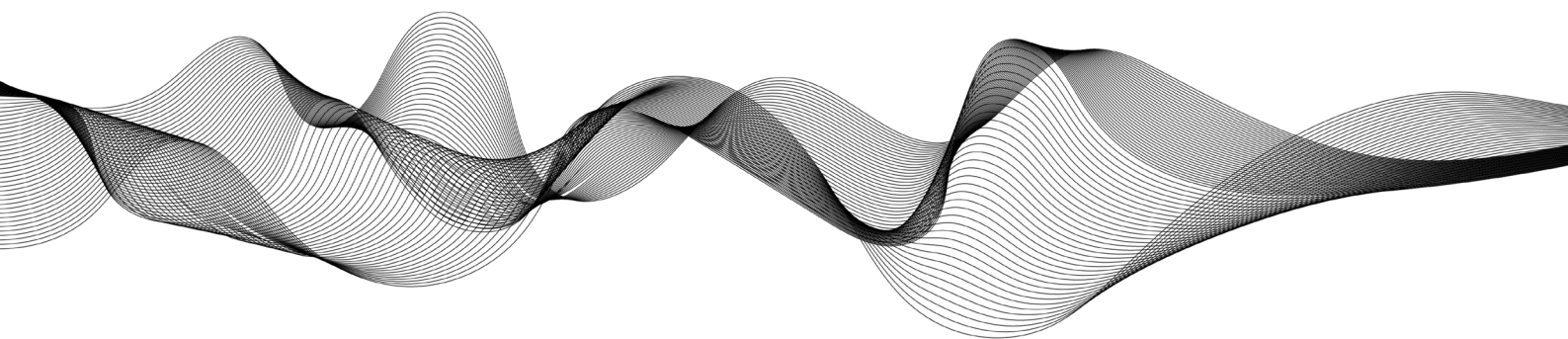




Från buller till harmoni

Hur landskapsarkitektur kan förbättra ljudbilden i staden

Clara Ander & Emelie Bäckström



Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Landskapsarkitekturprogrammet

Alnarp 2025

Från buller till harmoni. Hur landskapsarkitektur kan minska buller i urbana miljöer

From noise to harmony. How landscape architecture can reduce noise in urban environments

Clara Ander & Emelie Bäckström

Handledare:	Mats Gyllin, SLU, Institutionen för människa och samhälle
Examinator:	Kristin Wegren, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod:	EX0845
Program/utbildning:	Landskapsarkitektprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2025
Omslagsbild:	<i>Abstract voice sound wave pattern element, Voice sound wave liens and audio technology background.</i> Adobe Stock, Licens för skolor. https://stock.adobe.com/se/images/abstract-voice-sound-wave-pattern-element-voice-sound-wave-liens-and-audio-technology-background/706351725?prev_url=detail
Illustrationer:	Alla bilder är illustrerade av författarna.
Nyckelord:	Buller, städer, stress, hälsa, ljudlandskap, soundscape, trafik, grön infrastruktur

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammandrag

Fler och fler människor i dagens samhälle är bosatta i städer som blir mer befolkade, större och tätare. Med fler människor och längre avstånd mellan målpunkter blir också ytan vi lever på och rör oss över större och avstånden längre. Detta har medfört att städerna som följd av byggprojekt och utvecklingsprogram har utvecklat ett mer omfattande trafiknät med tyngre trafik och fler stadsdelar med tätare kvarter och fler bostäder. Utvecklingen har därmed medfört många problem i städerna som till exempel buller. I denna litteraturstudie undersöks det därför om invånarnas hälsa kopplat till stress påverkas av ljud i urbana miljöer och vidare i sådana fall hur. Frågeställningarna som besvaras är: Påverkas människors stressnivå av olika ljud i staden? Kan vi som landskapsarkitekter minska människors stressnivå genom att arbeta med ljudbilden i staden? Och i sådana fall, hur?

För att svara på dessa frågor har litteratur i form av vetenskapliga artiklar, hemsidor och nyhetsartiklar undersökts. Med litteraturen som grund har detta arbete kommit fram till att bullerproblematiken är ett faktum och att många av städernas invånare i dagens samhälle skadas av allt för höga bullernivåer. Det har visat sig att stadens buller påverkar människor dygnet runt och kan ge upphov till flertalet hälsobesvär. Däremot visar studier på att det finns ljud och miljöer i städerna som kan påverka människans stressnivå på ett positivt sätt. Naturliga miljöer har denna effekt och vidare kan de naturliga ljuden som förekommer i dessa miljöer lindra och förkorta återhämningsperioden som vi människor behöver för att återgå till ett lugnare sinnestillstånd. Litteraturstudien lyfter olika lösningar i form av grön infrastruktur, gröna väggar och tak samt trafiklösningar. Andra framtagna strategier som forskats fram och prövats för att bemöta det uppmärksammade problemet har även presenterats. Med denna uppsats vill vi lyfta kunskap och framhäva information om ljud i staden som framöver ska kunna användas som underlag för en mer hållbar stadsplanering ur ett folkhälsoperspektiv.

Nyckelord: Buller, städer, stress, hälsa, ljudlandskap, soundscape, trafik, grön infrastruktur

Abstract

Today more people are living in growing cities. With more people and greater distances between destinations, the space we live in and move across is expanding and the distances are getting longer. This has led to cities having more extensive transportation networks with heavier traffic, neighbourhoods with denser blocks, and more dwellings. This development has therefore brought many problems in the cities, such as noise. In this essay, we investigate whether the health of residents, in relation to stress, is affected by sound in urban environments, and if so, how. The questions addressed are: Does the level of stress in people change due to various sounds in the city? Can we, as landscape architects, reduce people's stress levels by working with the soundscape in the city? And if so, how?

To answer these questions, literature in the form of scientific articles, websites, and news articles has been reviewed. Based on literature, this thesis concludes that the noise problem is a reality, and that many of the city's residents today are harmed by excessively high noise levels. It has been shown that city noise affects people all the time and can lead to several health issues. However, studies show that there are sounds and environments in cities that can positively affect human stress levels. Natural environments have this effect, and the natural sounds found in these environments can alleviate and shorten the recovery period that we need to return to a calmer state of mind. This essay highlights different solutions in the form of green infrastructure, green walls and roofs, as well as traffic solutions and other strategies that have been researched and tested to address the recognized problem. With this thesis, we aim to raise awareness and highlight information about sound in the city that can later be used as a basis for more sustainable urban planning from a public health perspective.

Keywords: Noise, cities, stress, health, soundscape, traffic, green infrastructure

Förord

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Mats Gyllin som väglett oss under arbetets gång. Vi är tacksamma för all input och vägledning vi fått under arbetsprocessen. Vi vill också tacka familj och vänner för att ni läst, diskuterat med oss och delat med er av era tankar om arbetet. Tack till vår seminariegrupp med kursare och handledare för lärorika och inspirerande seminarier, dessa tillfällen har varit mycket viktiga för oss och avgörande för utförandet av uppsatsen. Tack till dig som tar dig tid att läsa detta arbete, vi hoppas att det kan berika och ge nya perspektiv på ämnet.

Alnarp, Mars 2025

The image shows two handwritten signatures in black ink. The first signature on the left is 'Clara' and the second signature on the right is 'Emelie Bäckström'.

Clara Ander & Emelie Bäckström

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	8
1.1	Bakgrund.....	8
1.2	Syfte & mål.....	8
1.3	Frågeställningar.....	8
1.4	Material & metod	9
1.5	Avgränsningar	9
2.	Litteraturstudie.....	10
2.1	Om buller och hur det påverkar människor	10
2.1.1	Hur vi mäter buller	11
2.2	Positiva ljud – ljud vi mår bra av.....	12
2.2.1	Naturliga miljöer är positiva för människor.....	12
2.2.2	Naturliga ljud.....	13
2.3	Hur vi kan minska de negativa ljuden i städerna	15
2.3.1	Grön infrastruktur	15
2.3.2	Maskera ljud med ljud.....	20
2.3.3	Trafiklösningar	21
2.3.4	Hårdgjorda lösningar.....	22
2.3.5	Övriga lösningar	27
3.	Diskussion	28
3.1	Diskussion av litteraturstudien.....	28
3.2	Metoddiskussion.....	34
4.	Avslutning	35
4.1	Slutsats.....	35
4.2	Förslag på vidare forskning.....	36
	Referenser.....	37

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Idag bor över 55 % av världens befolkning i städer och enligt WHO (2021) beräknas andelen stadsbor öka till 68 % år 2050. Sverige följer även denna trend då allt fler flyttar från landsbygden till städerna. På Boverkets hemsida kan vi läsa att vid år 2010 bodde 85 % av Sveriges befolkning i tätorter, jämfört med 81 % 1970 (Boverket 2019b). Städernas invånarantal ökar alltså drastiskt och som en följd av den ökande urbaniseringen utsätts allt fler människor av stadens buller i form av bland annat trafik och byggarbeten (WHO 2021; Vetenskapliga rådet för hållbar utveckling 2018). Majoriteten av världens befolkning upplever buller dagligen och i många europeiska städer drabbas över hälften av befolkningen av skadligt höga bullernivåer (EEA 2024). När en person utsätts för överdrivet höga bullernivåer kan listan på negativa hälsoeffekter bli lång. Men det finns många olika slags lösningar på problemet. Idag ligger stort fokus på att göra våra städer mer hållbara på olika sätt. Med fler bevis från forskningen blir det mer och mer känt att buller måste tas hänsyn till vid arbetet mot mer hållbara städer. Idag finns det olika lösningsförslag på de nämnda problemen. Och många städer har redan börjat jobba med olika strategier. I denna studie kommer dessa strategier och lösningar att lyftas och diskuteras.

1.2 Syfte & mål

Syftet med detta projekt är att undersöka om ljud i urbana miljöer påverkar invånarnas hälsa, i första hand kopplat till stress och i sådana fall hur. Syftet är även att vidare undersöka vilka ljud som påverkar oss, både negativt och positivt. Utöver det är syftet också att undersöka vilka olika strategier en landskapsarkitekt kan ta till för att göra ljudbilden i staden mer hållbar.

Målet är att lyfta kunskap och framhäva information om ljud i staden som framöver ska kunna användas som underlag för en mer hållbar stadsplanering ur ett folkhälso-perspektiv. Resultatet presenteras som en vetenskaplig text med underlag från litteraturen.

1.3 Frågeställningar

Påverkas människors stressnivå av olika ljud i staden? Kan vi som landskapsarkitekter minska människors stressnivå genom att arbeta med ljudbilden i staden? Och i sådana fall hur?

1.4 Material & metod

Material som har undersökts i detta projekt är litteratur hämtat dels från internet i form av vetenskapliga artiklar, olika hemsidor och nyhetsartiklar. Material har även hämtats från fysiska böcker. Källorna är till största del vetenskapliga litteraturstudier som lagt grunden för arbetet. Sökord som till exempel “stress recovery”, “nature sounds”, “traffic noise”, “soundscape”, “city noise”, “landscape architecture” och “stress” har använts för att få fram den information som behövs för projektet. Sökmotorer som använts för att söka upp vetenskapliga artiklar är bland annat Primo, Web of Science och Google Scholar. Detta arbete är skrivet av två författare med en gemensam arbetsprocess. Alla uppsatsens delar är genomarbetade av båda parter.

1.5 Avgränsningar

Fokuset i detta arbete har varit på hur buller påverkar oss människor ur ett stress- och psykologiskt perspektiv. Buller och ljud påverkar flera saker som vi valt att inte studera djupare såsom hörsel, biologisk mångfald med mera. Olika frekvensers påverkan på upplevd stress har inte undersökts i detta arbete utan fokus har främst varit på ljudstyrkan (decibel). Vi har fokuserat på hur ljud i staden påverkar stress hos människor, andra faktorer som även dessa kan påverka människors stressnivåer i staden har inte undersökts.

2. Litteraturstudie

2.1 Om buller och hur det påverkar människor

Vi har länge vetat att höga ljudnivåer kan ge oss människor men för livet när det kommer till hörseln (Hygge 2005). Under industrialismen drabbades många av industriarbetarna som jobbade dagligen i fabriker av hörselskador. Att höga ljud och buller påverkar hörseln hos oss människor finns det mycket forskning som visar på, men det påverkar inte bara hörseln. Ising och Braun (2000) beskriver hur buller kan göra oss mer stressade genom att öka människans nivåer av stresshormoner som i sin tur kan ge negativa effekter på hälsan som exempelvis försvagat immunförsvar, sömnstörningar och ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar. Även Hygge (2005) skriver att höga ljudnivåer kan leda till försämringar i koncentration, minne, inlärning och utveckling.

