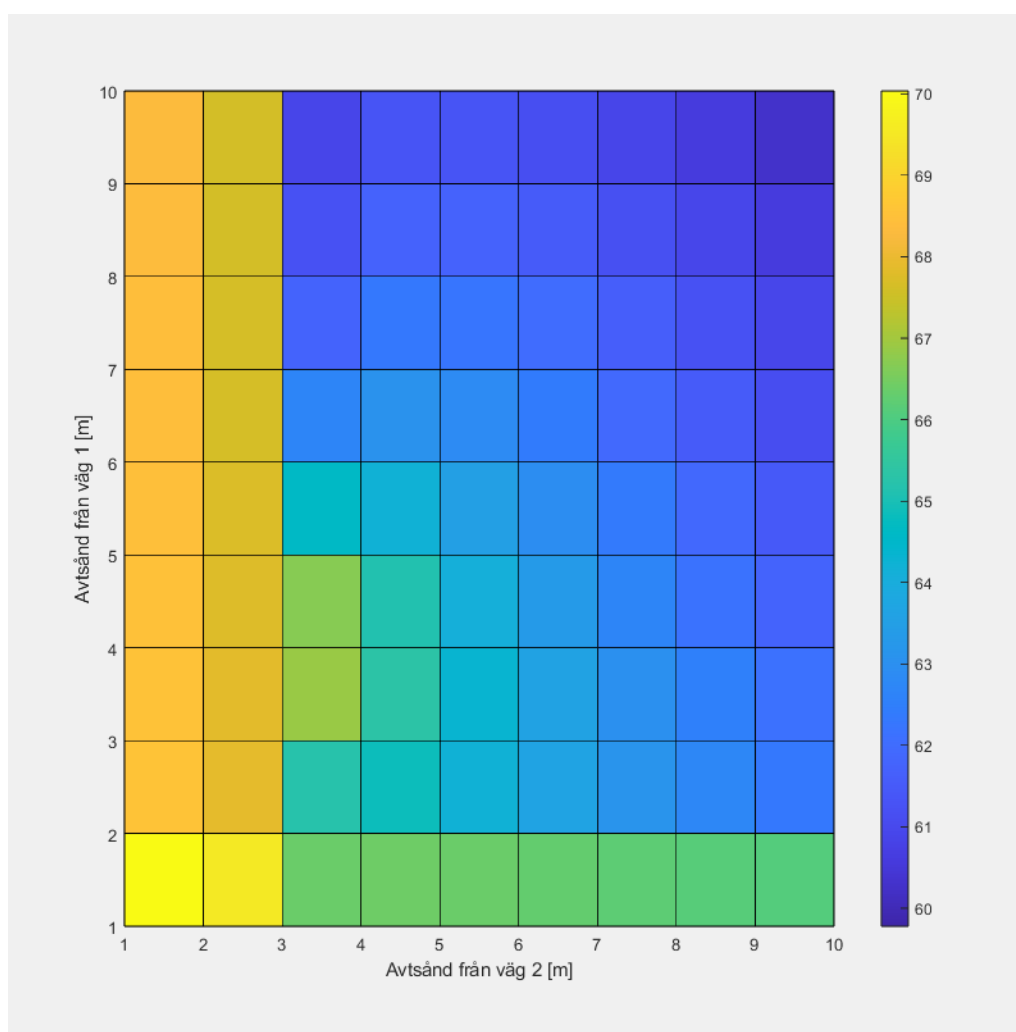




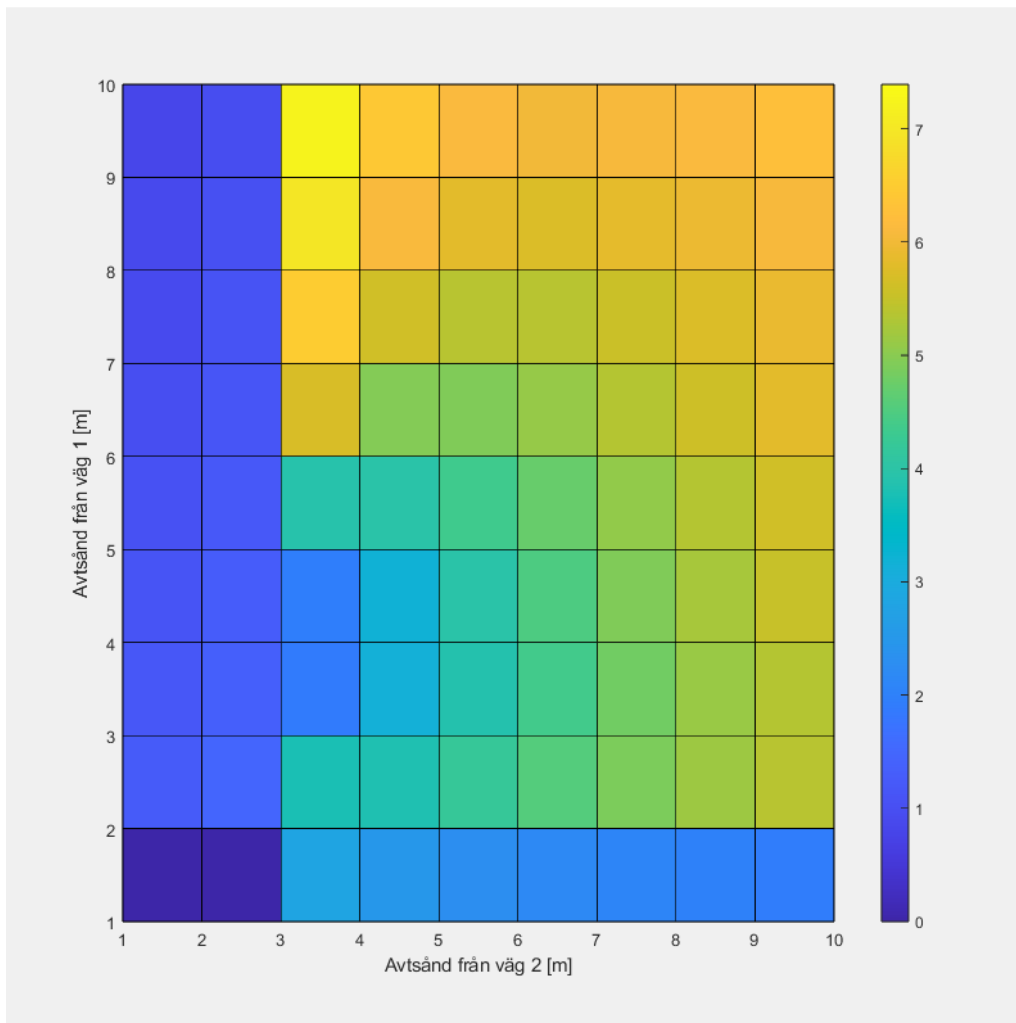
### 4.3 Mätplats 2 med en simulerad öppning

I kapitel 4.2 presenteras en idealiserad bullerskärm utan öppningar. Nedan simuleras en bullerskärm med en 2 meter bred öppning. Öppningen vänder sig mot väg 2 (Raoul Wallenbergs gata), vilket i figurerna är parallellt med y-axeln. Öppningen påverkar ljudreduktionen negativt inne i parken. Detta gjordes enbart för mätplats 2 då det ansågs bäst lämpad för visualiseringen av resultatet. Öppningen börjar vid 2,5 meter och slutar 4,5 meter i bullerskärmen och dess påverkan på ljudnivån kan ses i Figur 4.12 till 4.14.

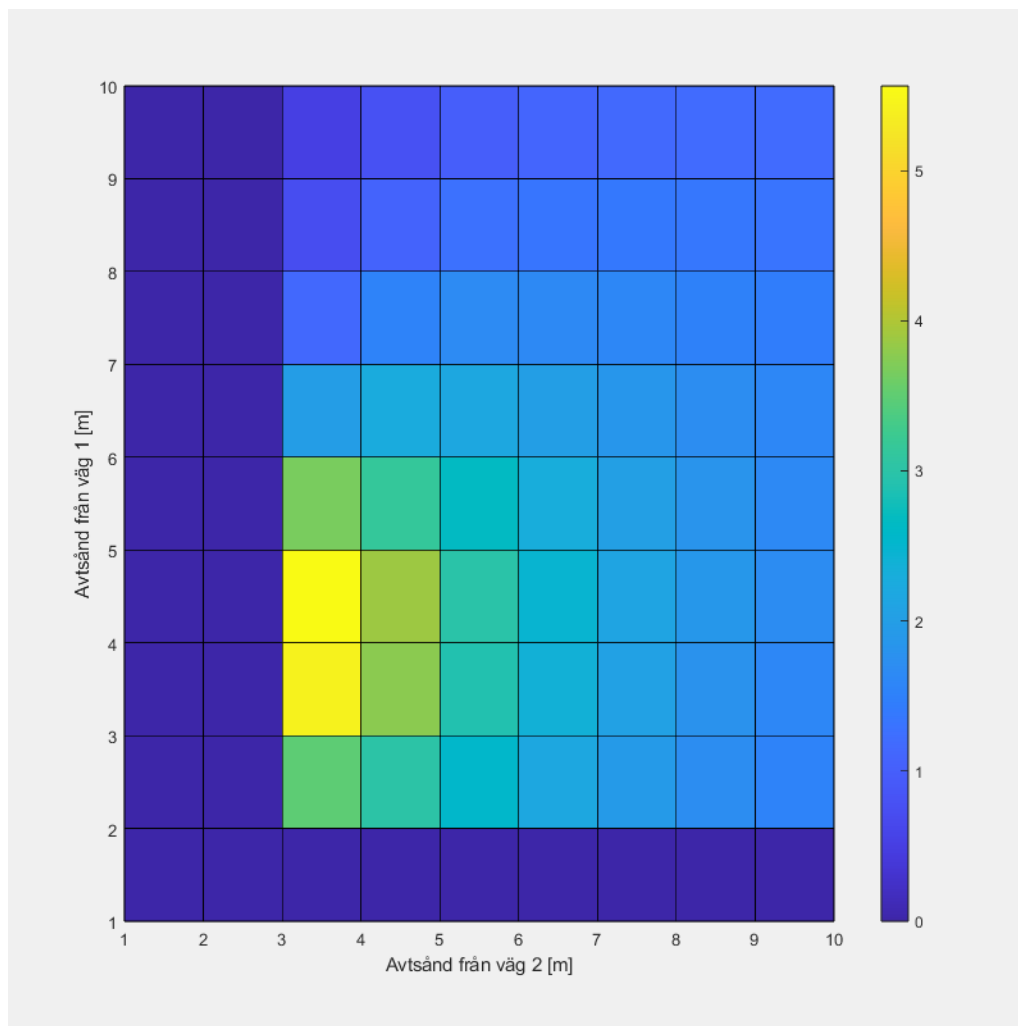
**Figur 4.12:** Ljudnivån efter att ett hål på 2 meter har simulerats i bullerskärmen vid väg 2.