Ising och Braun (2000) presenterar tre olika typer av stressreaktioner som kan utlösas av buller beroende på hur det uppfattas av mottagaren och sedan hur kroppen reagerar på det. Det tredje scenariot är mest relevant för hur människor påverkas av långvarigt buller i staden. Den första och vanligaste stressreaktionen som presenteras är fight/flight-reaktionen. Denna reaktion aktiveras när kroppen upplever att den är i fara eller under hot. När ett ljud är högt och upplevs som farligt som till exempel ett fordon som närmar sig kan denna stressreaktion utlösas. Namnet kommer just ifrån att kroppen gör sig beredd på att antingen kämpa mot hotet eller fly. Det stresshormon som frigörs i kroppen när detta sker är främst adrenalin som i sin tur ökar hjärtfrekvensen, blodtrycket och andningsfrekvensen. Den andra stressreaktionen som Ising och Braun (2000) presenterar är den så kallade defeat-reaktionen. Till skillnad från fight/flight-reaktionen utlöses denna reaktion när ljudet upplevs så pass farligt att det inte går att undvika och kroppen känner sig maktlös. Det kan vara när till exempel smärtröskeln för ljudnivån överskrids eller om bullret ökar plötsligt utan att man hinner reagera. När denna reaktion sker ökar kortisolnivåerna i kroppen. Kortisolet reglerar bland annat blodsockernivån och styr även inflammation i kroppen (Ising & Braun 2000). Den tredje och sista stressreaktionen kopplas till långvarig exponering av buller, alltså det buller som de flesta människor i städer utsätts för. Det stresshormon som frisätts när vi människor utsätts för buller under längre tid är noradrenalin som har liknande effekter som adrenalin, det höjer blodtrycket och hjärtfrekvensen och gör oss människor mer beredda att hantera stressiga situationer (Ising & Braun 2000). Problemet blir att vi är stressade när vi egentligen inte behöver vara det, alltså att kroppen sänder ut felaktiga signaler. Ljudnivåerna behöver alltså inte vara väldigt höga för att de ska påverka oss på ett negativt sätt, utan lägre nivåer av buller under längre tid kan påverka oss på samma sätt som ett farligt högt ljud.

Vi människor är känsligare för buller när vi sover än när vi är vakna, detta beskriver både Ising och Braun (2000) och Münzel et al. (2018). Detta är intressant att veta då en människas boendesituation till stor del påverkar hur denna blir drabbad av buller. När vi är vakna och befinner oss inomhus kan ett ljud av en annalkande lastbil snabbt filtreras bort som någonting ofarligt. När vi sover har vi dock svårare att filtrera bort och avgöra om ljud är farliga eller inte, därför kan ljudet av samma lastbil när vi är vakna tolkas som fara när vi sover och därmed göra oss stressade och störa vår sömn (Ising & Braun 2000).

Konsekvenserna av buller kan vara allvarliga, som till exempel hjärt- och kärlsjukdomar, diabetes, sömnstörningar och försvagat immunförsvar (Ising & Braun 2000; UNEP 2022). Minst 20 % av Europas urbana befolkning är exponerade av skadligt höga bullernivåer och i många städer kan andelen vara så mycket som runt 50 % (EEA 2024). I Paris utsätts runt 80 % av befolkningen för ljudnivåer över WHO:s rekommendationer, detta gör staden till Europas mest bullriga stad (Euronews 2024). Minst 18 miljoner människor störs av trafikbuller och ungefär 5 miljoner har problem med sömnen på grund av långvarig exponering av buller med ursprung från främst trafiken menar EEA (2024). Dessa störningar kan påverka människors hälsa på ett allvarligt sätt. EU har gjort undersökningar som har visat att buller orsakar ungefär 12 000 för tidiga dödsfall varje år (UNEP 2022). Buller är alltså ett kritiskt problem som påverkar större delar av världens befolkning dagligen (EEA 2024).

2.1.1 Hur vi mäter buller

Hur vi mäter buller är väldigt subjektivt då människor är olika känsliga för olika slags ljud (Murphy & King 2022). Ljud uppfattas också olika beroende vad vi sysselsätter oss med just i den stunden vi hör ljudet (Hygge 2005). Buller brukar definieras som oönskat ljud, men Hygge (2005) menar att det är mer komplext än så. Han menar att det finns vissa ljud som kan vara önskade men försämra vår förmåga att utföra den uppgift vi ska göra och att sådana ljud också borde räknas som buller. Vi kan studera ljud på olika sätt. När vi undersöker buller brukar ljudstyrkan vara det som är intressant och den mäts i decibel (dB). Frekvens är ett annat sätt att mäta ljud med, det presenteras i hertz (Hz) (Boverket 2024). Frekvensen berättar för oss hur många tryckvariationer per sekund ljudet ger ut. Ju högre frekvens desto fler tryckvågor, detta uppfattas av det mänskliga örat som ett ljus ljud, som till exempel ett pip. Ett ljud med lägre frekvens låter mörkare, som en bas eller buller från bilar. Ett mänskligt öra kan höra inom ett spann av frekvenser på 20 Hz till 20 000 Hz. Örat är olika känsligt för olika frekvenser och det vägs in när vi mäter ljud i dBA där A:et står för A-vägning (Boverket 2024). Vi brukar alltså mäta ljud i dBA just för att ta hänsyn till hur människoörat uppfattar ljudet. Ett normalt samtal ligger på ungefär 60 dBA, en storstadsgata på 75 dBA, en fest på cirka 105 dBA och en människas smärtgräns på ungefär 125 dBA (Trafikverket 2023). En ökning på 10 dBA upplevs av oss människor som en dubbel

så hög ljudnivå (NSW Government 2023). När buller mäts i staden brukar det oftast benämnas L_{eq} som innebär den ekvivalenta ljudnivån, alltså medelljudnivån under en viss tid. Enligt Boverket (2023) får buller från den urbana trafiken inte gå över 60 dBA L_{eq} vid byggnadsfasaderna för bostäderna. Alltså får inte medelljudnivån på utsidan av byggnaderna överskrida 60 dBA. Hygge (2005) lyfter även att det finns en maximal tillåten gräns för ljudnivån på en arbetsplats. Om det är en arbetsplats där personalen under en längre tid vistas hela arbetsdagar är gränsen 85 dBA L_{eq} .

Den största delen av bullret i städerna kommer från trafik, industrier och underhållsarbeten, detta kallas för omgivningsbuller (Boverket 2021b; Vetenskapliga rådet för hållbar utveckling 2018). Ljudet som sprider sig från en källa påverkas av omgivningen på olika sätt (Forskning.se 2003). Ljudet kan både reflekteras och absorberas beroende på vilket material ljudvågorna möter. De hårdgjorda miljöerna och materialen i staden bidrar till att förstärka omgivningsbullret då dessa som till exempel betong och asfalt reflekterar ljudet, vilket gör att det studsar (Boverket 2021b). Det totala ljudfält som bildas i ett område med dess påverkan av omgivningen, kallas för ett ljudlandskap eller soundscape på engelska. I detta arbete använder vi oss även av ordet ljudbild. Ljudlandskapet är både något vi kan mäta men trots det är det någonting som är subjektivt eftersom vi som tidigare nämnt upplever ljud på olika sätt.

Med all kunskap och information som ovan presenterats kan situationen i de hårdgjorda städerna verka svårhanterlig. Men i staden finns det andra material och miljöer som kan dämpa bullret på olika sätt. Det finns även många olika metoder en landskapsarkitekt kan ta till för att minska bullret i städerna. Med fler sådana kan bullernivån i städerna dämpas och på så sätt kan städerna få en mer positiv ljudbild. Några av dessa metoder och kunskaper kommer nedan presenteras och beskrivas närmare.

2.2 Positiva ljud – ljud vi mår bra av

2.2.1 Naturliga miljöer är positiva för människor

I tidningen Molecular Psychiatry presenterades en studie där skillnaden på stressnivåer i hjärnan jämfördes när försökspersoner vistades i stadsmiljö gentemot skogsmiljö (Sudimac, Sale & Kühn 2022). Deltagande personer i studien undersöktes före och efter en timmes promenad i antingen skogs- eller stadsmiljö. Aktiviteten i amygdala hos deltagarna mättes. Amygdalan är en del i hjärnan som bland annat reagerar och blir aktiv när vi känner oss stressade. I en stressad situation aktiverar den kroppens sympatiska nervsystem och fight/flight-reaktionen (Hjärnfonden 2024). Efter mätningar av hjärnaktiviteten i amygdala upptäcktes stora skillnader hos de olika grupperna i undersökningen. Sudimac, Sale och Kühn (2022) presenterar i artikeln att de som gått i staden hade en lika hög eller högre hjärnaktivitet efter promenaden medan de som gått i skogen hade en minskad aktivitet och även kände sig lugnare. Det var så pass

stora skillnader att slutsatser om att skogen är betydligt lugnare för oss människor än staden kunde dras. Att närhet till natur är viktigt för oss människor menar även Kühn et al. (2017) som presenterar att de människor som bor nära naturen är mindre stressade jämfört med de som bor i staden. Detta håller Benfield, Taff, Newman och Smyth (2014) med om då det har visat sig att se på naturliga element bidrar till sinnesro och stressreducering.

Studier som dessa stärker bilden av att naturliga miljöer är de mest lugnande för oss människor. Ju fler studier som görs, desto starkare blir också bilden av att de positiva effekterna av naturliga inslag är så stora att de inte bör prioriteras bort eller ignoreras i stadsplaneringen. Att vistas i naturliga miljöer och med synen betrakta de naturliga elementen har alltså visat sig bidra till en högre känsla av sinnesro och stressreducering (Benfield et al. 2014). Det är idag däremot inte lika omtalat vad just ljudintryck har för påverkan på stressåterhämtning hos människor.

2.2.2 Naturliga ljud

Naturen bjuder oss på många olika slags ljud. Det kan vara allt från fågelkvitter, porlande vatten, vindpustar till rasslande löv. Flera studier har undersökt hur dessa naturliga ljud påverkar människors hälsa. Några av studierna är mer övergripande, medan andra väljer att undersöka effekterna av några få utvalda ljud.

Benfield et al. (2014) undersökte ämnet där resultaten tyder på att naturliga ljud är bra för stressåterhämtning efter jobbiga upplevelser. I den gjorda studien fick deltagarna fylla i formulär för att uppskatta sitt humör innan och efter de blev exponerade för ett stressande filmklipp. Därefter lyssnade de på olika sorters ljudstimuli i en laboratoriemiljö med brusreducerande hörlurar i tre minuters tid för att återhämta sig. Författarna beskrev att det i hörlurarna spelades upp tre olika ljudscenarion. I det första scenariot lyssnade deltagarna på naturliga ljud i form av vindsus, rasslande löv och fågelkvitter. I det andra fick de lyssna på dessa ljud i kombination med motorljud och människoröster. Det tredje alternativet var att hörlurarna inte spelade upp något ljud alls. Under de tre minuterna fick de samtidigt som de lyssnade på ljuden också titta på en dator med endast ett kryss på skärmen. Detta för att utesluta andra synintryck från att påverka resultaten. Efter återhämtningen fyllde deltagarna i samma enkät en sista gång. Resultaten visade att när personerna i undersökningen endast exponerades för naturliga ljud återhämtade de sig bättre gentemot de två andra ljudscenarierna. Då studien gjordes i laboratoriemiljö kunde det alltså konstateras att ljud har en egen effekt på stressåterhämtning oberoende av synintryck från naturliga miljöer (Benfield et al. 2014).

Hur naturliga ljud påverkar stress har också undersökts med hjälp av mätningar av hjärtfrekvens och hudkonduktans, detta presenterar Alvarsson, Wiens och Nilsson

(2010) i en vetenskaplig artikel. Hudkonduktans mäts med elektroder på huden, vanligtvis på fingrarna (Jor u.å.). Mätningarna kan tala om hur aktiverad man är kopplat till det sympatiska nervsystemet och fight/flight-reaktionen (SLU 2023). I Alvarsson, Wiens och Nilssons (2010) studien fick deltagarna lösa matteuppgifter på kort tid för att deras stressnivåer skulle öka. För att återhämta sig från den uppbyggda stressen lyssnade personerna på olika sorters ljud. Det första ljudet var naturliga ljud som i denna studie innebar en blandning av ljud från en fontän och fågelkvitter, detta ljud var på 50 dBA L_{eq} . Det andra och tredje ljudet var buller från en högt trafikerad gata i olika decibel, den ena på 80 dBA L_{eq} och den andra på 50 dBA L_{eq} . Det fjärde och sista ljudet var ett omgivningsbuller inspelat från en baksida av ett bostadshus i staden med lägre ljud från bland annat ventilationssystem i närheten. Detta ljud var mycket lägre än de andra och låg på 40 dBA L_{eq} . Undersökningen gjordes i ett ljudisolerat rum och stressen hos deltagarna mättes bland annat med hjälp av elektroder som mätte hjärtfrekvens och även hudkonduktans (Alvarsson et al. 2010). Deltagarnas upplevelse av de olika ljuden var som väntat, det så kallade naturliga ljudet upplevdes som mest behagligt. Resultaten av de fysiska mätningarna visade att deltagarna som utsatts för det naturliga ljudet återhämtade sig från den stress de hade utsatts för 37 % snabbare än de som hade utsatts för det höga bullret. Hudkonduktansnivåerna visade att det sympatiska nervsystemet återhämtade sig snabbast vid naturljuden. Däremot visade mätningarna av hjärtfrekvens vid testerna inga större skillnader vilket säger emot andra studier som gjorts tidigare enligt artikeln. Dessa studier har visat på att buller påverkar hjärtfrekvensen på ett negativt sätt. Författarna förklarar att de mätningar som utfördes på deltagarna mätte högre frekvenser vilka är relaterade till det parasympatiska nervsystemet och inte det sympatiska. De påstod att hjärtfrekvensen påverkas av både det sympatiska och det parasympatiska systemet. Enligt deras undersökning drar de därmed slutsatsen att under stressade situationer och återhämtningen från dessa påverkas det sympatiska systemet mer vilket inte mättes i denna studie (Alvarsson et al. 2010). Författarna avslutar diskussionen med att påstå att dessa tester gjordes i en laboratoriemiljö med begränsad tid och bestämd ljudnivå. De menar att stressåterhämtningen skulle kunna vara mer effektiv i situationer med längre exponeringstid och annan ljudnivå, i detta fall diskuterar de om det hade varit bättre att de naturliga ljuden hade varit under 50 dBA. Det är enkelt att uppleva lägre ljudnivåer från naturen i rekreationsområden och landsbygdsområden utanför städerna. Men i städerna blir det en större utmaning, även i stadsparker eller andra grönytor i de urbana miljöerna. Detta eftersom naturens ljud blandas med trafik- och underhållsbuller och med det blir det svårare att få lika goda resultat (Alvarsson et al. 2010).

Zhang, Yan och Wang (2023) undersökte just det som de andra studierna inte testade – att undersöka ljudens påverkan i stadsmiljö. Ljudundersökningen gjordes i en park i staden Harbin i Kina som låg nära bostadsområden men även andra faciliteter som hotell, kontor samt shoppingcenter. Just denna plats valdes då den ansågs representativ

för att spegla vardagliga miljöer stadsbor dagligen upplever. I parken fanns många träd och även större vattenelement som till exempel dammar. För att ta reda på hur stressade deltagarna var innan experimentet användes en skala där deltagarna fick fylla i sin upplevda stress. Personer med liknande upplevd stress valdes till att delta i studien eftersom det var viktigt att deltagarna hade samma utgångsläge vid testets början. Testpersonerna som utförde övningarna fick vandra i parken med en ledare vid sin sida. Ledaren assisterade testpersonerna med de mätinstrument som behövdes och höll koll på att EKG-mätningar togs. Under vandringen bar deltagarna ögonbindel för att visuella stimuli skulle kunna uteslutas från att påverka resultaten. De lyssnade på ljudmiljöer i fem minuter medan EKG-mätningarna gjordes med bärbara mätinstrument. Efter fem minuter fick de sedan fylla i en skala för att värdera sitt sinnestillstånd. EKG-mätningarna visade hjärtfrekvens och hjärtrytm som dessa tillsammans kunde visa hur stressade testpersonerna var vid de olika ljudupplevelserna. Mätningarna visade att naturliga ljud som fågelkvitter samt ljud från löv, vatten och vind gav en mindre stressande upplevelse än trafikljud och ljud från biltutor. Vid exponering för de naturliga ljuden var hjärtslagen per minut lägre, alltså kroppen mer avslappnad. Tvärtom visade mätningarna när personerna utsattes för trafikljud och biltutor. Vid exponering av dessa ljudmiljöer var hjärtslagen per minut högre. Slutsatsen att trafikljuden begränsade stressåterhämtningen kunde dras och att de naturliga ljuden hade en positiv påverkan på återhämtningen från stressen deltagarna upplevde (Zhang, Yan & Wang 2023).

2.3 Hur vi kan minska de negativa ljuden i städerna

Det finns många städer som idag aktivt arbetar med att minska buller i de urbana miljöerna då det anses som ett folkhälsoproblem. Lösningarna är många för att bidra till en bättre ljudbild i staden. Nedan presenteras ett antal strategier för att minska stadsbullret och även exempel på städer som redan provat dessa på olika sätt.

2.3.1 Grön infrastruktur

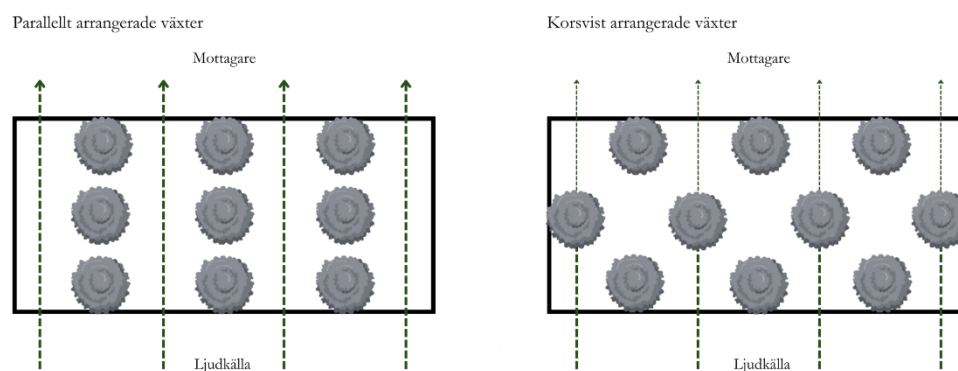
Grön infrastruktur i städerna är de gröna elementen såsom träd, buskar, planteringar med mera som tillsammans bildar grönområden som parker och gröna stråk. Grön infrastruktur har många olika värden, det bidrar bland annat till biologisk mångfald, ekosystemtjänster och dagvattenhantering (Skogsstyrelsen 2024). Men förutom dessa egenskaper nämns det att även grön infrastruktur har en viktig roll när det kommer till att sänka bullernivåer och därmed bidra till en bättre ljudbild i staden.

En studie som berört ämnet om grön infrastruktur kopplat till ljudmiljöer i staden har gjorts i Ukraina (Maksymenko, Sonko, Skryhan, Burchenko & Gladkiy 2021). Mätningar av bullernivåerna i staden som undersöktes visade att bullernivåerna i dess gröna områden var lägre än i de områden som inte hade lika mycket grön infrastruktur. Orsaken till den ojämna bullerfördelningen var att den gröna infrastrukturen i staden var mycket uppdelad och därmed blev också bullerreduceringen knuten till just de gröna

områdena (Maksymenko et al. 2021). Det presenteras olika förslag på hur man kan närma sig en lösning på problemet. Författarna diskuterar hur olika sorters gröna strukturer i staden kan minska ljudförroreningar. Tåta buskage och trädrader med små planteringsavstånd mellan träderna visar sig vara effektiva. Även gröna stråk som fungerar som ljudskydd vid områden med mycket bullerkällor har stor effekt. Några förslag på vilka typer och former av grönstruktur som kan implementeras i staden är bland annat gröna stråk, gröna fasader och gröna tak (Maksymenko et al. 2021).

Gröna växter

Gröna stråk i staden är utformade på olika sätt, några vanliga element är häckar i olika former. För att testa olika sorters häckars förmåga att absorbera buller gjordes en undersökning i Kina (Fan, Zhiyi, Zhujun & Jiani 2010). Vid undersökningen provades sex olika sorters häckar. För att simulera en bullerkälla vid detta experiment spelades signaler av ett konstant brus upp i en högtalare. Vid experimentet testades både växter med breda och tunna blad och även barrväxter (Fan et al. 2010). De olika växterna sattes ihop i olika konstellationer både parallellt och korsvis. För att mäta bullerupptaget grönskan kunde bidra med placerades en ljudreceptor både precis bakom och framför den gröna häcken. Växterna placerades om vid varje test och avstånden mellan dem varierade också vid de olika tillfällena. Testet gjordes även utan växter för att ha en referens på hur det skulle bli utan en bullerdämpande barriär (Fan et al. 2010). Mycket information kunde tas fram från experimenten. Det var inte enbart växternas anordning som påverkade bullerreduceringen utan även dess karaktär. Vid testerna visade det sig att växter ihopsatta korsvis är mer effektiva jämfört med växter som är uppradade parallellt med varandra vid ljuddämpning av medelhöga till höga frekvenser. Detta kan förklaras då ljudet som färdas genom det korsvis ihopsatta arrangemanget får en större energiförlust som gör att ljudet dämpas mer (se figur 1) (Fan et al. 2010).



Figur 1. Hur arrangemang av häckar påverkar ljudet som når mottagaren. Information hämtad från Fan et al. (2010).

Utöver växternas arrangemang spelade även andra faktorer in på bullerreduceringen, såsom växternas bladform. Det visade sig att växter med blad som är elliptiska eller äggformade var bättre på att dämpa buller jämfört med växter som har långsmala blad (Fan et al. 2010). Resultaten visade att ju bredare och tätare häcken var desto bättre blev bullerreduceringen. Det visade sig även att olika växter med olika karaktär är olika bra på att dämpa buller och att varje art har olika förmåga att dämpa olika frekvenser av ljud. De växterna som testades i experimentet visade sig ha betydande dämpande effekter när det kom till ljud som har medelhög till hög frekvens. Men när det handlar om lågfrekventa ljud var det endast en växtart som utmärkte sig och det var himalayacedern (*Cedrus deodara*). Denna art var alltså effektiv att använda sig av vid dämpning av just trafikbuller eftersom det oftast har lägre frekvens. Olika arter visar sig alltså ha egna frekvensspektrum som de kan dämpa. Utifrån resultaten kan det konstateras att för att uppnå maximal bullerdämpning är det en god idé att plantera olika växter med olika karaktär tillsammans då de dämpar ett bredare spektrum av frekvenser.

Gröna väggar

På Boverkets (2019a) hemsida kan vi läsa att det finns olika sorters gröna väggar. En typ kallas för grön fasad och är den sorten där det planteras klättrande växter intill fasaden. Dessa klättrar sedan upp och gör fasaden grön, i vissa fall klättrar växterna med stödgaljer eller liknande ställningar och i andra fall fäster de sig direkt mot fasaden (Boverket 2019a). Levande väggar som är en annan typ av grön vägg är ett begrepp som presenteras i texten och med det menas system där växter inte har någon förankring i marken. Dessa system är ofta uppbyggda med någon sorts behållare där växternas rötter kan växa ovan mark. Levande väggar kan installeras med växter som redan växt till sig och då blir väggen grön direkt när man har monterat den (Boverket 2019a). Vid plantering av en grön fasad är det svårare att få den effekt som önskas direkt då växterna behöver tid för att växa och klättra upp på fasaden. Eftersom de levande väggarna är totalt separerade från marken måste ett bevattningssystem inkluderas och när dessutom fasader ofta är utsatta för vind och sol ökar växternas behov av vatten.

Shushunova, Korol, Luzay, Shafieva och Bevilacqua (2022) diskuterar att gröna väggar är effektiva för att minska stadens buller i många aspekter. Att införa gröna väggar i tätastäder där det inte finns så mycket plats är en god idé, menar författarna. I studien undersöktes tre olika varianter av en grön vägg i laboratoriemiljö i aspekten att absorbera ljud. Den levande väggen placerades precis ovanför golvet i rummet och hade en storlek på $3 \times 3,6$ meter. Det första testet gjordes på ett system med planterade växter och någorlunda fuktigt substrat, det andra var torrt utan växter och det tredje systemet var blött och även det utan växter. För att testa systemens förmåga att absorbera ljud spelades konstanta ljud upp från en högtalare i rummet med en teknik så att ljuden träffade systemet från alla riktningar (Shushunova et al. 2022). Mätningarna togs både när systemen var installerade i rummet och utan så att jämförelser kunde göras. Det

system som bäst absorberade ljud enligt testet var det som var torrt och inte hade några planterade växter. Detta var på grund av att systemet hade en lägre densitet och en uppluckrad yta eftersom det var torrt, vilket i sin tur absorberar ljud bättre (Shushunova et al. 2022). Det som absorberade minst ljud var det blöta systemet utan några växter, och det var substratets höga densitet som påverkade detta. Resultatet i denna studie visade också att den varianten av grön vägg som hade medelfuktig jord och planterade växter hade en absorberande effekt som låg mellan de två andra alternativen. Artikeln konstaterade alltså att gröna väggar med alla dess komponenter har en bullerreducerande effekt. Testerna som utfördes visade att främst substratet och dess fuktighet påverkade ljudabsorptionen. Men med hjälp av tidigare forskning konstaterades det i artikeln att även växterna i sig också kan reducera ljud och att absorptionen blir mer effektiv ju tätare växterna är (Shushunova et al. 2022).

Några utmaningar och viktiga aspekter att däremot beakta vid installation och användning av gröna väggar är att det också finns medföljande risker. En grön vägg kan öka risken för fuktskador och därför finns det riktlinjer som väggen måste uppfylla för att inte skada fasaden bakom (Boverket 2019a). En annan viktig aspekt är brandsäkerheten. En grön vägg får inte bidra till att en uppstående brand sprider sig lättare längs fasadytan. Det är också ett krav att gröna väggar och fasader ska tåla hårda vindar då de inte får ha komponenter som kan falla ner och riskera att skada människor (Boverket 2019a). Detta sätter krav på att väggarna måste vara väl skötta och hållbara för att de ska kunna användas. För att de gröna väggarna ska fungera som tänkt måste även ytterligare krav uppfyllas. Dessa krav rör byggnaden och fasadens hållbarhet och skick. Fasaden som väggen monteras på måste klara av den extra belastning som tillkommer av en grön vägg (Boverket 2019a). Vid gröna fasader är det också viktigt att väggen tål växternas fästande rankor så att fasaden inte blir förstörd av växterna. Om väggen består av skört material riskerar delar av väggen att rasa ner på grund av de klängande växternas belastning som kan öka när hårda vindar sliter och drar i växterna (Boverket 2019a). Det nämns också att förutsättningar som bland annat rätt vattentillgång måste uppfyllas med hjälp av bevattning. Även krav på estetiska värden väntas och därmed är betydelsen av rätt sorters växter stor. För en attraktiv vägg krävs tåliga och estetiskt talande växter, som helst är attraktiva året runt (Boverket 2019a). Några fördelar som däremot nämns med både levande väggar och gröna fasader är att de bland annat lockar insekter och fåglar samt skyddar fasaden mot UV-strålning och hårt regn. Vissa system kan även bidra till dagvattenupptag då nederbörd kan användas som bevattning (Boverket 2019a).