**Figur 4.13:** Den nya insättningsdämpningen som bullerskärmen ger efter att ett hål på 2 meter har simulerats i bullerskärmen vid väg 2.



**Figur 4.14:** Skillnaden i ljudnivån innan och efter att ett hål på 2 meter har simulerats i bullerskärmen vid väg 2.



## 4.4 Tolkning av resultat

Ekvivalenta ljudnivåer som uppmäts vid mätplats 1, 2 och 3 liknar de som modelleras i Matlab. Se Tabell 4.2 för jämförelse av mätning och modell vid platserna där fältmätningarna gjordes. Datan är från Figur 4.1, 4.2, 4.3 och 4.5, 4.6, 4.11. Den största avvikelser är vid mätplats 1 där skillnaden mellan verklighet och modell är 4 dB. Plats 2 och 3 har liknande resultat vid både modellering och mätning.

**Tabell 4.2:** En jämförelse mellan uppmätt ljudnivå i fält och modellerad ljudnivå i Matlab, samt bullerskärmens insättningsdämpning för samma mätplatsposition.

Mätplats	1	2	3
Uppmätt ljudnivå [dB]	72	68	67
Modellerad ljudnivå i Matlab [dB]	68	68	67,5

I Tabell 4.3 visas det hur mycket en simulerad insättning av en bullerskärm reducerar ljudnivån. Datan är från Figur 4.5, 4.8 och 4.11.

**Tabell 4.3:** Reduceringen av ljudnivån bakom bullerskärmen på varje mätplats, eftersom resultatet uttrycks över en sträcka eller över ett område ställs resultatet upp som ett intervall mellan lägsta och högsta värde på sträckan eller området.

Mätplats	1	2	3
Skillnaden i ljudnivå mellan skärmat och oskrämat [dB]	6,5 - 8	6,5 - 7	7 - 8

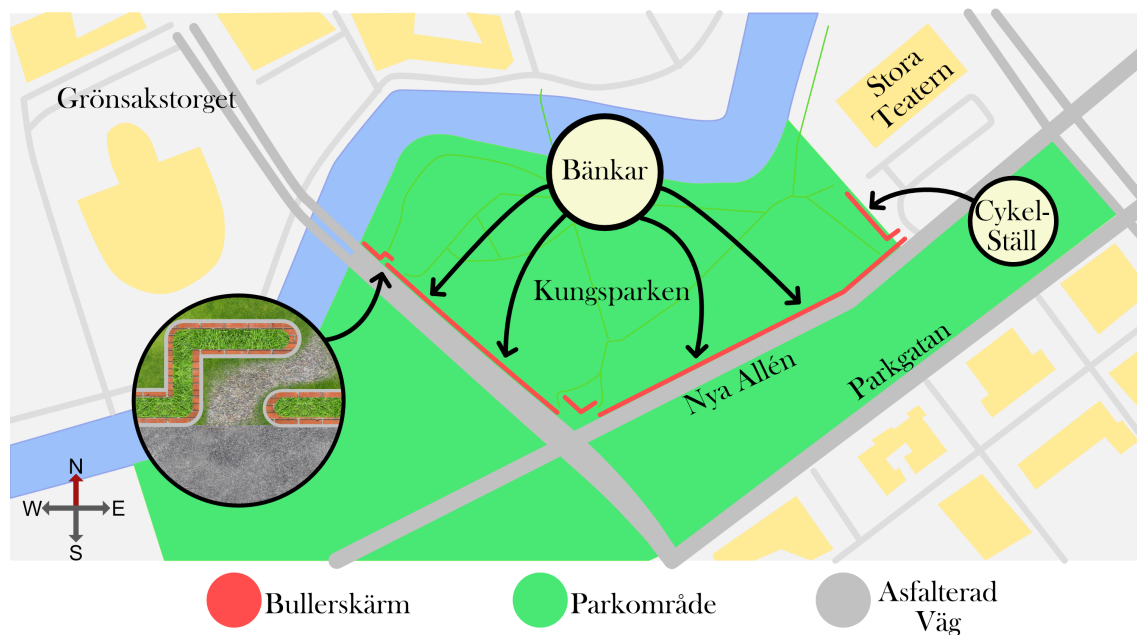
När en öppning simulerades i skärmen blev det en försämring av bullerskärmens förmåga att reducera ljud. Ljudnivån bakom öppningen är 3 till 5 dB högre än den var utan öppningen, se Figur 4.14. Desto längre från öppningen, ju mindre påverkades ljudnivån av öppningen.

## 4.5 Bullerskärmens utseende

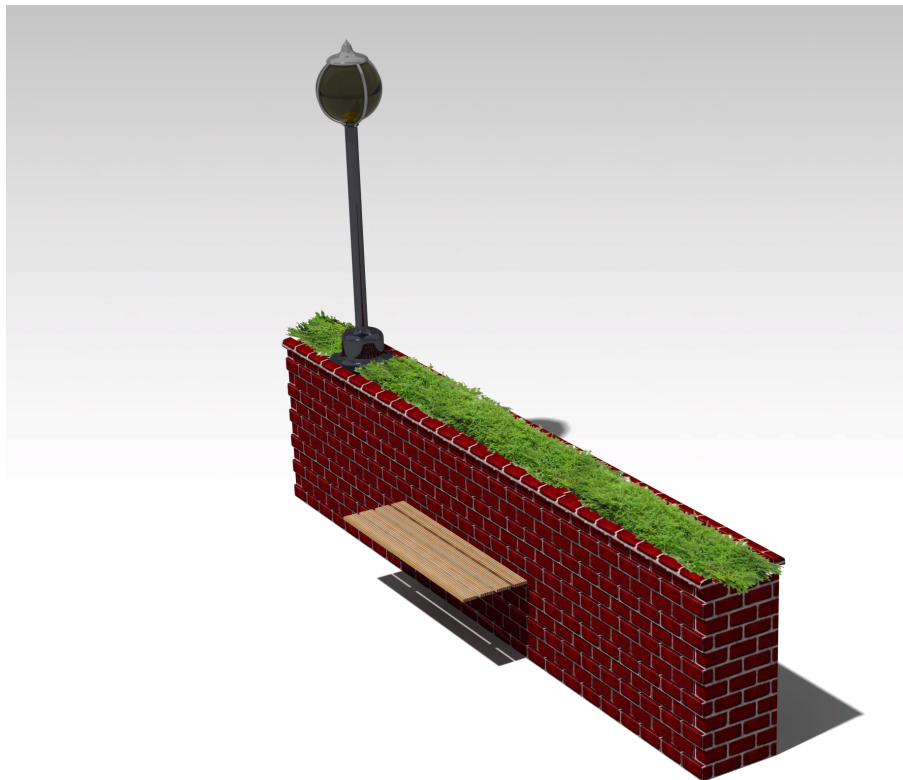
Bullerskärmen är placerad 0,5 meter från vägbanans kant, mellan bil och gång- och cykelväg. Den följer parken från Vasabron, längs Raoul Wallenbergs gatan och Nya Allén innan den svänger vid Stora teatern. Där gång- och cykelbana korsar skärmen finns öppningar. För att minska ljudinsläppet överlappar skärmen finns öppningar. För att minska ljudinsläppet överlappar skärmen finns öppningar i Figur 4.15. Skärmen är 1,2 meter hög och 0,5 meter bred, se Figur 4.16 och Figur 4.17. Skärmen är tillverkad av tegel, på dess ovansida är växter odlade och på sidan mot vägen har absorbenten glasgranulat placerats.

Skärmen är integrerad i parklandskapet med lampor längs skärmens ovansida för att lysa upp gång- och cykelvägen samt bilvägen. Lamporna är placerade på 4,7 meters höjd över marken. Skärmen fungerar som väggspalje för att växterna i parken ska få stöd att klättra, se Figur 4.18. På vissa områden har skärmen en inbyggd parkbänk. Bänkarna är markerade i Figur 4.15. De är tillverkade av trä och belägna 0,45 meter över marken. På skärmen vid Stora teatern finns cykelställ inbyggt, se Figur 4.19.

**Figur 4.15:** Karta över Kungsparken med bullerskärmens position markerad i röd. Figuren visar hur skärmen överlappar vid öppningar.



**Figur 4.16:** Rendering av sektion bullerskärm i tegel.



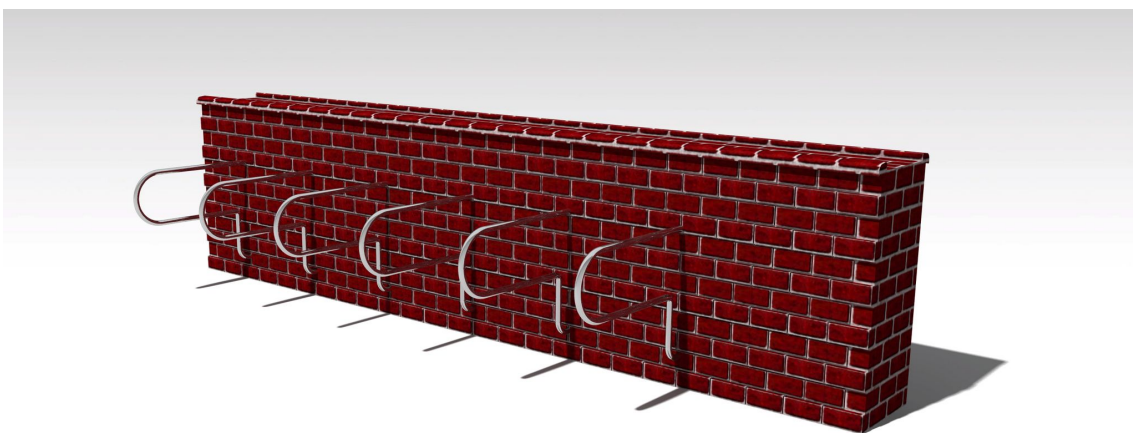
**Figur 4.17:** Rendering av en bullerskärm längsmed Nya Allén.