Gröna väggar har alltså en förmåga att absorbera ljud men för att de ska fungera som en hållbar lösning på bullerproblematiken måste de uppfylla ett stort antal krav som tagits fram. För att anamma denna kunskap är det först viktigt att landskapsarkitekter är informerade om vilka krav som finns så att system som uppfyller kraven väljs.

Därefter behövs rätt sorts system väljas till rätt sorts uppdrag så att den gröna väggen eller fasaden uppfyller de önskade kraven. Som landskapsarkitekt är det främst viktigt att välja rätt sorters växter för det substrat den gröna väggen har och ha i åtanke vilket klimat och vilka väderförhållanden den gröna väggen sedan kommer att utsättas för. Detta så att växterna kan behålla ett gott skick i längden och uppfylla de estetiska och funktionella krav de är tänkta att göra.

Gröna tak

Gröna tak blir allt vanligare i takt med att städerna blir tätare och det har på senare tid blivit en av metoderna för att införa fler grönytor i de trånga städerna. Ofta nämns ekosystemtjänster som en fördel med gröna tak såsom kylningseffekter på omgivningen, fler livsmiljöer till insekter och en effektivare dagvattenhantering (Boverket 2021a). Men gröna tak spelar även en viktig roll när det handlar om stadens ljudbild (Boverket 2019d). Precis som gröna väggar består också gröna tak av olika komponenter. Ett grönt taks växtbäddsdjup är en påverkande faktor på takets bullerdämpande effekt (Boverket 2019d). Ytterligare faktorer som storlek och form kan påverka takets olika egenskaper (Yang, Kang & Choi 2012).

Vid sökningar av studier på gröna taks bullerreducerande effekter finns det inte lika mycket resultat som vid sökning av exempelvis gröna parkers positiva effekter. Men en studie som undersökte ämnet var gjord av Yang, Kang och Choi (2012). I studien undersökte författarna vilka effekter gröna tak har på ljudmiljön i staden. Precis som i studien gjord av Shushunova et al. (2022) som diskuterade gröna väggar har de som utförde denna studie återskapat konstruktioner för gröna tak. De olika komponenterna varierades för att testa vilka delar av taken som påverkar ljudabsorptionen (Yang, Kang & Choi 2012). Dessa konstruktioner bestod av plastbrickor med olika lager av substrat och växtlighet. Olika substratdjup testades samt olika material som skulle efterlikna växtlighet. Kvistar av buxbom (*Buxus sempervirens*) representerade växtlighet i vissa av plastbrickorna medan polyestervadd representerade växtlighet i de andra. De brickorna med polyestervadd skulle simulera tak med extremt ljudisolerande växtbestånd. Djupen på bladen och vadden var alla 120 mm tjocka för att det är en vanlig lagertjocklek på vegetation för gröna tak. Yang, Kang och Choi (2012) berättar att undersökningen gjordes i ett ljudisolerat rum och plastbrickorna med de olika växtmaterialen och substratdjupen testades för olika ljudfrekvenser. Detta med hjälp av olika mikrofoner som mätte ljudstyrkan. Resultaten av testerna visade att ju fler brickor som var utplacerade vid testerna desto bättre blev ljuddämpningen, detta innebär att arean spelar en stor roll. Det visade sig också att plastbrickorna med de olika substraten kunde dämpa ljudet med 9,5 dB jämfört med tomma plastbrickor. Detta betyder att substratet på gröna väggar har i sig en ljuddämpande effekt. Vid testerna påverkade det gröna takets ytstorlek ljuddämpningen mer än de olika substratens djup och typ. Vid test av plastbrickorna med buxbom (*Buxus sempervirens*) visade det sig att växtlighet har en positiv

effekt på ljuddämpning för vissa frekvenser. Resultaten visade att gröna taks substrat och djup har en påverkan på bullerdämpningen men störst påverkan har takets area (Yang, Kang & Choi 2012).

När det kommer till att anlägga gröna tak finns det ett antal faktorer att beakta precis som vid gröna väggar. Med gröna tak blir det först och främst en ökad belastning på underliggande material och konstruktion vilket sätter högre krav på byggnaderna under (Boverket 2021a). För att taken inte ska öka risken för brand-eller fuktskador måste de uppfylla många krav som tagits fram inom dessa kategorier. Dessutom är vissa gröna tak belägna på utsatta platser som gör det svårt för vissa växter att växa där. Det krävs också resurser för att sköta om dessa ytor, detta kostar pengar. Vissa tak kräver mindre uppsyn medan andra tak är dyrare och mer krävande (Boverket 2021a). Gröna tak som är belägna i torra miljöer kan till exempel kräva bevattningssystem och vid omplantering är det viktigt att takets komponenter inte går sönder eller skadas. Då många gröna tak är mycket vindutsatta samtidigt som deras planteringarna är porösa och därmed mindre stabila är det viktigt att de ständigt kontrolleras. Fokus ska riktas till att de större växterna är förankrade i det underliggande materialet och inte välter eller blåser omkull i vinden (Boverket 2021a). Andra gröna tak kräver knappt någon skötsel alls, exempel på sådana är biotaktak och sedumtak. För dessa typer av tak krävs endast skötsel någon gång om året men däremot behöver systemets skick och komponenter kontrolleras med jämna mellanrum. Den sistnämnda risken med gröna tak är att de kan locka till sig oönskade fåglar vilka kan tillföra störande ljud och nedsmutsning.

Det finns alltså många aspekter som ska uppfyllas för att gröna tak ska förverkliga de krav och önskemål som finns. Därför är det likaså vid gröna tak viktigt att landskapsarkitekter väljer rätt sorts system till rätt plats. Landskapsarkitekter bör även vid gröna tak resonera kring växtval, väderförhållanden och substrattyp för att optimera takens positiva effekter. Om taken uppfyller alla dessa krav och fungerar som de ska kan de erbjuda ett flertal positiva effekter på sin omgivning. Taken kan då minska buller i staden samtidigt som de ökar biodiversiteten och erbjuder livsmiljöer för fler insekts- och fågelarter. Gröna tak kan även bidra till att ta upp nederbörd och kyla sin omgivning under varma sommardagar (Boverket 2021a; Boverket 2019d).

2.3.2 Maskera ljud med ljud

En studie gjord av Deng, Rising, Gu, och Bimal (2023) undersöker huruvida annat ljud kan maskera buller från trafiken. De studerade trafikljud i förhållande till vattenljud och om vattenljud kunde eliminera upplevt trafikljud. Resultatet visade att vattenljud kan ha en positiv påverkan på upplevt buller genom att med sitt ljud maskera trafikbullret. Resultatet visade vidare att vattenljudets olika karaktär har en stor påverkan på människors stressnivåer i koppling till trafikbuller. Mätningarna visade att trafikljud blandat med högt och lågt vattenljud hade lätt stressreducerande effekt. Och att det

som var mest stressreducerande var när trafikljud blandades med lågt vattenljud (Deng et al. 2023).

Friman (2018) skriver om att vattenljudet som ska maskera bullret bör vara minst 10 dBA starkare än själva bullret för att ha en maskerande effekt. I vissa fall är det dock orimligt att ha vattenljud som är så höga då de inte bara kan bli störande utan även då kan överrösta andra önskade naturliga ljud. Friman (2018) menar att vattnet tvärtom ska ha en lägre ljudstyrka med cirka 3 dBA än trafiken för att skapa en behaglig ljudmiljö.

Hellström och Cerwén (2016) berättar om forskning som gjorts på vattenljud och dess förmåga att maskera buller. Vattenljud kan i vissa fall maskera trafikbuller, precis som Friman (2018) och Deng et al. (2023) menar. Men att använda sig av denna metod för att minska det upplevda bullret är inte alltid effektivt och möjligt eftersom trafikljudet i vissa fall kan vara för högt för att kunna maskeras. När det handlar om ljudnivåer som överskrider 65–70 dBA är bullret för högt för att kunna maskeras eftersom ljudvolymen i sig själv är för störande (Hellström & Cerwén 2016). Vid situationer som dessa är det därför nödvändigt att ta till andra sorters lösningar för att förbättra ljudbilden.

Att maskera trafikbuller med hjälp av vattenljud är en komplex lösning som vissa fall kan fungera. Men i situationer där volymen av de oönskade ljuden är för hög kan det därför vara nödvändigt att kombinera vattenljud med andra sorters lösningar för att skapa den bästa ljudmiljön för stadens invånare. Därav är det mycket viktigt att landskapsarkitekter har en lösningsorienterad inställning och ser varje situation som unik och därefter anpassar lösningsförslagen till de olika situationerna. Det är viktigt att tänka på att det i vissa situationer passar bättre med flera olika åtgärder såsom vegetation och fontäner ihop medan det i andra situationer kanske är mer passande med en grön vägg eller ett grönt tak.

2.3.3 Trafiklösningar

Mycket av bullret i städerna kommer från trafiken och vad det är hos trafiken som orsakar bullret beror på olika faktorer. Enligt Trafikverket (2020) är det antalet fordon, typ av fordon, hastighet, däck, vägbeläggning och körsätt som påverkar bullret mest. Tyngre fordon bullrar mer än lätta och el- och hybridbilar är tystare än bensin- eller dieslbilar. Vad som påverkar bullret är olika beroende på vilken hastighet fordonen kör i. När det är lägre hastighet är det motorn och avgassystemet som står för mest buller men när hastigheten sedan blir högre tar bullret från däck och vägbana över. Men ju lägre hastighet desto mindre buller. Trafikverket (2020) menar att en hastighetssänkning med 10 km/h kan sänka bullernivåerna med cirka 2 dBA. Valet av däck och vägbeläggning påverkar bullernivåerna på olika sätt. När många använder

dubbdäck krävs beläggningar med större stenstorlek för att tåla slitaget, vilket ger mer buller än beläggningar med mindre sten. Om färre fordon skulle ha dubbdäck skulle beläggningar med mindre stenstorlek kunna väljas, vilket i sin tur minskar bullret. Eftersom det i Skandinavien ofta är vinterväglag och många använder sig av dubbdäck krävs asfalt med större stenstorlek vilket gör att vi har bullrigare vägar än resten av Europa. Det är inte bara vägbanan som orsakar buller utan även dubbdäcken i sig själva utgör mer buller än dubbfria vinterdäck (Trafikverket 2020). Sammanfattningsvis finns det mycket när det kommer till bilvägar som påverkar bullernivåerna. Det som bidrar till mindre buller i trafiken är lättare fordon, el- och hybridbilar, sänkt hastighet, icke-dubbdäck, samt valet av väglag.

En stad som undersökte hur effektivt det var att sänka hastigheten på gator i staden var Zürich i Schweiz (Brink, Mathieu & Rüttener 2022). På de gator där ljudnivån ansågs vara för hög sänktes hastigheten från 50 km/h till 30 km/h. Det visade sig ha en god effekt på ljudnivån som sänktes med 1,6 dBA L_{eq} under dagen och 1,7 dBA L_{eq} under natten (Brink, Mathieu & Rüttener 2022). Att ersätta biltrafiken med cykeltrafik i stadskärnan har även visat på goda resultat. Paris är som tidigare nämnt en av Europas mest bullriga städer (Euronews 2024), staden har därmed arbetat aktivt för att minska bullret. I Paris centrum har bland annat bilvägar ersatts med cykelbanor och mellan 2015 och 2020 har dessa åtgärder bidragit till att ljudnivåerna sänkts med 20 % (Euronews 2024). Berlin är en annan stad som också har stängt av bilvägar och ersatt dem med cykelbanor (Tagesspiegel 2021).

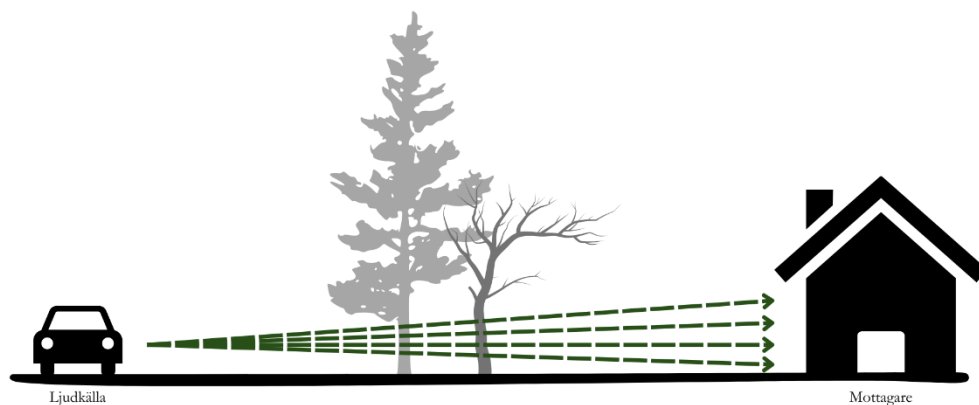
Det finns alltså många olika lösningar en stad kan ta till när det kommer till att minska bullret från trafiken vid och i staden. En landskapsarkitekt kan dels arbeta med den gröna infrastrukturen, dels med naturliga ljud och även se över trafiken i den mån det är möjligt. Förutom dessa olika typer av lösningar finns det även andra strategier att ta till som till exempel bullerplank eller att använda andra material, vi kallar dem i denna studie för hårdgjorda lösningar.