**Figur 4.18:** Bullerskärm med klätterväxter.



**Figur 4.19:** Bullerskärm med integrerad cykelställ.







# 5

## Diskussion

I detta kapitel framförs diskussioner beträffande resultat, brister och förbättringspotential till vidare arbete.

### 5.1 Utvärdering av resultat

I nedanstående sektion förs diskussion kring utvärdering av resultat och av metod.

#### 5.1.1 Fältmätningar

Jämför man vårt resultat från fältmätningarna med vad Göteborgs Stad har fått i sina mätningar som hittas i stadens bullerkarta samt åtgärdsprogrammet mot buller, se sektion 2.3, så stämmer dessa bra överens. Både bullerkartan och åtgärdsprogrammet visar på ca 65 - 70 dBA längsmed vägarna och 55 - 60 dBA inne i Kungsparken. Dessa värden kan jämföras med vårt uppmätta medelvärde på ca 67 dBA längsmed vägarna på mätplats 1 - 3 och cirka 59 dBA inne i Kungsparken vid mätplats 4.

Två av våra mätplatser, 2 och 4, får i princip samma ekvivalentnivå i fältmätningen som det korrigerade värdet. Detta visar att trafiksituationen under dessa mätperioder motsvarar årsdyngsmedelvärdet för 10 minuter. Mätplats 3 uppvisar lägre ljudnivåer, medelvärde på 67 dBA, gentemot de andra två platserna som ligger längs med vägarna, helt enligt ljudteori med avseende på det större avståndet mellan körfält och mottagare. Däremot ligger ljudnivån för mätpunkt 2 endast 1 dBA högre än mätplats 3 trots den närmare placeringen och en betydligt större andel fordonspassage under mätperioden. Troligen beror detta på att fordonshastigheten vid mätpunkt 2 är längre då fordonen måste sakta in för en korsning som är reglerad med trafiksignal. Alternativt kan detta vara resultatet av ett mätfel.

### 5.1.2 Simulering

Vid jämförelse av den genomsnittliga ljudnivån från mätresultaten och den dygnsekvivalenta ljudnivån från simuleringen i Matlab är dessa resultat lika. Detta gör att bullerskärmen placerad i Matlab-simuleringen ger rimliga värden gentemot bullerskärmen i verkligheten.

Man får ha i åtanke att förhållandena i Matlab är helt perfekta. Där har bullerskärmen inte några mellanrum eller sprickor som ljudvågorna kan tränga igenom. Vid placering av bullerskärmen i parken kan mellanrum finnas, vilket kan leda till att effekten från bullerskärmen inte blir lika stor som resultatet från simuleringen vilket man får ta hänsyn till.

I modellen simuleras enbart strukturen och absorbenten, växtlighet eller lutning på bullerskärmen har inte räknats med. Resultatet kan då ses som ett minimum för hur en skärm i den miljön kan reducera ljudnivån i området. Det finns förbättringspotential för hur mycket ljudnivån kan reduceras genom tillägg av det ovannämnda.

Skillnaden mellan mätning och simulering på plats 1 är 4 dBA. Det är den största skillnaden och det kan bero på att det vid mätning är en stor pik i ljudnivån vid cirka 120 sekunder in på mätningen, se Figur 4.1. Detta höjde den ekvivalenta ljudnivån på platsen, men förmodligen inte med 4 dBA. Bortses piken och jämför Figur 4.1, 4.2, 4.3 ses det att plats 1 hade längre och jämnare perioder av trafik samt något större skillnad mellan de tysta och de högljudda stunderna. Plats 2 och 3 är mindre jämna och mindre skillnad mellan de tysta och högljudda perioderna. Detta kan bero på att vid plats 1 och 2 var det lägre hastighet på fordonen. Vid plats 2 är det även en korsning med rödlys där fordon står stilla under en längre period. Detta gör att motorljud från accelererande fordon höjer ljudnivån under de tysta perioderna medan den lägre hastigheten gör att det blir mindre däck-vägbuller. Detta stämmer överens med däck-vägljud för hastigheter över 30 km/h.

För Kungsparken är det orealistiskt att inte ha öppningar i bullerskärmen, därav simuleringen i stycke 4.3. Det är endast ett exempel på hur det skulle se ut med en öppning och hur det påverkar bullerskärmens förmåga att reducera ljud. Fler öppningar eller större öppningar skulle leda till en försämrad bullerreducering och då är det viktigt att minimera öppningar och hål i bullerskärmen för att maximera effektiviteten.

### 5.1.3 Intervjuer

Fördelen med att göra intervjuer under fältundersökningen gentemot att endast göra ljudmätningar var att intervjuerna som skedde på plats gav en indikation på vilken av platserna som låga bullerskärmar skulle passa bäst in och var dessa skulle göra mest skillnad. Med hjälp av områdesanalysen kunde olika typer av platser jämföras mot varandra och enklare se hur platserna skiljde sig från varandra geometriskt samt vilka invånare som lockades till dessa platser.

För vidare arbete skulle fältundersökningar kunna göras på fler platser. Detta skulle ge en bättre inblick i vilka platser som låga bullerskärmar verkligen behövs och passar in i. Då vi tyvärr inte hade tiden för att besöka alla platser och göra ljudmätningar fick vi göra valet att endast välja två platser att besöka. Två platser valdes som ansågs skilja sig från varandra i flera av kategorierna. En annan aspekt är tidsbegränsningen som påverkade antalet mätningar som skedde under fältundersökningarna. Inför vidare arbete med studien kan fler och längre mätningar äga rum under olika tider av dygnet för att få en bättre representativ data än vad som annars fås vid korta enstaka mätningar.

### 5.1.4 Bullerskärmens höjd

Burgos och Wåssén (2017) valde att fokusera på höjderna 1,2 meter och 1,4 meters höjd samt att förarens synfält låg 1,1 meter över marken, stycke 2.6.4. Skärmens reduktionsförmåga ökar med höjden, vilket gör att vi vill att skärmen ska vara så hög som möjligt. Dessutom rekommenderar trafikkontoret att låga skärmar ska vara mellan 1 meter och 1,2 meter höga, därav valde vi att undersöka bullerskärmar med höjden 1,2 meter för att få så stor reduktionsförmåga som möjligt och samtidigt vara inom det önskade intervallet. Inga andra höjder har beräknats.

## 5.2 Integration och estetik

Rapporten är skapad för att visa att låga bullerskärmar kan användas som ett ljudreducerade medel i trafiken. Som nämns ovan, i stycke 5.1.2, är skärmarna förenklade i beräkningsmodellen. Detta gör att skärmen kan utformas på olika sätt för att ge lika eller bättre resultat. På så sätt kan skärmen anpassas till sin miljö, och eftersom vi valt att fokusera på Kungsparken utformas vår bullerskärm enligt stycket 4.5.

I parken finns bänkar och belysning längs med gång- och cykelbanorna. I och med att bullerskrämorna kommer ta plats från dessa nuvarande element valdes att funktioner skulle integreras. Dessutom vill vi uppmuntra till transport med cykel och underlättar därför parkeringen av transportmedlet i parken med hjälp av cykelställ placerat intill bullerskärmen. Resultatet från intervjuerna, vid mätplatserna och med Johan Linton, visade att det är viktigt att skärmen smälter in i parklandskapet för att uppnå de estetiska önskemålen. Växterna på och runt skärmen kommer bidra till detta vilket gör att de har dubbla funktioner då de också blir absorber. Det framgick däremot under intervjuerna i Kungsparken att den mest optimala lösningen ur ett

estetiskt perspektiv är att inte ha några bullerskärmar alls. Ur ett hälsoperspektiv behövs skärmarna vilket gör att skärmens design är viktig.

Johan Linton, se stycke 3.1.2.3, uppmuntrade till att undersöka omgivningen och dess arkitektur för att kunna efterlikna denna om målet är att skärmen skulle smälta in. Lamporna inspireras därför av Göteborgs jubileumsutställnings gatlyktor, se stycke 2.6.7. Men också för att dessa typer av lampor belyser Slottskogen och därmed bidrar till parkkänsla även i Kungsparken.

Skärmens absorbent av glasgranulat har ingen estetiskt motiverad bakgrund. Här står i stället hälsoperspektivet i fokus då absorbenten minskar möjligheten för ljudet att reflekteras, se stycke 2.1.2, tillbaka in i parken och på så sätt reducera ljudnivån. Däremot är glasgranulat känsligt mot kollision och tappar vid krockar sina glaskulor. Detta ger en negativ estetisk och funktionell påföljd. Ett alternativ är att placera absorbenten inuti tegelskärmen, liknande bullerskärmar i Helsingborg, se stycke 2.6.1, och på så sätt skydda den.

Att återanvända tegel från rivna hus för att bygga bullerskärmar innebär en miljövänlig lösning som dessutom är kostnadseffektiv. Tegel är ett vanligt material i Göteborg vilket ökar tillgångsmöjligheterna.

### 5.3 Grönområden och rekreativmiljöer

Som nämnt i 1.6.2 har tysta parker en positiv och motverkande kraft på hälsoeffekterna från buller. Göteborg Stads riktlinjer önskar att ljudnivån i utomhusområden ska vara maximalt 50 dB, vilket inte kommer uppnås i Kungsparken då det i resultatet, 4.2.2, kan ses att bullerskärmar sänker ljudnivåerna till strax under 60 dB cirka 10 meter in i parken i jämförelse med tidigare 68 dB utan skärm. Parken skapar en plats för återhämtning och rekreation även om den inte uppfyller riktlinjerna.