2.3.4 Hårdgjorda lösningar

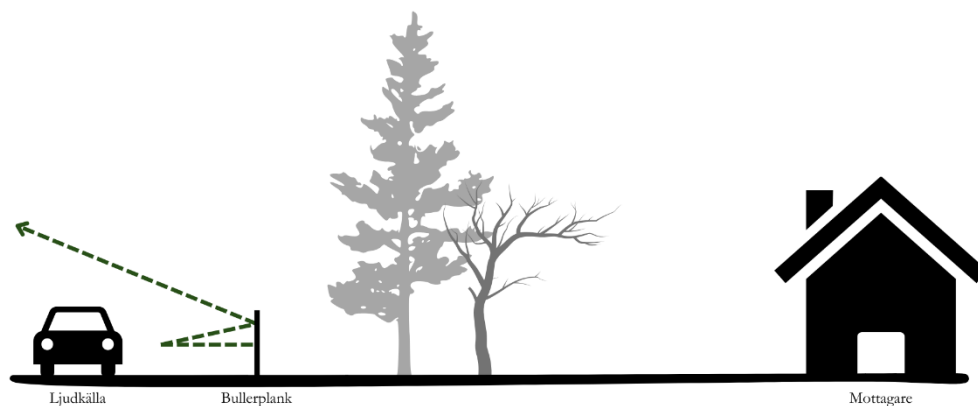
Som tidigare nämnt ger trafiken i staden ifrån sig mycket buller. Trafikverket (2020) nämnde att en påverkan på buller från trafiken är vägbeläggningen. Under tidigare rubrik nämns även att ju större stenstorlek asfalten har desto mer bullrar det. Det finns nu många som undersöker huruvida effektiv bullerdämpande asfalt är och om det är värt att satsa på. Helsingborgs stad är ett exempel som nyligen testat detta (Helsingborg 2024). Genom att halvera stenstorleken från max 16 mm till max 8 mm hoppas staden på att minska ljudnivån med 2–2,5 dBA. I Olssons (2024) artikel presenteras en video där en bil först åker på asfalt med större stenstorlek och sedan på en med mindre, tittaren kan höra skillnad, det bli tystare när bilen åker på den bullerdämpande asfalten (Olsson 2024). Ljuddämpande asfalt har även anlagts på vissa gator i Paris vilket har

gett en tillfredsställande effekt (Euronews 2024). Även Stockholm använder sig av bullerdämpande vägmateriäl när nya vägar anläggs (Stockholms stad 2024). Som tidigare nämnt är asfalt med mindre stenstorlek mindre hållbart (Trafikverket 2020), detta menar även Vägverket (2009). Bullerdämpande asfalt visar sig ha en god effekt de första åren men livslängden är kortare än den asfalt som vanligen används (Vägverket 2009). Arenas (2008) menar att bullerdämpande asfalt kan vara ett effektivt sätt att dämpa bullret från fordon men att det är dyrt att både anlägga och underhålla.

Ett annat sätt att dämpa buller från trafiken som är en av de främsta källorna för buller i städerna är med hjälp av bullerplank (NSW Government 2023). De första bullerplancken byggdes i Kalifornien år 1968 och bullerplank visar sig vara effektiva för att dämpa bullernivåerna. Det finns olika aspekter att ta hänsyn till när det kommer till bullerplank och dessa presenteras av NSW Government (2023). Den första mest generella regeln när det kommer till att dämpa ljud är att göra det så nära källan som möjligt, alltså att placera bullerplanket närmast vägen, och inte närmast mottagaren (se figur 3).

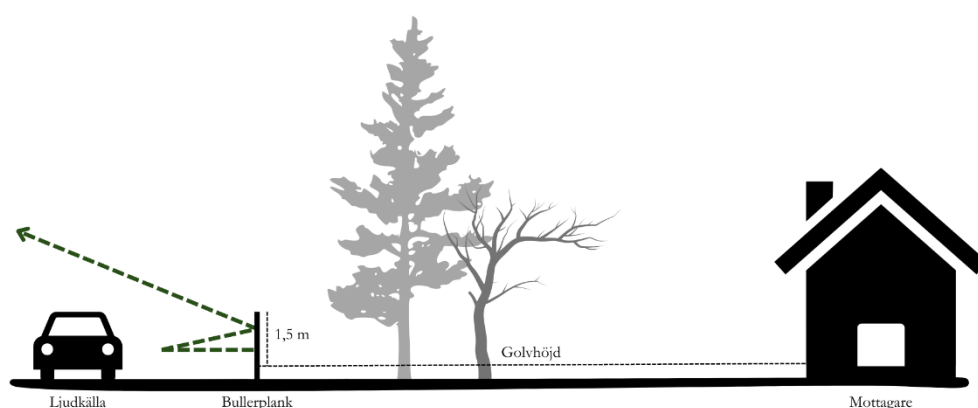


Figur 2. Förklaring på begreppen ljudkälla och mottagare. Information hämtad från NSW Government (2023).



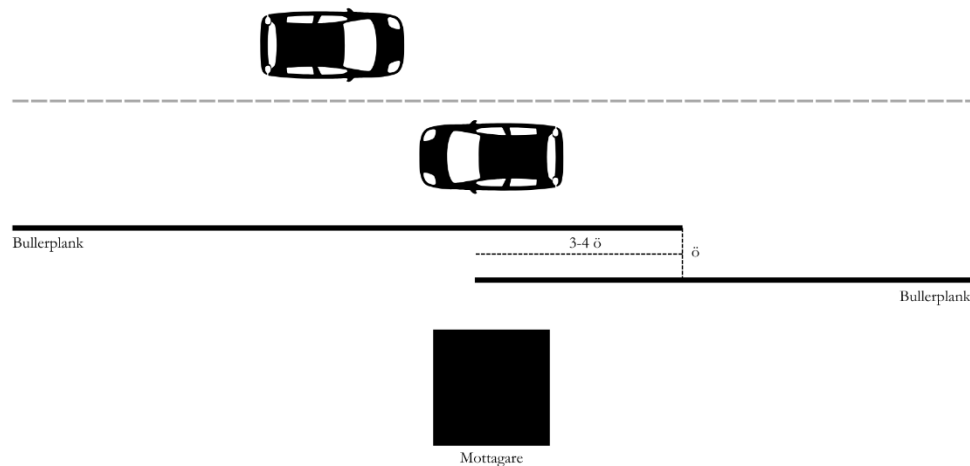
Figur 3. Det är viktigt att placera bullerplanket så nära ljudkällan som möjligt för att ljudet inte ska nå mottagaren. Information hämtad från NSW Government (2023).

Det finns undantag som presenteras i texten. Om vägen är nedsänkt och lägre än omgivningen, till exempel i en dalgång, så är det bättre att placera planket högre upp i stället för vid vägen. Detta kommer att ha större effekt när det gäller att blockera ljudet från vägen (NSW Government 2023). En annan viktig aspekt att ha i åtanke vid val av bullerplank är höjden på planket. Här finns det två faktorer att ta hänsyn till. Författarna menar att bullerplankens höjd ska vara minst en meter över vägbanans nivå och att hänsyn även ska tas till de närliggande husen. Bullerplanket bör vara minst 1,5 meter över husens golvplanshöjd (se figur 4). När det kommer till höghus kan det vara svårt att öka bullerplankets höjd med hänsyn till de våningarna som är högre upp, men författarna menar att ju högre plank, desto bättre för husen mitt emot bullerplanket, alltså den sidan där ljudet studsar till.

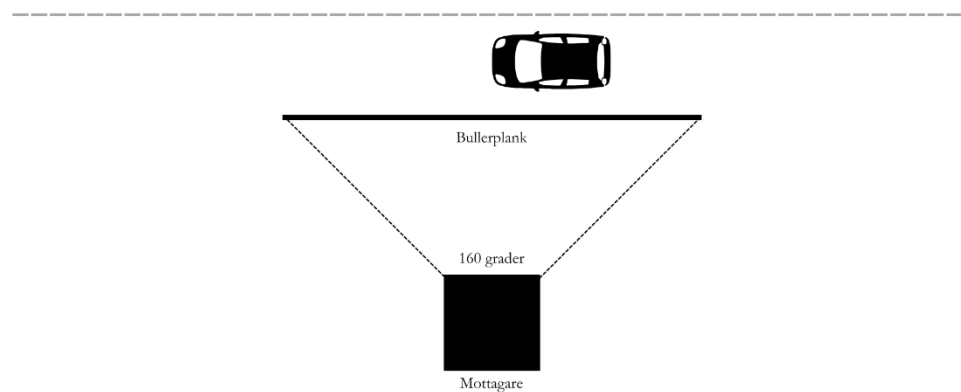


Figur 4. Höjden på bullerplanket viktigt i förhållande till mottagarens golvhöjd. Information hämtad från NSW Government (2023).

Sedan påstår författarna att det även handlar om kostnad och estetik, därför kan vi inte bygga hur höga bullerplank som helst. Att bullerplanken ska ha en kontinuitet i sträcka är viktigt för att bullret inte ska sprida sig till mottagaren på andra sidan planket. Detta kan bli ett problem i städerna då cyklister och fotgängare behöver komma igenom. Där ger NSW Government (2023) ett förslag på att överlappningen av bullerplanken, om det måste vara en öppning bör vara tre till fyra gånger så lång som själva öppningen (se figur 5).



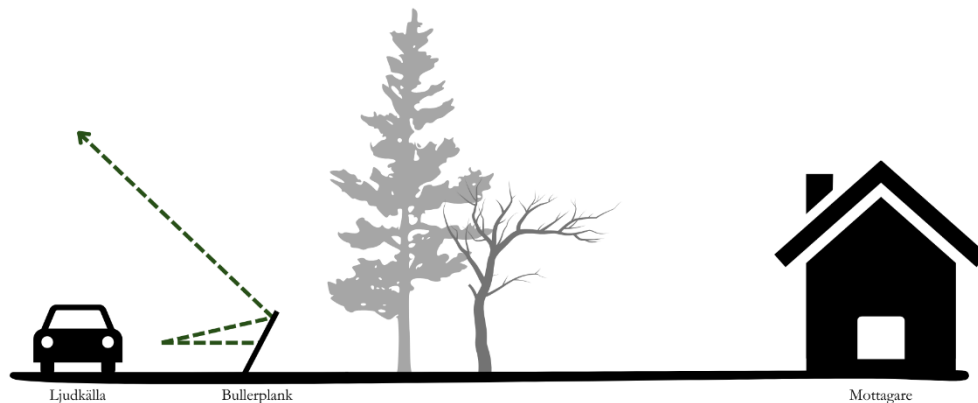
Figur 5. Överlappningen av bullerplank med öppning bör vara 3–4 gånger så stor som öppningen. Information hämtad från NSW Government (2023).



Figur 6. Bullerplanket bör täcka en 160 gradig vinkel från mottagaren. Information hämtad från NSW Government (2023).

Det är även viktigt att bullerplanken täcker en 160 gradig vinkel från mottagaren eftersom ljudet sprider sig från bullerkällan (NSW Government 2023, se figur 6). Att bullerplankens placering, höjd och längd är de mest avgörande faktorerna menar även King och O'Malley (2012). NSW Government (2023) skriver att vinklingen på bullerplanket har en påverkan på hur ljudet studsar till andra sidan. Ljud som når bullerplank reflekteras och kan därav drabba andra sidan av vägen (NSW Government 2023). En

lösning för att få ljudet att inte reflekteras till mottagaren på andra sidan är att vinkla bullerväggen något för att ljudet ska studsas mer uppåt (se figur 7).



Figur 7. Om bullerplanket vinklas kommer ljudet studsas uppåt och inte nå mottagaren på andra sidan. Information hämtad från NSW Government (2023).

Även materialet avgör bullerplankets absorberande förmåga. När kraven för bullerväggen är att dämpa bullernivån med 10 dBA eller mer spelar materialet stor roll. I undersökningen av King och O'Malley (2012) visade det sig att de flesta bullerplank de hade undersökt i Irland hade en väldigt liten effekt, de flesta låg på en minskning på en till fyra decibel, vilket knappt är märkbart. Här kan materialvalen göra stor skillnad, hårdare material reflekterar ljudet mer än vad mjuka material gör. Enligt Arenas (2008) kan bullerväggar i genomsnitt minska ljudnivåerna med mellan 3 och 7 dBA, beroende på hur de är designade och hur höga de är. Ju bättre designen och höjden på barriären är, desto större effekt kan den ha när det gäller att minska bullret som når mottagaren. Om barriärens ytvikt överstiger 20 kg/m² kan en reduktion på 5 dBA uppnås om barriären dessutom är tillräckligt hög för att bryta sikten från vägen till mottagaren, ytterligare 1,5 dBA minskning i bullernivån kan uppnås för varje extra meter i höjd. I praktiken har dock bullerväggar normalt en övre gräns för ljudreduktion på cirka 20 dBA för en enkel barriär och 25 dBA för en dubbel barriär. NSW Government (2023) menar att om hänsyn tas till placering, höjd och längd blir resultaten bättre. Arenas (2008) menar att meteorologiska fenomen som vind eller temperatur kan påverka väggarnas akustiska förmåga, alltså förmågan att reducera bullret. De påstår dock att vegetation hjälper till att minska effekterna från vinden.