### 5.4 Förbättringspotential och eventuella felkällor

Vid dimensionering av bullerskärmar tas det i dagens läge för lite hänsyn till växters bullerreducerande förmåga. Beräkningar och modeller som används kan inte visa den bullerreducerande effekten hos växter. Vi har inte heller tagit hänsyn till absorbenters bullerreducerande förmåga vid simuleringen, vilket hade resulterat i en lägre ljudnivå. Skärmen vid Kungsparken är planerad att ha både växter och en absorbent vilket inte inkluderas i beräkningar och hade reducerat ljudnivån ytterligare. Därför är det fördelaktigt att använda uppdaterade beräkningsmodeller som avspeglar verkligheten så bra som möjligt eftersom det finns modeller som ännu inte används som standard i Europa och Sverige. Nord2000 planeras att implementeras i Sverige men är idag inte en beräkningsmodell som används.

Det finns även flera aspekter som bör tas hänsyn till vid dimensionering av bullerskärmar, som till exempel tillgänglighet för cyklister och utryckningspersonal. Bullerskärmen kan hindra utryckningspersonal från att komma fram, och en alternativ lösning i framtiden skulle kunna vara att projektera bullerskärmar som kan åka ner i marken vid nödlägen. Då det finns belysning vid skärmen förbättras säkerheten eftersom sikten förbättras för till exempel fotgängare och cyklister i området.

För mätplats 2 så valdes hastigheten på sträckorna i Matlab efter hur likt resultatet för ljudnivån, utan bullerskärm, blev den verkliga ljudnivån som uppmättes på platsen. Helst borde medelhastigheten uppmäts på plats samtidigt som ljudnivån uppmättes för att ge en så korrekt bild av verkligheten i Matlab. Det kan ha påverkat resultat då bullerskärmens reducering av ljudnivå påverkas av motor- och däckljud, som har olika ursprungshöjder i Nord2000. Däckljud närmare marken, motorljud högre upp vilket då gör att den effektiva höjden på bullerskärmen blir något lägre för motorljudet. Motorljud har större inverkan på ljudnivån vid lägre hastigheter så detta antagandet har förmodligen påverkat resultatet och gjort det mindre verklighetstroget. Jämfört med mätplats 1 och 3 och nivån av reducering hos dem, har det antagligen inte påverkat resultatet i en så stor utsträckning, då resultaten är liknade vid alla tre platser, men det bör ändå anmärkas på. Resultatet från mätningen stämmer bäst överens med modelleringen där de lägre hastigheterna använts, se Appendix F. De lägre hastigheterna används fortfarande då det stämmer bäst överens med verkligheten men kan ge felkällor när bullerskärmen simulerats.

För mätplats 1 så gjordes inte något likande då hastigheten hade behövs höjas över den ansatta hastigheten på vägen och att det inte finns något som kan användas som argument att höja hastigheten. Vid mätplats 2 finns en korsning med rödljus som används tillsammans med mätdatan som argument för att sänka hastigheten men vid mätplats 1 fanns bara mätdatan. Vilket inte ansågs tillräckligt för att ändra hastigheten. Även att under mätningen för plats 1 så körde ett extra högljutt fordon förbi. Det gjorde att den ekvivalenta ljudnivån förmodligen blev högre än normalt. Fler än en mätning borde ha gjorts på den platsen för att ge ett mer korrekt medelvärde. Detta gäller alla mätplatser men särskilt mätplats 1.

## 5.5 Vidare arbete

För fortsatt analys om bullerskärmars lämplighet i urbana miljöer i Göteborgs stad rekommenderas att öka antalet fältmätningar på flera platser utöver parker och andra grönområden. Förslagsvis platser med höga ljudnivåer som är samlingsplatser för människor, till exempel nära uteserveringar, kaféer, restauranger med mera. Bullerskärmarna skulle kunna integreras mer i stads- och parkmiljön med fler syften än att reducera buller, som till exempel tidigare nämnt i rapporten med belysning och sittplatser.

För att utveckla användandet av bullerskärmar kan man undersöka material och hållbarhet för att minska påverkan på miljön vilket är aktuellt i dagens samhälle. Miljöpåverkan kan utvärderas med hjälp av livscykelanalys för bullerskärmen som innehåller olika miljöindikatorer. Materialet kan undersökas både ur ett hållbarhetsperspektiv och ekonomiskt perspektiv, utöver hur ljuddämpande och effektivt det är. I denna rapport beräknas och utvärderas inte nettokostnaden för låga bullerskärmar, och därav rekommenderas att en framtida kostnadsanalys görs för de låga bullerskärmarna. Enligt Malin Ekstrand på Stadsmiljöförvaltningen utvärderas schablonkostnader för bullerskärmar och ett övervägande görs om det är ekonomiskt hållbart i förhållande till skärmens bullerreducering.

Kostnadsanalysen kan grundas på skärmens storlek, projektering samt kostnader för olika material. Kostnader för reparation och underhåll ska också analyseras vid val av bullerskärm. Det är eftersträvansvärt med ett så underhållsfritt material som möjligt. Till exempel är tegel ett hållbart material med lågt underhållsbehov, vilket nämns tidigare i rapporten under avsnitt 2.6.2.2.

Nicklas Erlandsson, stycke 3.1.2.4, lyfte diskussionen om huruvida bullerskärmar och olycksskärmar skulle få placeras på samma avstånd eller kunna integreras. I vidare arbete hade det varit intressant att se hur mycket ljudreduktionen förbättras vid förflyttning närmare källan.

# 6

## Slutsats

Kungsparken är i behov av att reducera ljudnivån för att möta Göteborgs stads riktlinjer på maximalt 50 dB i utomhusområden för en god ljudmiljö. Låga bullerskärmar med höjden på 1,2 meter kan minska ljudnivån med cirka 6,5 – 7,5 dBA och är ett effektivt sätt för att reducera ljudnivån från buller orsakat av trafik i en park som är omgiven av innerstadsmiljö i Göteborg. Resultaten visar att enligt Miljöförvaltningens egna kriterier på en minskning med 5 dBA som mista teoretiska värde för en skärm att gå vidare i planeringsprocessen med, samt Göteborgs mål om en god ljudmiljö, hade en låg bullerskärm runt Kungsparken kunnat motiverats arbetas vidare med av Göteborgs stad. Detta medför också att människor som vistas i dessa miljöer utsätts för mindre hälsoskadligt buller.

Syftet med detta projekt var att undersöka möjligheterna att öka användningen av låga bullerskärmar i innerstadsområden. I rapporten har data insamlas från en innerstadsmiljö, Kungsparken, och hur effektiv en bullerskärm skulle vara där har beräknats. Vidare har även målsättningen med att föreslå en skärm som integreras i sin omgivning nåtts. Resultatet av rapporten kommer fungera som en mall för hur liknande, mer djupgående projekt, skulle kunna utföras. Det kommer inte att kunna användas som underlag för uppförandet av en bullerskärm vid Kungsparken, men däremot som en indikation på vad resultatet av en mer omfattande utredning av frågan skulle innebära. Den skulle till exempel kunna utveckla projektet med avseende på geotekniska aspekter, kostnader samt säkerhet och synvinklar för trafikanter i området. En omfattande utredning skulle kunna göras för att undersöka om området är i behov av en låg bullerskärm med avseende på bullernivån och om skärmen skulle förbättra eller försämra den allmänna upplevelsen av parken.





# Litteratur

- Berg, R. E., & Nathanson, J. A. (2022). Noise pollution. <https://www.britannica.com/science/noise-pollution>
- Björk Tocaj, C., Hellberg, A., Petersson, A., & Toller, E. (2015). *Materials lämplighet för bullerskärmskonstruktioner*. Institutionen för Bygg- och miljöteknik. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/232476>
- Boverket. (2008). Buller i planeringen - Planera för bostäder i områden utsatta för buller från väg- och spårtrafik. [https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/buller\\_i\\_planeringen\\_allmanna\\_rad\\_2008\\_1.pdf](https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2008/buller_i_planeringen_allmanna_rad_2008_1.pdf)
- Boverket. (2014). Definitioner och begrepp för buller. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planeringsfragor/information-om-buller-och-goda-ljudmiljoer/ljud-och-buller/definitioner-och-begrepp-for-buller/>
- Boverket. (2022). Din hälsa kan påverkas av buller. <https://www.boverket.se/sv/byggande/forebygg-fel-brister-skador/konsekvenser-samhallet/konsekvenser-halsan/Halsa-buller/>
- Boverket. (2021). Rekreation. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/verktyg/rakna/rekreation/>
- de Pombal, M. I. M., & Hellgren, A. (2022). Arkitekturens betydelse för mänskligt välbefinnande: Fasadens estetik och det offentliga rummet ur Malmös fastighetsförmedlars perspektiv. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1674107/FULLTEXT02.pdf>
- Ekelund, B. (2010). Estetik viktigt för ett hållbart samhälle. <https://www.ltu.se/ltu/media/news/Estetik-viktigt-for-ett-hallbart-samhalle-1.58684>
- Eliasson, E., Larsson, D., Philipson, M., Pihl, E., Sönerholm, L., & Zetterlund, M. (2017). Tranquillity Trail - Ett lungt stråk i centrala Göteborg. <https://odr.chalmers.se/server/api/core/bitstreams/ae28fede-ada0-4f52-87af-5cce5f2dc2e8/content>
- Energiföretagen. (2021). Elektrifiering av transportsektorn. <https://www.energiforetagen.se/fardplan-energi/del-tidslinjer-tidslinje-fardplan-energi/tidslinje-elektrifiering-av-transportsektorn/>
- European Commission. (2012). *Common noise assessment methods in Europe (CNOSSO-EU)* (Technical Report). Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2788/32029>