En aspekt att ta hänsyn till när det kommer till att bygga bullerplank är att omgivningen påverkas av dessa, på både positiva och negativa sätt (Arenas 2008). Texten menar till exempel att bilister inte alltid uppskattar bullerplank då det gör upplevelsen tråkigare och mindre intressant, detta kan leda till att intrycken blir alldeles för monotona så att bilisterna blir trötta när de kör. Däremot kan bullerplank minska risken för vilt på

vägarna vilket kan göra att viltolyckorna blir färre. Att bullerplank hindrar djur från att komma över kan dock ha en negativ påverkan på ekosystemet då det kan bli svårt för djur att mötas. Därför blir det viktigt med så kallade ekodukter, alltså broar endast avsedda för djur över stora motorvägar. De boende i området med bullerplank kan enligt studien glömma bort bullerminskningen vilket gör att fokuset ligger på att de inte får se någonting längre och att en del kan känna sig väldigt instängda. Ett annat problem för de boende i området kan vara att bullerplanken kan minska värdet på deras bostäder eftersom bullerplanken ger en instängd känsla som inte anses vara attraktiv. Trots de negativa effekterna kan de flesta se fördelarna med bullerskydd och tycka att de väger tyngre (Arenas 2008).

Arenas (2008) presenterar ett annat alternativ till bullerplank som inte har lika många negativa effekter som bullerplanken bidrar med, nämligen så kallade jordvallar. En jordvall byggs av jord, sten, och/eller klippblock, och är ofta utformad i landskapet. Detta är positivt då den visuella påverkan som annars kan vara stor när bullerplank byggs inte blir lika stor när jordvallar byggs då detta som sagt kan byggas in i landskapet på ett fint sätt. Att plantera växter på jordvallar är inte helt ovanligt för att bidra till ännu mindre buller och även till det biologiska och estetiska värdet. I texten rekommenderas vintergröna arter och även inhemska för att skötselnivån ska vara så låg som möjligt. En fördel med att använda jordvallar är att de ofta kan byggas med överskottsmaterial från byggprojektet, förutsatt att det finns tillräckligt med markområde tillgängligt för konstruktionen. Jordvallar representerar det mest kostnadseffektiva alternativet för att bygga en bullervägg har det rapporterats. Det finns vissa studier som visar att jordvallar ger ett bättre resultat i bullerminskning än vertikala bullerplank gör och dessutom jordvallar med andra värden som inte bullerplank gör (Arenas 2008). I texten nämner författarna även växters förmåga att reducera bullret. De menar att om växt-radernas tjocklek eller djup inte är tillräckligt stort dämpar de inte ljudet tillräckligt mycket, utan då handlar det mer om en psykologisk effekt, att mottagaren inte ser trafiken till exempel. Däremot om trädraderna eller häcken skulle vara tillräckligt djupa har även de en bullerdämpande effekt (NSW Government 2023). Detta går i linje med den studie som Fan et al. (2010) presenterade om växters förmåga att reducera buller.

2.3.5 Övriga lösningar

En annan intressant satsning som har gjorts i Paris är att sätta upp bullerradars för att mäta och åtgärda bullret i staden, detta skriver The Guardian (2022) om i en artikel. Raderarna är placerade högt upp på lyktstolpar vid högt trafikerade vägar i staden, dessa ska mäta av när ett fordon kör förbi och gör för mycket ljud ifrån sig. Radarna ska med hjälp av kameror identifiera fordonets nummerplåt och sedan kunna skicka böter till ägaren, de fungerar alltså precis som en fartkamera fast för buller (The Guardian 2022). Detta kan vara en intressant lösning för städer där problemet är kritiskt men huruvida landskapsarkitekter kan styra detta är osäkert.

3. Diskussion

3.1 Diskussion av litteraturstudien

Buller är någonting allvarligt som påverkar majoriteten av dem som bor eller vistas i städerna (WHO 2021; EEA 2024). Vi som landskapsarkitekter har ett ansvar att utforma städerna på ett mer hälsosamt sätt i alla utmaningar som städerna möter. Som presenterat i denna litteraturstudie finns det många lösningsförslag på problemet med för höga nivåer av buller. I diskussionen vill vi diskutera de olika förslagen som lyfts i arbetet för att sedan se hur vi som landskapsarkitekter kan arbeta med dessa för att förbättra ljudbilden i staden.

Det första förslag på lösning vi presenterat i denna studie är grön infrastruktur. I en stad med många hårdgjorda ytor som reflekterar ljud är det viktigt med mjukare material som kan absorbera ljuden. Som studien i Ukraina av Maksymenko et al. (2021) visade fanns det en tydlig koppling till grön infrastruktur och ljudnivån i staden. Dels vet vi att vegetation absorberar ljud men att det finns mindre bullerkällor i en park än på en gata är också ett faktum. Därför blir det viktigt när vi utformar grönområden att dels avskärma parken så mycket som möjligt från bullret runt omkring och att även begränsa bullerkällor som gator i anslutning till parken. Förslagsvis kan hastigheten sänkas runt parken som Trafikverket (2020) föreslår för att minska ljudnivåerna. Om möjligt kan biltrafik begränsas i närheten av parken för att få en ännu mer tillfredsställande effekt.

Ett sätt att skärma av från buller i en park är med hjälp av växter. Det har visat sig att växternas placering har en påverkan på den bullerdämpande effekten (Fan et al. 2010). En plantering där växter är planterade mer tätt ihop i korsvist arrangemang är mer effektivt på att dämpa medelhöga till höga frekvenser än om de är planterade parallellt i förhållande till varandra. Anledningen är att ljudet förlorar mer energi när det färdas genom det korsvisa arrangemanget. Ju bredare en plantering är, desto mer bullerdämpande effekt visar den sig också ha (Arenas 2008; Fan et al. 2010). Därför kan landskapsarkitekter medvetet designa breda korsvisa planteringar i utkanten av parker för att skapa en bullerreducerande ridå mellan bullerkällor och parken. Detta kommer då utifrån presenterad fakta ge en bra bullerdämpande effekt på bullerkällor som ger ifrån sig medelhöga till högfrekventa ljud som exempelvis maskiner till vägarbeten, lättare fordon och till exempel uttryckningstrafik. Det har ytterligare konstaterats att växters olika karaktär också påverkar bullerreducering olika mycket (Fan et al. 2010). Det är specifikt bladen på de olika växterna som har stor betydelse när det kommer till att dämpa buller. Växter som har elliptiska och rundade blad är mer effektiva på att dämpa buller och varje växt har också ett eget frekvensspektrum där den inom det dämpar som mest effektivt (Fan et al. 2010). Utifrån detta kan slutsatsen om att mer

artvarierade planteringar dämpar ett bredare spektrum av ljudfrekvenser dras. Med denna information kan landskapsarkitekter för att optimera en planterings luddämpande effekter inte enbart tänka på placering och växtbäddens bredd utan de bör även införa en stor artvariation i växtbädden där många av arterna har rundade och elliptiska blad. Dock resonerar vi att det är mer komplext än så. För att växterna ska få en maximal luddämpande effekt och uppnå sin fulla potential bör även hänsyn tas till växternas förutsättningar. Växterna bör inte konkurrera ut varandra vissna eller på andra sätt skadas. Detta då bladen och grenarna har en avgörande bullerdämpande effekt. Det bör också lyftas att det utifrån de presenterade källorna om grön infrastruktur inte kunde hittas lika mycket information om hur man med hjälp av grön infrastruktur kan dämpa de lågfrekventa ljuden som trafikbuller ofta avger. Något som inte heller tydligt lyfts och ges plats i studierna om grön infrastruktur är att grönområden och största delen av dess växter förlorar mycket av sin bullerreducerande förmåga under vinterhalvåret. Detta då växterna tappar sina blad. De presenterade studierna härleder den bullerdämpande effekten till stor del till bladen växterna erhåller och därför kan det också konstateras att den bullerdämpande effekten grön infrastruktur bidrar med är årstidsbunden. Alla miljöer i staden som skyddas från buller av grön infrastruktur på sommarhalvåret blir därför mer utsatta på vinterhalvåret. Och därför kan det konstateras att det behövs andra typer av åtgärder för att dämpa buller vid dessa platser på vinterhalvåret om målet är att dessa platser ska få samma bullerskydd året runt. Något landskapsarkitekter kan arbeta med för att förbättra ljudbilden året runt är att införa mer vintergröna växter i staden. Dessa behåller sina blad året runt och är också ett estetiskt alternativ jämfört med bullerplank.

Utmaningarna med grön infrastruktur är dels att det oftast kräver skötsel i någon form, dels att den tappar stor del av sin bullerreducerande förmåga på vinterhalvåret. Att sätta ut växter i stället för till exempel ett bullerplank är också en långsammare lösning då växterna som planteras oftast inte är i fullt utvecklad storlek från början. Växterna kräver först en etableringsperiod med mer skötsel i form av bland annat bevattning och sedan tar det några år innan de får den luddämpande effekt som önskats i planeringen. När landskapsarkitekter arbetar med grön infrastruktur och växter som en metod för att minska buller är det därför viktigt att komplettera med andra metoder som direkt dämpar buller medan växtligheten befinner sig i etableringsstadiet. Då blir den dämpande effekten direkt märkbar. Med tiden när växterna har nått ett tillräckligt etablerat stadie för att dämpa tillräckligt med buller kan de tillfälliga lösningarna tas bort och ersättas med växtligheten. Att bygga stora parker i stället för bostadsområden är dock inte lika ekonomiskt försvarbart när det kommer till stadens ekonomi, en park genererar inte lika mycket pengar som ett bostadsområde gör. Däremot finns det andra värden i de gröna elementen i staden som är argument för att bygga fler parker och gröna stråk, bland annat att det sänker bullret i de urbana miljöerna.

Några av argumenten som talar för att grön infrastruktur behövs är att den inte bara bidrar med mjuka ytor som absorberar ljud på ett effektivt sätt utan även bidrar med många andra viktiga faktorer för staden. Grön infrastruktur bidrar dessutom med estetiska värden. Många uppskattar fina blommor eller mäktiga träd som kan ge en ljusglimt i den annars väldigt hårda och ibland gråa vardagen i staden. Träd, buskar och blommor ger inte fler bostäder till oss människor men de ger hem och mat åt flera olika mindre djur som insekter och fåglar, de bidrar alltså till den biologiska mångfalden i staden. I och med de klimatförändringar vi står inför idag förbättrar grönskan miljön i städerna på många olika sätt, inte bara genom att minska buller. Förbättrad luftkvalitet, skyfallshantering, temperaturreglering och att ge skugga under varma dagar är några fler exempel på vad grön infrastruktur kan bidra med utöver att minska bullret i staden. Dessa argument är något som landskapsarkitekter kan ha stor användning av i arbetslivet för att försvara sina designförslag och sprida kunskap om vikten av grön infrastruktur till andra yrkesgrupper.

Då städerna blir allt tätare finns det dock inte alltid plats för stora grönområden och parker som kan förse staden med dess bullerdämpande effekter. Därför har det lyfts fram nya innovativa lösningar på senare tid som inkluderar gröna väggar och tak (Shushunova et al. 2022; Yang, Kang & Choi 2012). Gröna väggar finns i form av levande gröna väggar och gröna fasader (Boverket 2019a). Substratet och dess fuktighet lyfts fram som de mest bullerdämpande komponenterna i de gröna levande väggarna och dessa komponenter finns redan när väggen installeras. Gröna fasader däremot ger inte en omedelbar effekt på bullernivån då växterna tar tid på sig att växa sig stora. Därför är det viktigt för en landskapsarkitekt att välja en grön levande vägg vid projekt där målet är att få en direkt bullerdämpande effekt efter installation. Om det däremot inte är ett akut bullerproblem kanske en grön fasad är en bättre lösning. Något som inte tydligt framgick i den utvalda litteraturen som presenterades var hur stor skillnad det var på de luddämpande effekterna av gröna levande väggar kontra gröna fasader.

Om inte det finns möjlighet att installera gröna väggar på en byggnad för att dämpa buller kanske det i stället finns möjlighet att installera ett grönt tak. När det kommer till gröna tak har studien av Yang, Kang och Choi (2012) visat att de kan dämpa ljudvolymen med 9,5 dB. Ett taks växtbäddsdjup nämns som en påverkande faktor på takets bullerdämpande effekt (Boverket 2019d). Men Yang, Kang och Choi (2012) lyfter takets area som den mest avgörande faktorn för hur luddämpande taket är. Ju större area taket har, desto bättre är det alltså på att ljudisolera. Tak med djupare växtbädd och större area till ytan är således mer bullerdämpande. Att installera gröna tak och väggar har en god effekt på ljudbilden i dess område men exakt hur stor effekt det har, framgår inte tydligt av den valda litteraturen. Det saknas även en del information om hur viktig höjd är som aspekt på den luddämpande förmågan gröna tak har. Med sådan information skulle landskapsarkitekter bättre kunna avgöra i vilka situationer en

sådan installation skapar tillräckligt stor effekt för att det ska vara försvarbart. Även information om vilken lösning av gröna väggar eller tak som är mest effektiv var svår att hitta. Information som denna skulle också kunna hjälpa landskapsarkitekter att avgöra i vilka projekt de olika lösningarna är bäst är lämpade för. Däremot finns det mycket information i litteraturen om vilka andra fördelar system som gröna tak och väggar erbjuder sin omgivning.