- European Environment Agency. (2019). *Environmental noise in Europe – 2020* (tekn. rapport Report No 22/2019). European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/publications/environmental-noise-in-europe>
- Folkhälsomyndigheten. (2022). *Vägledning om buller och höga ljudnivåer*. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsynsvagledning-halsoskydd/buller/>
- Forssén, J., Estéves Mauriz, L., Torehammar, C., Jean, P., & Axelsson, Ö. (2019). *Performance of a Low-Height Acoustic Screen for Urban Roads: Field Measurement and Numerical Study*. Chalmers University of Technology. [https://research.chalmers.se/en/publication/520798?fbclid=IwAR2PEFd4jTtscmId\\_GOofZBwffW1tB4IVDYMv4uocMbxNyeJ-NmDRyY0cy0](https://research.chalmers.se/en/publication/520798?fbclid=IwAR2PEFd4jTtscmId_GOofZBwffW1tB4IVDYMv4uocMbxNyeJ-NmDRyY0cy0)
- Forssén, J. (u.å.). Noise mapping.
- Grubesa, S., & Suhanek, M. (2020). Traffic Noise. I D. Siano & A. E. González (Red.), *Noise and Environment*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.92892>
- Gustafson, A. (2022). *Beräkning av vägtrafikbuller med CNOSSES-EU, Nord2000 och Nord96*. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Götalandsregionen, V. (2021). De ornamenterade lyktstolparna, Göteborgs kommun. <https://www.vgregion.se/f/kulturutveckling/natur-och-kulturarv/platser--landskap/underverk-i-vastra-gotaland/lyktstolpar-goteborg/>
- Göteborgs Spårvägar. (2021). Årsberättelse 2021. [https://goteborg.se/wps/PA\\_Pabolagshandlingar/file?id=37027](https://goteborg.se/wps/PA_Pabolagshandlingar/file?id=37027)
- Göteborgs Spårvägar. (u.å.). Åtgärder för minskat buller. <https://goteborgssparvagar.se/bullerhantering/>
- Göteborgs Stad. (2006). <https://goteborg.se/wps/portal/start/goteborg-vaxer/sa-planeras-staden/oversiktsplanering/kunskapsunderlag-till-oversiktsplanen/sociotopkartor>
- Göteborgs Stad. (2018a). Bullerkarta Göteborg. <https://karta.miljoforvaltningen.goteborg.se>
- Göteborgs Stad. (u.å.-a). Grönnytefaktorer och kompensationsåtgärder. <https://goteborg.se/wps/portal/start/byggande--lantmaterie-och-planarbete/kommunens-planarbete/verktyg-for-stadsplanering-2/miljo-och-klimat-i-stadsplaneringen/kompensationsatgarder>
- Göteborgs Stad. (2018b). Göteborgs Stads åtgärdsprogram mot buller 2019-2023. <https://goteborg.se/wps/wcm/connect/aa94c45e-81a5-4518-a338-d042491ad612/G%C3%B6teborgs+stads+%C3%A5tg%C3%A4rdsprogram+mot+buller+2019-2023.pdf?MOD=AJPERES>
- Göteborgs Stad. (2020). Hur ser centrala Göteborg ut 2035. <https://stadsutveckling.goteborg.se/projekt/hisingen/alvstaden/nyheter/hur-ser-centrala-goteborg-ut-2035/>
- Göteborgs Stad. (2019). *Trafikbuller i Göteborg* (tekn. rapport Rapport 2019:14). Miljöförvaltningen. [https://goteborg.se/wps/wcm/connect/e583083a-041a-4758-9623-adc8c7b64537/N800\\_R\\_2019\\_14.pdf?MOD=AJPERES](https://goteborg.se/wps/wcm/connect/e583083a-041a-4758-9623-adc8c7b64537/N800_R_2019_14.pdf?MOD=AJPERES)
- Göteborgs Stad. (u.å.-b). *Trafikmängder på olika gator*. <https://goteborg.se/wps/portal/start/trafik-och-resor/trafik-och-gator/trafikinformation/statistik-om-trafiken-i-goteborg/trafikmangder-pa-olika-gator>

- Göteborgs Stad. (2013). Underlag till Göteborgs Stads åtgärdsprogram mot buller 2019-2023. <https://goteborg.se/wps/wcm/connect/47a34f86-dc49-4346-b9f0-db244278e49e/Underlag+till+G%C3%B6teborgs+Stads+%C3%A5tg%C3%A4rdsprogram+buller+2019-2023.pdf?MOD=AJPERES>
- Höjer, N.-Å., Martin ans Nilsson, Sandin, Å., & Ulmgren, N. (2008). Design and implementation of solutions at validation sites.
- Höstmad, P., & Kropp, W. (2016). Introduction [provided by Chalmers University of Technology].
- Malmö Stad. (2022). Ljussättning av staden. <https://malmo.se/Stadsutveckling/Tema/Bebyggelse-och-utemiljoer/Ljussattning-av-staden.html>
- Naturvårdsverket, Vägverket & ministerrådet, N. (1996). *Vägtrafikbuller - Nordisk beräkningsmodell* (Nr 4653) [Del 2]. Naturvårdsverket, Vägverket.
- NE. (u.å.). Interferens. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/interferens>
- Nilsson, M., Kläboe, R., Bengtsson, J., Forssén, J., Hornikx, M., van der Aa, B., Rådsten-Ekman, M., Defrance, J., Jeans, P., Jean, P., Koussa, F., Maillard, J., van Maercke, D., Attenborough, K., Taherazadeh, I. B. S., Benkreira, H., Horoshenkov, K., Khan, A., Kang, J., ... Hong, J. Y. (2013). Novel solutions for quieter and greener cities. [https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/208780/local\\_208780.pdf](https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/208780/local_208780.pdf)
- Nordtest. (2002). Road Traffic: Measurement Of Noise Immission – Survey Method. [http://nordtest.info/images/documents/nt-methods/acoustic/NT%20acou%20056\\_Road%20traffic\\_Measurement%20of%20noise%20immission%20-%20Survey%20method\\_Nordtest%20Method.pdf](http://nordtest.info/images/documents/nt-methods/acoustic/NT%20acou%20056_Road%20traffic_Measurement%20of%20noise%20immission%20-%20Survey%20method_Nordtest%20Method.pdf)
- Oudah, H., Basim, N., & Ali, D. (2021). Hur kommer elbilar påverka bullernivån i framtiden! <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1569941/FULLTEXT01.pdf>
- Prendergast, G., Guest, H., Munro, K. J., Kluk, K., Léger, A., Hall, D. A., Heinz, M. G., & Plack, C. J. (2017). Effects of noise exposure on young adults with normal audiograms I: Electrophysiology. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5256477/>
- Quietstone. (u.å.). Quietstone Expanded Glass Beads. <https://www.quietstone.co.uk/product/quietstone-expanded-glass-beads/>
- Rosholm, J. (2021). Murar minskade bullret mer än förväntat. <https://byggkoll.byggtjanst.se/artiklar/2021/april/murar-minskade-bullret-mer-an-forvantat/>
- SFS 2004:675. (2004). *Förordning (2004:675) om omgivningsbuller*. Klimat- och näringslivsdepartementet. [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2004675-om-omgivningsbuller\\_sfs-2004-675](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2004675-om-omgivningsbuller_sfs-2004-675)
- Statistikmyndigheten SCB. (2023). Statistikdatabasen. [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_BE\\_BE0101\\_BE0101C/BefArealTathetKon/](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BE_BE0101_BE0101C/BefArealTathetKon/)
- Trafikkontoret. (2023). Låga akustiskärmar för väg- och spårtrafik: planeringslösningar för urbana områden. <https://chalmers.instructure.com/courses/22225/files/2419396?wrap=1>

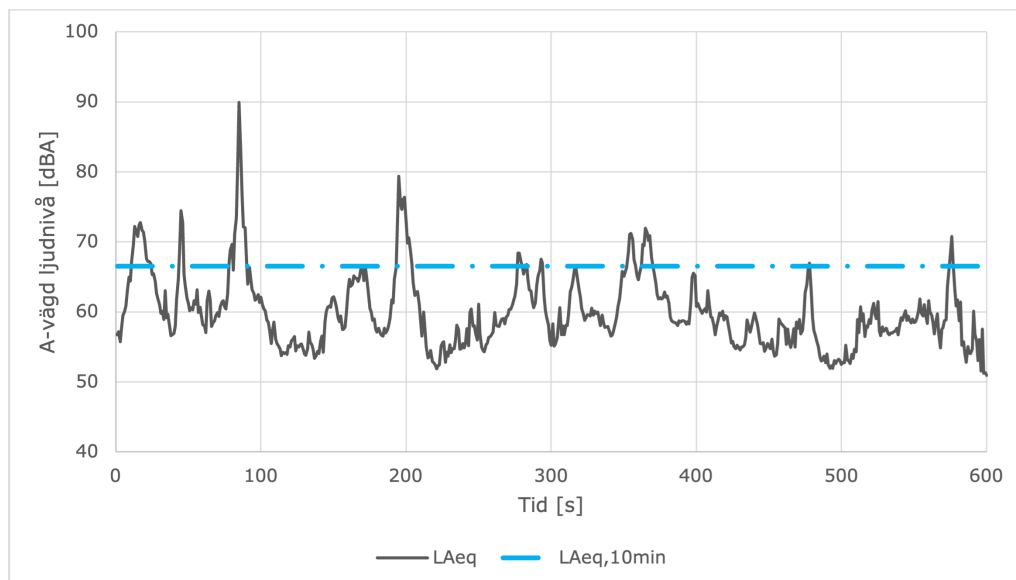
- Trafikverket. (2022). KRAV: Vägars och gators utformning. <http://trafikverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1621114/FULLTEXT02.pdf>
- Trafikverket. (2023). Rapport: Vägbelysningshandboken 2022. <https://trafikverket.divaportal.org/smash/get/diva2:1721060/FULLTEXT02.pdf>
- WSP. (2009). Uppskattning av antalet exponerade för väg, tåg- och flygtrafikbuller överstigande ekvivalent ljudnivå 55 dBA. <http://www.imm.ki.se/Datavard/Rapporter/Rapport%2010093982%20R01%20bullerinventering%202006%202009-11-06.pdf>
- Z-block. (2023). Kundnytta för boende längs järnväg. <https://sbloc.se/bullerskarm/privatperson/>
- Ögren, M., & Bengtsson Ryberg, J. (2015). *Bullerberäkningar med Cnossos-EU i Sverige*. Sahlgrenska Universitetssjukhuset, Arbets- och miljömedicin. <https://circabc.europa.eu/sd/a/c35b827d-dcf5-438d-8310-d1a5b6622c30/bullerkartlaggning-cnossos-.pdf>

# A

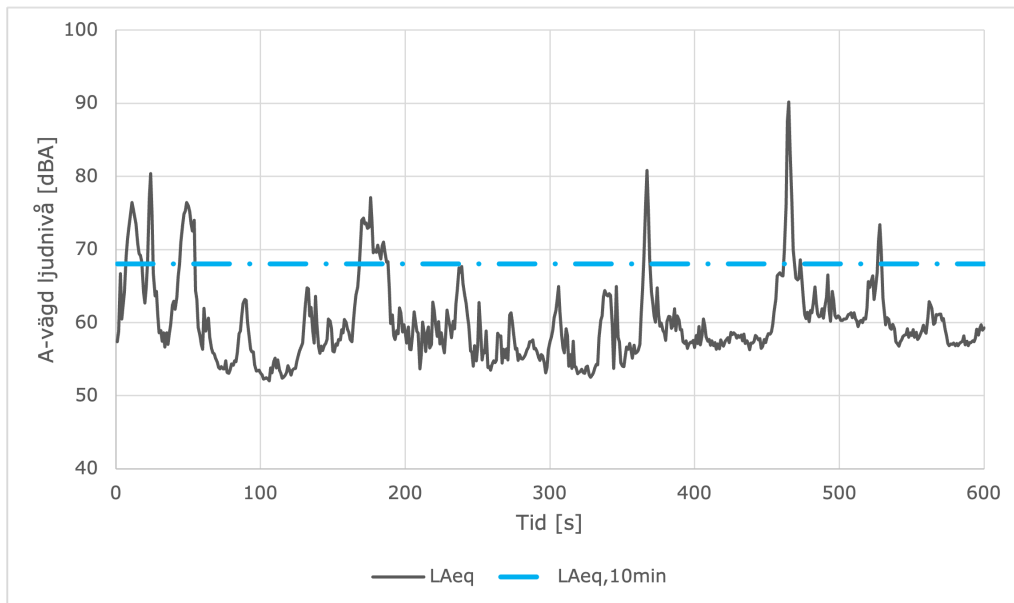
## Mätdata Stenpiren

Trafikdata finns ej tillgänglig för platsen för att beräkna korrigerade värden av ekvivalentnivån.

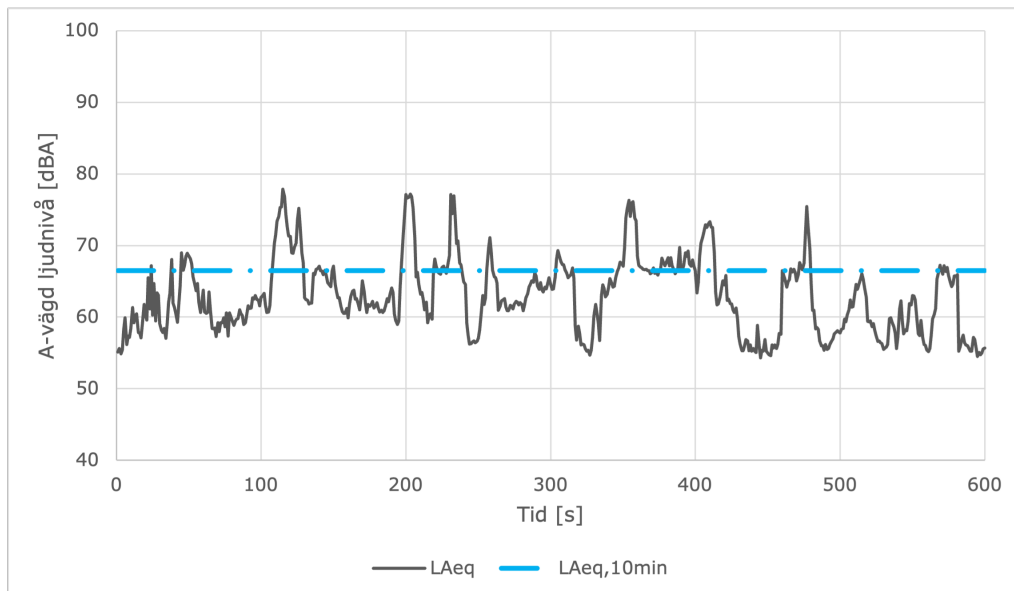
**Figur A.1:** Stenpiren 1. Gråa heldragna linjen visar ekvivalentnivån, den blåstreckade linjen visar ekvivalentnivån över 10 minuter.



**Figur A.2:** Stenpiren 2. Gråa heldragna linjen visar ekvivalentnivån, den blåstreckade linjen visar ekvivalentnivån över 10 minuter.



**Figur A.3:** Stenpiren 3. Gråa heldragna linjen visar ekvivalentnivån, den blåstreckade linjen visar ekvivalentnivån över 10 minuter.



# B

## Intervjuer Stenpiren och Kungsparken

### **Intervju om buller: Stenpiren och Kungsparken**

28 februari 2023

#### Frågor:

- Hur upplever du bullernivåerna i nuvarande miljö?
- Om det finns buller här, vad är det som skapar ljuden? Vad irriterar du dig mest på?
- Undviker du områden på grund av bullernivåerna där? Väljer du alternativa rutter?
- Vilken bullerskärm tycker du är mest estetiskt tilltalande av följande alternativ?

#### Svar:

##### **Stenpiren**

Nära spårvagnarna och vid bänkarna lite bakom hållplatsen var det generellt sett svårt att höra varandra och man var tvungen att prata mycket högt.

##### Kvinna 1

Hon upplevde att hon irriterades över oljud och att det främst var från spårvagnar. Just idag var det också ett bankade (hamrade från byggplats en bit bort)  
Undvek vissa områden när hon var ute och promenerade på grund av buller.  
Tyckte bäst om alternativ 3 men grönska på.

##### Kvinna 2

Hon upplevde att hon inte tänkte på oljud och menade att hon vant sig. Hon valde alternativa vägar vid promenaden men detta berodde mer på att hon ville gå vid grönska och vacker natur än att buller störde henne.  
Hon valde alternativ 3.

##### Kvinna 3

Hon upplevde inte att det bullrade men hon var tvungen att fråga vad vi sa flera gånger på grund av högt bakgrundsljud. Har antagligen vant sig vid ljud från spårvagnar och trafik. Hon ändrade inte sin utomhusvistelse pga. buller.  
Tyckte inte att något alternativ behövdes.

##### Kvinna 4

Bullret påverkar mig mycket, jag tycker det är jobbigt och blir trött. Här låter spårvagnar och ljud från byggplatserna mest. Även ljud från resecentrumets fläktar är störande. Jag undviker vissa platser och vägar på grund av ljud när jag är ute och promenerar.  
Alternativ 3 är bäst. Tycker att Göteborg behöver bli grönare.

##### Man 1

Det låter mycket men jag går ofta med hörlurar så jag tänker inte på ljudnivåerna. Därav påverkar det inte min rörelsemönster. Spårvagnar som låter mest här.  
Alternativ 2.



### **Kungsparken**

Vi upplever att folk (fotgängare) valde att ta vägarna längre in i parken än längs parkgatan.  
Folk valde också att sätta sig på bänkarna längre in i parken.

Man och kvinna 1

Tyckte att det inte lät så farligt men medveten om att det inte var rusningstrafik. Satt långt in i parken. Spårvagnar och bilar lät mest. Undviker inte vissa områden men promenerar gärna i grönska och tyst miljö. Sonen (5 år?) upplevde att motorcyklar lät högt, vilket kan bero på att han reagerade på de höga nivåerna.

Alternativ 3.

Kvinna 2

Tyckte det lät mycket. Trafik. Undviker vissa områden.

Alternativ 3.

Kvinna 3

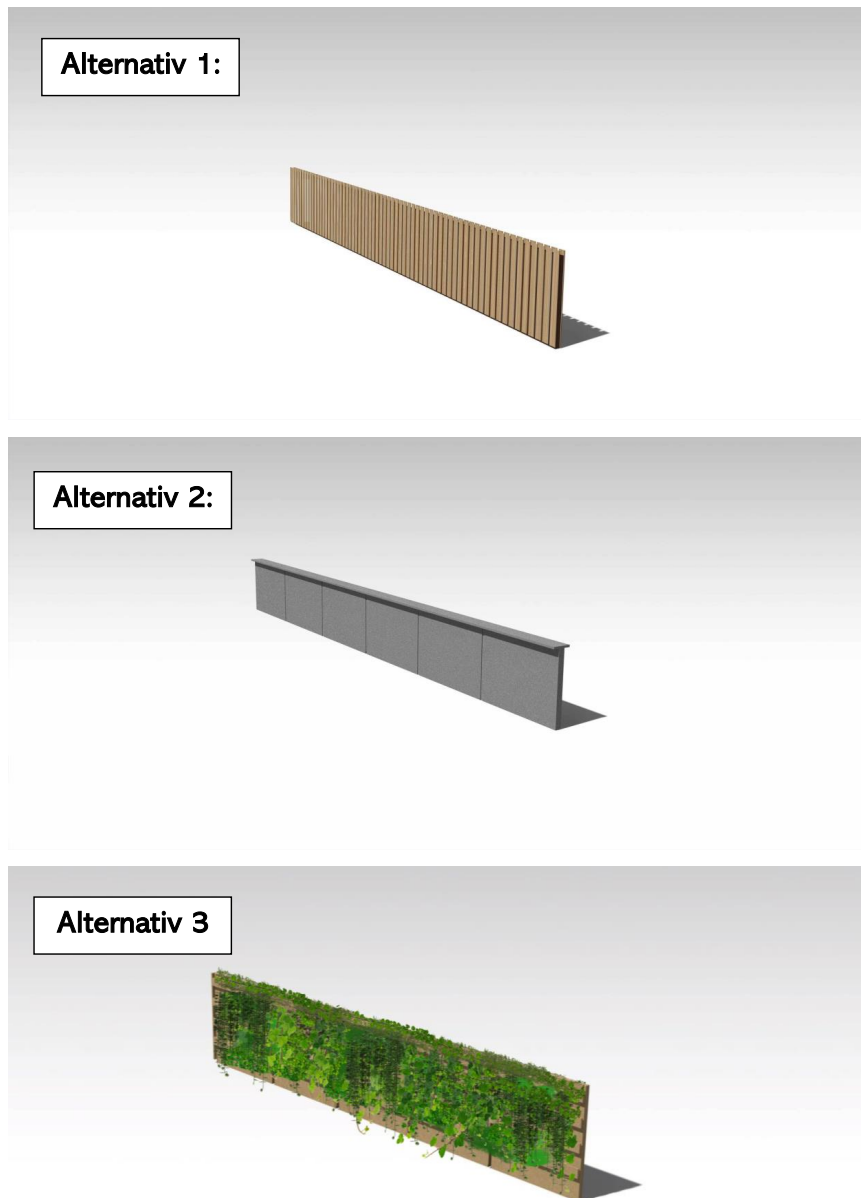
Tycker det låter högt men bost i Stockholm och menade att det lät mycket högre där. Bilar och spårvagnstrafik. Undviker ofta områden som låter mycket.