Dessa två typer av innovativa lösningar framstår ofta som mycket effektiva och klimatsmarta men det finns även många utmaningar gällande gröna väggar och tak. Båda lösningarna ökar belastningen på de fasader och tak de är placerade på. De ökar även risken för skador på de underliggande materialen i form av fukt- och slitskador. Om inte installation och förvaltning av dessa lösningar sker enligt de regler som tagits fram av samhället riskerar dessa gröna lösningar att skada byggnaderna. Om konstruktionerna inte är hållbara och sitter fast som de ska kan de även vara en risk för människor i dess omgivning. Väder och klimatomväxlingar kan få delar av speciellt de gröna väggarna att falla ner. Utöver dessa risker erhåller gröna tak och väggar utmanande miljöer för växterna att leva i. Det är ofta vindutsatta och torra miljöer som där växterna ska tåla väderomväxlingar av olika slag. Då systemen också är upphöjda finns det inte samma möjlighet för växterna att få skydd från större träd som när de är belägna på marknivå i exempelvis parker. Dessa utmanande miljöer sätter höga krav på växternas förmåga att vara motståndskraftiga mot dessa påfrestningar. Kraven blir därav också höga på landskapsarkitekters kompetens och förmåga att välja rätt sorters växter till rätt system, plats och projekt. Många aspekter spelar alltså in för att dessa innovativa lösningar faktiskt ska fungera. Däremot finns det väldigt många positiva effekter de kan bidra med om de fungerar och sköts som de ska. Däribland tillhör effekter som estetiska värden, dagvattenhantering och ekosystemtjänster av många olika slag. Några exempel är fler livsmiljöer till insekter och fåglar, temperaturreglering av sin omgivning och större artrikedom i städerna. Men framför allt blir det tydligt i denna studie att de också har en bullerdämpande effekt på sin omgivning. Dessa lösningar kan fungera som komplement till stora områden av grönstruktur i staden inom landskapsarkitekturen.

En ytterligare lösning som presenterades i denna uppsats var att maskera buller med hjälp av vattenljud. Detta är en mycket intressant lösning där lösningen på problemet handlar mer om vilken upplevelse invånarna får av ljud snarare än att ta bort eller minska det störande ljudet. Med detta menas att lösningen i detta fall är att i stället för att med olika sorters barriärer och material försöka dämpa störande ljud i stället försöka maskera ljudet så att ljudbilden i området blir mer positiv för den som befinner sig där. Detta kan man alltså göra med hjälp av att tillföra vattenljud med låg volym till på en plats kan man ändra ljudbilden till att ge en mer positiv upplevelse (Deng et al. 2023). För att vattenljudet faktiskt ska kunna maskera buller bör det vara minst 10 dB

starkare än själva bullret Friman (2018). Men då detta i många situationer blir kontra-produktivt då vattenljudet maskerar bort även positiva ljud så visar det sig vara bättre att skapa en behaglig ljudmiljö genom att i stället använda vattenljud som är 3 dB lägre än bullerljudet. Trafikljud och buller i staden är i många situationer av en för hög volym för att denna metod ska fungera då oljudet ofta är för störande i sig (Hellström & Cerwén 2016). Därför lämpar sig denna metod att använda sig av vid situationer där bullerljudet inte är av lägre ljudvolym. Detta kan också vara en metod stadsplanerare och landskapsarkitekter kan kombinera med andra metoder för att skapa en så positiv ljudbild så möjligt på en plats.

En av de största bullerkällorna i staden är trafiken och som Trafikverket (2020) nämnde finns det några olika regleringar i trafiken som kan göras för att minska bullret. Att endast tillåta lättare fordon eller el- och hybridbilar i vissa områden skulle kunna vara en lösning, att sänka hastigheten en annan och att inte tillåta dubbdäck en tredje. En ytterligare lösning skulle kunna vara att anlägga mindre bullrig asfalt (Trafikverket 2020). Dessa regleringar är möjliga i olika utsträckning. Att göra som bland annat Berlin och Paris och stänga av biltrafik och ersätta med cykeltrafik är en mer drastisk lösning (Euronews 2024; Tagesspiegel 2021). Det visade sig vara en effektiv lösning eftersom bullerkällorna helt enkelt försvann. Men att ersätta all biltrafik är inte hållbart i alla områden eftersom många är beroende av bil för att ta sig till bland annat arbete och utbildning. Att begränsa biltrafik kan eventuellt fungera bättre mitt i en stadskärna där transportmöjligheterna är många och där det faktiskt går att ta sig fram med till exempel cykel, tunnelbana eller spårvagn. Om trafiken på vissa gator eller områden skulle stängas blir det en fråga om tillgänglighet. Det är alltså viktigt att även de som inte kan cykla ska kunna ta sig fram i staden och det är viktigt att utforma staden på ett tillgängligt sätt för alla. Att i stället införa en del regler kan vara ett mer tillgänglighetsanpassat alternativ. Att som tidigare nämnt endast tillåta el- och hybridbilar på vissa gator eller att sänka hastigheten kan vara bra alternativ (Trafikverket 2020). Vi som landskapsarkitekter har ett ansvar att utforma städerna på bra sätt för alla invånare. Alltså städer där alla invånare har tillgång till alla stadens ytor i så stor utsträckning som möjligt. Att då stänga av trafik i stora delar av stadens områden är därför inte hållbart ur ett tillgänglighetsperspektiv. Å andra sidan kan biltrafiken begränsas och samtidigt kollektivtrafiken förbättras så att tillgängligheten inte hotas eller försämras. Att minska den privata biltrafiken leder till att färre fordon färdas genom staden och på så sätt kan bullerkällorna också minska. Detta är något landskapsarkitekter och stadsplanerare kan jobba med för att förbättra stadens ljudbild. Frågan är vad som är upp till landskapsarkitekten att bestämma över och inte när det kommer till olika trafiklösningar. Vi anser att det är positivt att landskapsarkitekter tillsammans med andra yrkesgrupper med olika kompetenser jobbar med detta ämne i så stor utsträckning som möjligt. Ju fler olika perspektiv som finns på de olika trafiklösningarna ju bredare spektrum av fördelar och nackdelar utvärderas och ju fler konsekvenser bemöts och

diskuteras innan en lösning vidtas. Det som just landskapsarkitekter kan bidra med vid trafikfrågor i städerna är bland annat hållbarhetsperspektivet. Landskapsarkitekter kan lyfta viktig information om konsekvenserna biltrafiken kan ha på staden. Några av dem är bland annat hur trafiken påverkar folkhälsan, stadens ljudlandskap, städernas gröna infrastruktur och luftkvalitet.

Att välja att anlägga bullerdämpande asfalt är en trafiklösning som har testats och fortfarande görs, detta är alltså en ganska ny metod där det finns blandade uppfattningar (Euronews 2024; Arenas 2008). Det visar sig vara effektivt men tyvärr en kortsiktig lösning eftersom den inte har lika lång livslängd som den asfalt vi använder idag (Vägverket 2009). I Sverige sliter vi på våra vägar med bland annat dubbdäck som den bullerdämpande asfalten är känslig för. Den korta livslängden gör dels att asfalten med tiden som den slits på blir mer bullrig i sig själv. Slitaget leder till att vägen med denna asfalt behöver lagas oftare. Detta gör att det krävs mer underhållsarbete som i sin tur bidrar till mer buller. Frågan är om denna metod är hållbar i Sverige där många använder dubbdäck. Vi anser utifrån informationen i de presenterade källorna att bullerdämpande asfalt är en metod som hade kunnat fungera bättre i ett varmare klimat där det inte används dubbdäck i lika stor utsträckning som i Sverige. Detta eftersom den skulle slitas mindre då dubbdäck inte används, därmed skulle livslängden bli längre och reparationerna inte lika många.

Bullerplank är en annan lösning som däremot visar sig vara en effektiv lösning som kan dämpa buller med upp till 25 dBA. Här är det viktigt att ta hänsyn till de olika aspekterna som placering, höjd och längd (NSW Government 2023). Även material har en betydande roll, hårdgjorda ytor reflekterar ljudet mer och mjuka ytor absorberar ljudet mer. Bullerplank är effektiva men det finns även nackdelar med dessa. Bullerplank är oftast monotona och ganska tråkiga enligt många (Arenas 2008). Bilister som kör anser att det kan bli alldeles för tråkigt och riskerar att bli för trötta för att köra om planken finns på långa sträckor. De fotgängare eller boende nära ett bullerplank upplever att det kan kännas instängt och mörkt, menar Arenas (2008). En lösning på detta kan vara att investera i en mer intressant och uppseendeväckande design på de bullerplank vi väljer att sätta ut i framtiden så att de inte ska upplevas lika tråkiga som de gör idag. För att göra bullerplanket mer intressant skulle det kunna till exempel användas som kanvas för konstnärer. Det är möjligt att planken skulle ge ett mer levande och mjukt intryck om ett färgfullt levande landskap målas upp och får sträcka sig längs planket. När landskapsarkitekter väljer att designa miljöer med bullerplank är det för trevnadens skull därför viktigt att vi jobbar vidare med hur de kan upplevas ännu trevligare än vad de gör idag. Vidare bör landskapsarkitekter i den mån som går placera bullerplanken i positioner så att de inte ger en alltför stor upplevelse av instängdhet och mörker. Arenas (2008) lyfter att bullerplank nära en motorväg utöver att dämpa buller också kan förhindra olyckor genom att hindra vilt att gå ut på vägen. En

motsvarighet till bullerplank är jordvallar som verkar vara en mer positiv lösning på problemen, dels eftersom de är effektiva och dels eftersom de bidrar med andra värden som inte bullerplank gör, såsom biologisk mångfald och en bättre visuell upplevelse för de som rör sig i området (Arenas 2008). Jordvallar är dessutom en kostnadseffektiv lösning eftersom man i vissa fall kan använda sig av material som redan finns på platsen som annars skulle behöva schaktas bort. Om landskapsarkitekten gör medvetna växtval behöver skötselnivån inte heller vara lika hög. Jordvallar med rätt växtval kan bli en fin och intressant upplevelse för de som kör bil eller vistas nära en sådan.

En annan lösning som nämns i slutet av litteraturstudien är bullerradars (The Guardian 2022). Det är en intressant lösning som kan vara effektiv. Dessa kan dock vara svåra att få upp och frågan är hur effektivt det är. En risk är att förarna saktar ner vid radarn men sedan gasar upp igen vilket ändå kommer att resultera i mycket buller. Eftersom detta är en ny lösning krävs det mer forskning som kan undersöka huruvida effektivt detta egentligen är.

3.2 Metoddiskussion

Vi har i detta arbete genom en litteraturstudie undersökt buller och hur det påverkar städernas invånare. Vi har sedan tagit reda på lösningar på bullerproblematiken i städerna för att sedan diskutera hur en landskapsarkitekt kan arbeta med detta framöver. Att göra en litteraturstudie för att undersöka ett ämne anser vi har varit ett effektivt sätt att få fram mycket information på kort tid. Vi har mestadels funnit information som hjälpt oss med nya perspektiv och ny kunskap. I stället för att själva göra undersökningar med komplicerad utrustning har vi på ett enkelt sätt tagit del av andra studier som gjorts. Ibland har vi inte funnit det vi sökt efter och då hade det varit intressant att se hur diskussionen hade blivit om vi hade haft tid att göra egna undersökningar eller intervjuer. Vi bestämde oss dock tidigt i arbetet att vi skulle hålla oss till att göra en litteraturstudie för att ha möjlighet att läsa, undersöka och diskutera mycket litteratur. Om vi hade gjort om arbetet idag anser vi att det hade varit intressant att göra en intervju eller undersökning som hade kunnat stärka litteraturstudien ytterligare.

4. Avslutning

4.1 Slutsats

Det är viktigt att vi som landskapsarkitekter tar vårt ansvar i att utforma våra städer som främjar invånarnas hälsa och välmående. I detta arbete har fokuset varit på buller, dess konsekvenser och lösningar på problemen. Buller påverkar oss människor på olika sätt, allt från höjda värden av ämnen som kolesterol, adrenalin och noradrenalin till höjd puls. Dessa direkta konsekvenser leder till stress och om den blir långvarig, vilket den blir i städer där bullret är konstant, kan det leda till allvarliga sjukdomar som hjärt- och kärlsjukdomar och diabetes. Buller är ett växande problem i urbana miljöer och vi har en stor roll i att utforma platser med en tillfredsställande ljudbild som innehåller så lite buller som möjligt. Genom att använda grön infrastruktur som verktyg kan landskapsarkitekter inte bara minska buller utan även förbättra stadens värde på andra sätt. Exempel på vad grön infrastruktur bidrar till mer än bullerdämpning är biologisk mångfald, renare luft och estetiska värden. Växtval och växtkomposition spelar en viktig roll i att optimera de bullerdämpande effekterna växterna kan bidra med. Här kan vi som utbildade landskapsarkitekter bidra med vår kunskap om olika växters karaktär för en optimal bullerdämpande plantering. Om vi dessutom väljer fler vintergröna växter kan den bullerdämpande effekten verka året om.