Alternativ 1 eller 3.

Kvinna 4

Det låter. Bilar. Undviker inte och påverkar inte så mycket.

Alternativ 3.



**Figur B.1:** Renderade alternativ för intervjuer

# C

## Simulering

```
% 1 |
% |
% 1 |
% |
% 1 |
% |
% 1 |
% väg |
% 1 |
% 31 |
% 1 1 1 |-----
% |
% - |
% - |
% - |
%de två vägar som vägs samman nedan
close all
%mit: SPL bakom skärm. ref: SPL utan skärm
%ref är SPL utan skärm, mit är med skärm.
%varje element i en array är en meter från varandra. Fram tills där skärmen
%är satt, är det ref värden.

y31ref_spar=[66.0274 64.8479 63.9008 63.1433 62.5436 62.0378
61.6111 61.2271 60.8838 60.5649 60.2693 59.9903 59.7261
59.4760 59.2380 59.0105]'
y31mit_spar=[66.0274 64.8479 63.9008 63.1433 51.4862 55.1639
54.8703 54.6447 53.8634 53.4469 52.9001 52.4300 52.0694
51.8015 51.5823 51.4097]' % [55.8470 56.5184 56.6231 56.9740
55.2078 46.9111 55.0988 56.2899 56.0572 55.7627 55.1120
% 54.6756 54.0838 53.6523 53.3013]
% från 1:4 har y31mit_spar samma värden som y31ref_spar, vid 4.5 meter är
% skärmen uppsatt

lx=linspace(1,10,10);
ly=linspace(1,10,10);
```

```

[X,Y]= meshgrid(lx,ly);

%SPL ref från både vägarna

y31ref=[66.0934  65.2965  64.6707  64.1455  63.6858
63.2824  62.9220  62.5945  62.2901  62.0053]';% kung31 väg med spår
hej31_ref_sam=sammanvagning(y31ref, y31ref_spar(3:12)) % sammanväger
SPL från spår och biltrafik
x21ref=[65.5186  64.9866  64.5218  64.1051  63.7283
63.3814  63.0579  62.7549  62.4696  62.1996]; % kung21 Skärm är
satt till 0.5
% från vägkant

%SPL mit från både vägarna

y31mit=[ 66.0934  65.2965  58.0031  56.8432  56.5637
56.0764  55.6832  55.1974  54.7821  54.4063]';
% kung31 väg med spår
hej31_mit_sam=sammanvagning(y31mit,y31mit_spar(3:12)) % sammanväger SPL
från spår och biltrafik
x21mit=[ 65.5186  58.4988  57.9725  57.1603  56.6770
56.0485  55.8817  55.4390  55.0565  54.7091]; % kung21 ref data
från precis vid
% vägkant tas med. Skärm är satt till

hejref=sammanvagning(x21ref, hej31_ref_sam)';
hejmit=sammanvagning(x21mit, hej31_mit_sam)';

% skärmen på 31 vägen är satt på x=1,5. På 21 vägen är den på y=0.5 m.
% Mätplats 2 är på x=3, y=2.
%x=3; y=2; z=68.9653;
%%
figure('Position', [100, 100, 800, 800]);
figure(1)
surf(X,Y,hejref)

ylabel('Avtsånd från väg 1 [m]')
xlabel('Avtsånd från väg 2 [m]')
colorbar
%hold on
%h=scatter3(x,y,z,'filled')
%h.SizeData = 150;
%hold off

figure('Position', [100, 100, 800, 800]);

```

```
figure(2)
surf(X,Y,hejmit)
ylabel('Avtsånd från väg 1 [m]')
xlabel('Avtsånd från väg 2 [m]')
colorbar

IL = hejref - hejmit;

figure('Position', [100, 100, 800, 800]);
figure(3)
surf(X,Y,IL)
%title('Skillnadnen mellan skärmat och oskärmat [dB]')
xlabel('Avtsånd från väg 2 [m]')
ylabel('Avtsånd från väg 1 [m]')
zlabel(' Reducering av ljudnivå från insättning av bullerskärm [dB]')
colorbar

%%
IL=hej31_ref_sam-hej31_mit_sam;
figure('Position', [100, 100, 900, 800]);
figure(4)
subplot(2,1,1)
plot(lx,hej31_mit_sam,'blue')
grid on

hold on

plot(lx,hej31_ref_sam,'red')
hold on

hold on
%title('SPL för mätplats 3')
legend('Ljudnivå skärmat','Ljudnivå oskärmat')
xlabel('Avtsånd från väggkant [m]')
ylabel('Ljudnivå [dB]')
hold on

subplot(2,1,2)
plot(lx,IL,'green')
grid on
%title('Reducerad ljudnivå')
legend('Reducerad ljudnivå')
ylabel('Ljudnivå [dB]')
xlabel('Avtsånd från väggkant [m]')
hold off
```

## C. Simulering

---

```

%%

matplats1_ref=[68.3425  67.7985  67.3215  66.8938  66.5058
66.1485  65.8157  65.5041  65.2107  64.9331]
matplats1_mit=[68.3425  61.4013  60.7721  59.7648  58.9981  58.2755
57.8679  57.3719  56.9382  56.5282]

IL=matplats1_ref-matplats1_mit;
figure('Position', [100, 100, 900, 800]);
figure(5)
subplot(2,1,1)
plot(lx,matplats1_mit,'blue')
    grid on
hold on
plot(lx,matplats1_ref,'red')
hold on

hold on
%title('SPL för mätplats 1')
legend('Ljudnivå skärmad','Ljudnivå oskärmad')
xlabel('Avtsånd från väggkant [m]')
ylabel('Ljudnivå [dB]')
hold on
subplot(2,1,2)
plot(lx,IL,'green')
    grid on
%title('Reducerad ljudnivå')
legend('Reducerad ljudnivå')
ylabel('Ljudnivå [dB]')
xlabel('Avtsånd från väggkant [m]')
hold off

%%
%-----väg-----r=normalen
%
%
%          r          /
%          1          /
%          1          /
%          1          /
%          1          /
%          1          /
%          x

%x=5

%L=linspace(0,150,150)

```

```
%Alfa=atand(L/x)
%DeltaL_alfa=10*log10(Alfa/180)

%plot(L,DeltaL_alfa)

%koordinater för hål i bullerskärmen

%%
xalfa=7; yalfa=7; %mottagare position
%mottagare=[distances(xalfa,yalfa) distances1(xalfa,yalfa)]
%%
yslut=4.5 %
ystart=2.5
x123=4;
y123=4
L1=10-yslut;
L=10-ystart;
L2=yslut-ystart;

L11=zeros(length(9))
LL=zeros(9)

xlength=linspace(1,9,9);

Alfa_lagringg=zeros(8,9);
Beta=zeros(8,9);
Gamma=zeros(8,9);
Alfa=zeros(8,9)

for n=1:8 %x-led

    for i=1:9 %y-led
        L11=L1-(9-i)
        LL=L-(9-i)
        Beta(i,n)=atand((LL)/xlength(n))
        Alfa(i,n)=Beta(i,n)-atand((L11)/xlength(n))
    end

end

end
```

```
Alfa=(Alfa(1:9,1:8))

delta_Alfa=10*log10(Alfa./180)
Leq24_no_screen=hejref(2:10,3:10)+delta_Alfa

testsam=sammanvagning(hejmit(2:10,3:10),Leq24_no_screen)

hejmit_hal=[];
hejmit_spar=[];

hejmit_spar=hejmit
hejmit_hal=hejmit;
hejmit_hal(2:10, 3:10)=testsam;
figure('Position', [100, 100, 800, 800]);
figure(6)
surf(X,Y,hejmit_hal)
%title('Ljudnivån efter ett 2 meter brett hål har satts i bullerskärmen [dB]')
ylabel('Avtsånd från väg 1 [m]')
xlabel('Avtsånd från väg 2 [m]')
colorbar
%%
skillnad=hejmit_hal-hejmit_spar;
figure('Position', [100, 100, 800, 800]);
figure(7)
surf(X,Y,skillnad)
%title('Skillnaden i ljudnivå som ett 2 meter brett hål i bullerskärmen
orskar [dB]')
ylabel('Avtsånd från väg 1 [m]')
xlabel('Avtsånd från väg 2 [m]')
colorbar

Skillnadbakombullerskarm=hejref-hejmit_hal;
figure('Position', [100, 100, 800, 800]);
figure(8)
surf(X,Y,Skillnadbakombullerskarm)
%title('Insättningsdämpning för skärm med ett hål 2 meter [dB]')
ylabel('Avtsånd från väg 1 [m]')
xlabel('Avtsånd från väg 2 [m]')
colorbar

%%
SPLref50_21=[68.3425    67.7985    67.3215    66.8938    66.5058    66.1485
```



```
65.8157 65.5041 65.2107 64.9331];

SPLmit50_21=[68.3425 61.4013 60.7721 59.7648 58.9981 58.2755
57.8679 57.3719 56.9382 56.5282];

SPLref35_21=[65.5186 64.9866 64.5218 64.1051 63.7283 63.3814
63.0579 62.7549 62.4696 62.1996];

SPLmit35_21=[53.9799 58.4988 57.9725 57.1603 56.6770 56.0485
55.8817 55.4390 55.0565 54.7091];

SPLref50_22=[67.7923 67.1456 66.5996 66.1240 65.7058 65.3314
64.9907 64.6750 64.3804 64.1038];

SPLmit50_22=[67.7923 67.1456 58.1836 59.4461 58.4417 58.0896
57.5960 57.1652 56.6487 56.2345];

SPLref50_tram=[ 68.1569 66.9585 65.9974 65.2272 64.6147
64.1000 63.6684 63.2815 62.9381 62.6205 62.3275 62.0514
61.7902 61.5432 61.3082 61.0835] ;

SPLmit50_tram=[68.1569 66.9585 65.9974 65.2272 53.4732
57.2858 56.9077 56.6155 55.8057 55.3390 54.7800 54.2893
53.9045 53.6149 53.3789 53.1965];

SPLref_sam22=sammanvagning(SPLref50_22, SPLref50_tram(3:12))'
SPLmit_sam22=sammanvagning(SPLmit50_22, SPLmit50_tram(3:12))'

argsamref=sammanvagning(SPLref_sam22,SPLref50_21)

argsammit=sammanvagning(SPLmit_sam22,SPLmit50_21)

Matposition=68.14;
figure('Position', [100, 100, 800, 800]);
figure(9)
surf(X,Y,hejref)
hold on
surf(X,Y,argsamref)
hold on
scatter3(6,2,Matposition, "filled")
ylabel('Avtsånd från väg 1 [m]')
xlabel('Avtsånd från väg 2 [m]')
colorbar
```



# D

## Korrektion av mätvärden

```
% Källor
% https://bransch.trafikverket.se/contentassets/bd5c999b7a13400dbbbc119fe0c9eb6d/nt-acou-056\_road-traffic\_measurement-of-noise-immision---survey-method\_nordtest-method.pdf
% https://statistik.tkgbg.se//N/Nya%20All%C3%A9n.html
% https://statistik.tkgbg.se//R/Raoul%20Wallenbergs%20Gata.html

clc

% MTT
T = 10*60;
LAeq10m = (1:4);

% Plats 1
N1_light = 99;
N1_heavy = 7;

v1 = 50;

LAeq10m_light = L_AEq10m(N1_light,T,v1,'light');
LAeq10m_heavy = L_AEq10m(N1_heavy,T,v1,'heavy');

LAeq10m_mixed = 10*log10((10.^(LAeq10m_light/10))+(10.^(LAeq10m_heavy/10)));
LAeq10m(1) = LAeq10m_mixed;

% Plats 2/4
N2_light = 127;
N2_heavy = 13;

v2 = 35;

LAeq10m_light = L_AEq10m(N2_light,T,v2,'light');
LAeq10m_heavy = L_AEq10m(N2_heavy,T,v2,'heavy');

LAeq10m_mixed = 10*log10((10.^(LAeq10m_light/10))+(10.^(LAeq10m_heavy/10)));
LAeq10m(2) = LAeq10m_mixed;
LAeq10m(4) = LAeq10m_mixed;
```

## D. Korrektion av mätvärden

---

```
% Plats 3
N3_light = 60;
N3_heavy = 10;

v3 = 50;

LAeq10m_light = L_AEq10m(N3_light,T,v3,'light');
LAeq10m_heavy = L_AEq10m(N3_heavy,T,v3,'heavy');

LAeq10m_mixed = 10*log10((10.^(LAeq10m_light/10))+(10.^(LAeq10m_heavy/10)));
LAeq10m(3) = LAeq10m_mixed;

LAeq10m

% YDT
T = 60*60*24;
LAeq24h = (1:4);

% GBG trafikdata (PER DYGN)
% Nya allén
N_nya_allen = 10600;
N_heavy_nya_allen = N_nya_allen*0.06; % Ingen data fanns, antagen samma som för
raoul wallenbergs gata. Runt 5% i stadsmiljöer enligt Jens.
N_light_nya_allen = N_nya_allen - N_heavy_nya_allen;

% Raoul Wallenbergs gata
N_raoul = 6000;
N_heavy_raoul = N_raoul*0.06;
N_light_raoul = N_raoul - N_heavy_raoul;

% Plats 1
LAeq10m_light = L_AEq10m(N_light_nya_allen,T,v1,'light');
LAeq10m_heavy = L_AEq10m(N_heavy_nya_allen,T,v1,'heavy');

LAeq10m_mixed = 10*log10((10.^(LAeq10m_light/10))+(10.^(LAeq10m_heavy/10)));
LAeq24h(1) = LAeq10m_mixed;

% Plats 3
LAeq10m_light = L_AEq10m(N_light_raoul,T,v3,'light');
LAeq10m_heavy = L_AEq10m(N_heavy_raoul,T,v3,'heavy');

LAeq10m_mixed = 10*log10((10.^(LAeq10m_light/10))+(10.^(LAeq10m_heavy/10)));
LAeq24h(3) = LAeq10m_mixed;

% Plats 2/4 !MIX AV 1 OCH 3!
```

```
LAeq10m_mixed = 10*log10((10.^(LAeq24h(1)/10))+(10.^(LAeq24h(3)/10)));  
LAeq24h(2) = LAeq10m_mixed;  
LAeq24h(4) = LAeq10m_mixed;
```

```
LAeq24h
```

```
% Korrektioner (plats 4 med samma som för plats 2)
```

```
LAeq = [72.24 68.14 67.26 58.96] % Uppmätta värden
```

```
LAeq_korr = LAeq+(LAeq24h-LAeq10m)
```



# E

## Indata till Nord2000

Indata: Mätplats 1 starttid 14:12 - 99 Lätta fordon, 7 tunga Geometri: Skärm: 0,5 m från start av väg 150 m lång väg, speglad Data från [2 5 10] m från väg Höjd på skärm, 1,2 m Mottagarhöjd 1,5 meter Körfalt avstånd från vägen: [-8.5 -5.1 -1.7] m

Indata: Data från mätplats 1 och 3 användes istället för mätplats 2 data. Geometri: Från söder: 0,5 m från vägen, 150 m lång väg, speglad,  $v=35$  km/h (Kung21), Körfalt avstånd från vägen: [-8.5 -5.1 -1.7] m Från väster: 1,5 m (mellan cykelväg och gångbanan) från vägen med spårvagn, 75m lång väg, speglad (Kung22) Körfalt avstånd från vägen: [-13.8 -2.8] m.  $v = 40$  km/h Spårvagn: 4.5 m till skärm från väggkant. Körfaltets mittenavstånd från väggkant [-3.15 -0.7] m Höjd på skärm, 1,2 m Mottagarhöjd 1,5 meter

Indata: Mätplats 3 starttid 14:39 - 60 lätta fordon, 10 tunga, 1 spårvagn (3 i medel med data från mättillfälle 2) Geometri: Skärm: 1,5 m från start av väg 150 m lång väg, speglad Data från 2 5 10 m från väg Höjd på skärm, 1,2 m Mottagarhöjd 1,5 meter Körfalt avstånd från vägen: [-13.8 -2.8] m Spårgeometri: Skärm 4,5 m från start av spår 75 m speglad



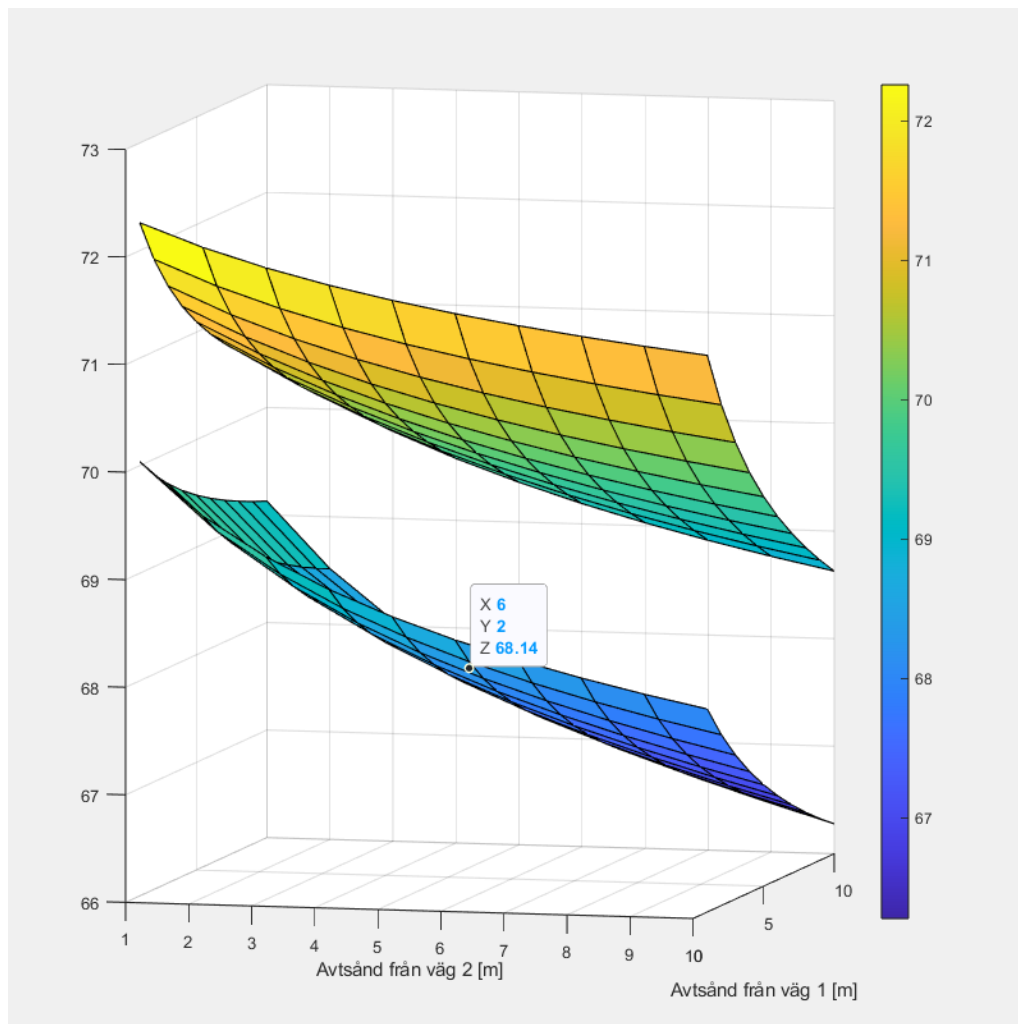


# F

## Jämförelse av resultat där endast hastigheten ändrats som parameter

I Figur F är de två ytorna sammanvägd data för olika hastigheter. Där kan det ses att ytan med de lägre hastigheterna och därmed lägre ljudnivåerna ligger närmare det mätvärdet som är markerad.

**Figur F.1:** Den övre ytan är då hastigheten är satt till 50 km/h för samma område som mätplats 2. Den nedre är ytan som används i resultatet. Markerad punkt är koordinaterna i området där ljudnivå mättes i verkligheten och används som referenspunkt för att ge en så närliggande ljudnivå som möjligt i modellen.



INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige

[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**