Samtidigt som vi förstår att grön infrastruktur är mycket positiv för städerna på olika sätt är det viktigt att inse de praktiska utmaningarna såsom behovet av kontinuerlig skötsel och växternas tid för tillväxt. För att överkomma dessa hinder kan lösningar som bullerplank uppföras. Bullerplank är ett effektivt sätt att minska buller från trafik. Problemen med bullerplank är att de oftast inte upplevs så estetiskt tilltalande. Många som rör sig nära dessa kan känna känslor som uttråkning, instängdhet och mörker. Om en landskapsarkitekt väljer att satsa på bullerplank blir det därmed viktigt att fundera på bullerplankets design för en bättre visuell upplevelse. Bullerplank kan exempelvis bli mer av gröna väggar där de passar. Eftersom majoriteten av bullret i staden kommer ifrån trafiken blir det även avgörande att begränsa och reglera den i den mån det är möjligt. Exempel som lyfts och diskuterats är avstängning av vägar som funkar bäst i en stadskärna med annan bra kommunikation, användning av tystare fordon och sänkt hastighet.

Som landskapsarkitekter har vi ett ansvar att förespråka åtgärder som inte enbart fokuserar på att lösa bullerproblematiken utan hela stadens hälsa, hållbarhet och tillgänglighet. För att detta ska vara möjligt är det viktigt att vi samarbetar med andra yrkesgrupper som har olika specialiteter. I framtiden hoppas vi att landskapsarkitekter ska fortsätta att spela en viktig roll i invånarnas hälsa genom att utforma städerna på ett

mer hälsosamt sätt. Med hjälp av grön infrastruktur, trafikregleringar och nya innovativa lösningar hoppas vi att framtidens städer blir mindre bullriga och mer harmoniska.

4.2 Förslag på vidare forskning

I sökningar på olika databaser fann vi många studier som konstaterade att städer med dess bullriga ljudmiljö är ett hot mot invånarnas hälsa. Vi fann även mycket information angående naturliga ljud och dess goda effekt på hälsan. När vi däremot undersökte de presenterade lösningarna upptäckte vi att några av lösningarna var mycket komplexa. Det var svårt att finna information om vilka specifika arter av växter som bäst dämpar ljud med låga frekvenser som ofta kommer från biltrafik. Där upplever vi att det hade varit intressant om framtida forskning tog vid. Vidare hade vi velat få tag på mer information och fler studier om hur stor effekt gröna väggar och tak faktiskt har på ljudbilden i dess omgivning.

I framtiden skulle vi gärna se att det forskades mer på de olika växternas karaktär och hur stor betydelse dessa olika drag kan ha på bullerdämpningen i staden. Särskilt när det kommer till de lågfrekventa ljuden. Vi upplever även att forskning på huruvida de gröna taken och väggarna egentligen dämpar bullret skulle kunna utföras. Det hade även varit intressant att se framtida forskning undersöka nya vägmateriäl och deras påverkan på bullerproblematiken.

Referenser

- Alvarsson, J., Wiens, S. & Nilsson, M. (2010) Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 7, 1036-1046. <https://doi.org/10.3390/ijerph7031036>
- Arbetsmiljöverket (2025). Buller <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/buller/> [2025-02-07]
- Arenas, J. P. (2008). Potential problems with environmental sound barriers when used in mitigating surface transportation noise. *Science of The Total Environment*. 405 (1-3), 173-179. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.049>
- Benfield, J. A., Taff, B. D., Newman, P. & Smyth, J. (2014). Natural Sound Facilitates Mood Recovery. *Ecopsychology*. 6, 3. <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/eco.2014.0028>
- Boverket (2019a). Gröna väggar. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/praktiken/grona/vaggar/> [2025-02-27]
- Boverket (2019b). Urbanisering. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsforsorjning/flyttningar/urbanisering/> [2025-01-29]
- Boverket (2019c). Exempel på gröna tak. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/praktiken/grona/grona-tak/exempel-pa-grona-tak/> [2025-02-27]
- Boverket (2019d). Öka den ekologiskt aktiva gröna ytan - Gröna tak och väggar. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/praktiken/grona/> [2025-02-27]
- Boverket (2021a). Gröna tak. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/praktiken/grona/grona-tak/> [2025-02-27]
- Boverket (2021b). Mer grönska reducerar ljud. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/praktiken/ljud/> [2025-02-17]
- Boverket (2023). Regler och riktvärden för buller. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lamplighetsbedomning/buller-vid-detaljplanering/regler-och-riktvarden-for-buller/> [2025-02-10]

- Boverket (2024). Beskrivning av ljud och buller. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planeringsfragor/information-om-buller-och-goda-ljud-miljoer/beskrivning-av-ljud-och-buller/> [2025-03-07]
- Brink, M., Mathieu, S. & Rüttener, S. (2022). Lowering urban speed limits to 30 km/h reduces noise annoyance and shifts exposure–response relationships: Evidence from a field study in Zurich. *Environment International*. 170, 107651. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107651>
- Deng, L., Rising, H., Gu, C., & Bimal, A., (2023). The Mitigating Effects of Water Sound Attributes on Stress Responses to Traffic Noise. 55. 668-697. <https://doi.org/10.1177/00139165241245829>
- Euronews (2024). The city that is trying to sleep: Paris seeks to cut noise pollution by four decibels. Euronews, 10 juni. <https://www.euronews.com/green/2024/06/10/the-city-that-is-trying-to-sleep-paris-seeks-to-cut-noise-pollution-by-four-decibels> [2025-02-11]
- European Environment Agency (EEA) (2024). Noise. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/noise?activeTab=fa515f0c-9ab0-493c-b4cd-58a32dfaae0a> [2025-02-07]
- Fan, Y., Zhiyi, B., Zhujun, Z. & Jiani, L. (2010). The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise-Reducing Spectrum. *Journal of Environmental Health*. 72. 8-15. <https://www.jstor.org/stable/10.2307/26328102>
- Folkhälsomyndigheten (2017). Miljöhälsorapport 2017. Folkhälsomyndigheten <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/c44fcc5df7454b64bf2565454bbdf0e3/miljohalsorapport-2017-02096-2016-webb.pdf>
- Folkhälsomyndigheten (2025). Hur vanligt är det att känna stress? <https://dinpsyiskahalsa.se/artiklar/hur-mar-vi-i-sverige/stress/> [2025-01-29]
- Forskning.se (2003). Trafikbuller – en studie av bullerskärmar och skärmade områden. <https://www.forskning.se/2003/11/20/trafikbuller-en-studie-av-bullerskarmar-och-skarmade-omraden/> [2025-02-27]

- Friman, C. (2018). Åtgärdsprogram mot buller i Västerås stad. 745580. Stadsbyggnadsförvaltningen, Västerås Stad. <https://www.vasteras.se/download/18.bf5d0b31641df496f0143b/1554823961536/F%C3%B6rslag%20till%20%C3%A5tg%C3%A4rdsprogram%20V%C3%A4ster%C3%A5s%20180605.pdf>
- Hellström, B. & Cerwén, G. (2016). Verktyg för akustisk design. Movium Fakta, 6. <https://res.slu.se/id/publ/78339> [2025-03-10]
- Helsingborg (2024) Vi testar nytt sätt att asfaltera för mindre buller. <https://helsingborg.se/trafik-och-stadsplanering/gator-och-trottoarer/asfaltering/arets-asfalteringsarbeten/asfaltering-industrigatan/> [2025-02-18]
- Hjärnfonden (2024). Vad händer i hjärnan när vi stressar?. <https://www.hjarnfonden.se/hjarnhalsa/stress/stress-och-hjarnan/> [2025-03-05]
- Hygge, S. (2005). Bullers effekter på människor. I: M. Johansson & M. Küller (red.) Svensk miljöpsykologi. Studentlitteratur. 37–50.
- Ising, H. & Braun, C. (2000). Acute and chronic endocrine effects of noise: Review of the research conducted at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene. Noise & health, 2 (7), 7–24. https://journals.lww.com/nohe/fulltext/2000/02070/acute_and_chronic_endocrine_effects_of_noise__3.aspx
- Jor (u.å.). Hudkonduktans. <https://jor.se/measurement/applikationer/fysiologi-applikationsexempel/hudkonduktans/> [2025-02-21]
- King, E. A., O'Malley V. P. (2012). Lessons learnt from post EIS evaluations of national road schemes in Ireland. Environmental Impact Assessment Review. 32 (1), 123-132. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.06.003>
- Kühn, S., Düzel, S., Eibich, P., Krekel, C., Wüstemann H., Kolbe J., Martensson, J., Goebel J., Gallinat J., Wagner G. G. & Lindenberger U. (2017). In search of features that constitute an “enriched environment” in humans: Associations between geographical properties and brain structure. Scientific Reports. 7, 11920. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12046-7>
- Maksymenko, N., Sonko, S., Skryhan, H., Burchenko, S. & Gladkiy, A. (2021). Green Infrastructure of Post-USSR Cities for Prevention of Noise Pollution. SHS Web of Conferences. 100, 05004. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110005004>

- Murphy, E., King, E.A. (2022). Environmental noise pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy. 2 uppl, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-01226-5>
- Münzel, T., Schmidt, F., Steven, S., Herzog, J., Daiber, A. & Sørensen, M. (2018) Environmental Noise and the Cardiovascular System. *Journal of the American College of Cardiology*. 71, 688-697 <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.12.015>
- NSW Government (2023), Noise wall design guideline: design guideline to improve the appearance of noise walls in NSW. ISBN 9781922875761
- Olsson, T. (2024) Hör skillnaden – ny tystare asfalt testas i Helsingborg. SVT Nyheter, 8 oktober. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/helsingborg/smasten-i-asfalt-ska-dampta-trafikbullret-i-helsingborg> [2025-02-18]
- Shushunova, N., Korol, E., Luzay, E., Shafieva, D. & Bevilacqua, P. (2022). Ensuring the Safety of Buildings by Reducing the Noise Impact through the Use of Green Wall Systems. *Energies*. 15, 8097. <https://doi.org/10.3390/en15218097>
- Skogsstyrelsen (2024). Grön infrastruktur. <https://www.skogsstyrelsen.se/miljo-och-klimat/gron-infrastruktur/> [2025-02-19]
- SLU (2023). Faciliteter och utrustning. <https://www.slu.se/institutioner/institutionen-for-manniska-och-samhalle/miljopsykologi/sensola/utrustning/> [2025-02-19]
- Stockholms stad (2024). Åtgärdsprogram buller Stockholms stad 2024-2028. Stockholms stad. <https://miljobarometern.stockholm.se/content/docs/tema/buller/atgardsprog-buller-2024-2028.pdf>
- Sudimac, S., Sale, V. & Kühn, S. (2022). How nature nurtures: Amygdala activity decreases as the result of a one-hour walk in nature. *Molecular Psychiatry*. 27, 4446–4452. <https://doi.org/10.1038/s41380-022-01720-6>
- Tagesspiegel (2021). Senat beschließt Radverkehrsplan: 3000 Kilometer Fahrradnetz entstehen in Berlin. Tagesspiegel, 16 november. <https://www.tagesspiegel.de/berlin/3000-kilometer-fahrradnetz-entstehen-in-berlin-4289809.html>
- The Guardian (2022). ‘Noise radar’ in Paris will catch raucous cars and motorbikes. The Guardian, 15 februari. <https://www.theguardian.com/world/2022/feb/15/noise-radar-in-paris-will-catch-raucous-cars-and-motorbikes> [2025-02-11]

- Trafikverket (2009) Bullerdämpande beläggningar: Utvärdering & uppföljning av provsträckor på E4 och E18. Trafikverket. https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/Publikationer/Publikationer_001101_001200/Publikation_001112/SBUF_TYST_ASFALT%20_091119.pdf
- Trafikverket (2020). Buller från vägtrafik <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/buller-och-vibrationer---for-dig-i-branschen/Fakta-om-buller-och-vibrationer/buller-fran-vagtrafik/> [2025-02-17]
- Trafikverket (2023). Mått för ljudnivåer. <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/buller-och-vibrationer---for-dig-i-branschen/Fakta-om-buller-och-vibrationer/matt-for-ljudnivaer/> [2025-02-10]
- UNEP (2022). The world's cities must take on the cacophony of noise pollution <https://www.unep.org/news-and-stories/opinion/worlds-cities-must-take-cacophony-noise-pollution> [2025-02-10]
- Vetenskapliga rådet för hållbar utveckling (2018). Människors hälsa i växande städer. Vetenskapliga rådet för hållbar utveckling <https://ki.se/media/261934/download>
- Vetenskap & hälsa (2010), Funktionell MRI - vad är det? <https://www.vetenskap-halsa.se/funktionell-mri-vad-ar-det/> [2025-01-30]
- Vägverket (2009). Bullerdämpande beläggningar: Utvärdering & uppföljning av provsträckor på E14 och E18. Vägverket https://fudinfo.trafikverket.se/fudinfoexternwebb/Publikationer/Publikationer_001101_001200/Publikation_001112/SBUF_TYST_ASFALT%20_091119.pdf
- WHO (2021). Urban health. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/urban-health> [2025-01-29]
- Yang, H. S., Kang, J., & Choi, M. S. (2012). Acoustic effects of green roof systems on a low-profiled structure at street level. *Building and Environment*. 50, 44-55. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.10.004>
- Zhang, J., Yan, H. & Wang, D. (2023). Effects of Acoustic Environment Types on Stress Relief in Urban Parks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20, 1082. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021082>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Clara Ander har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Emelie Bäckström har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta