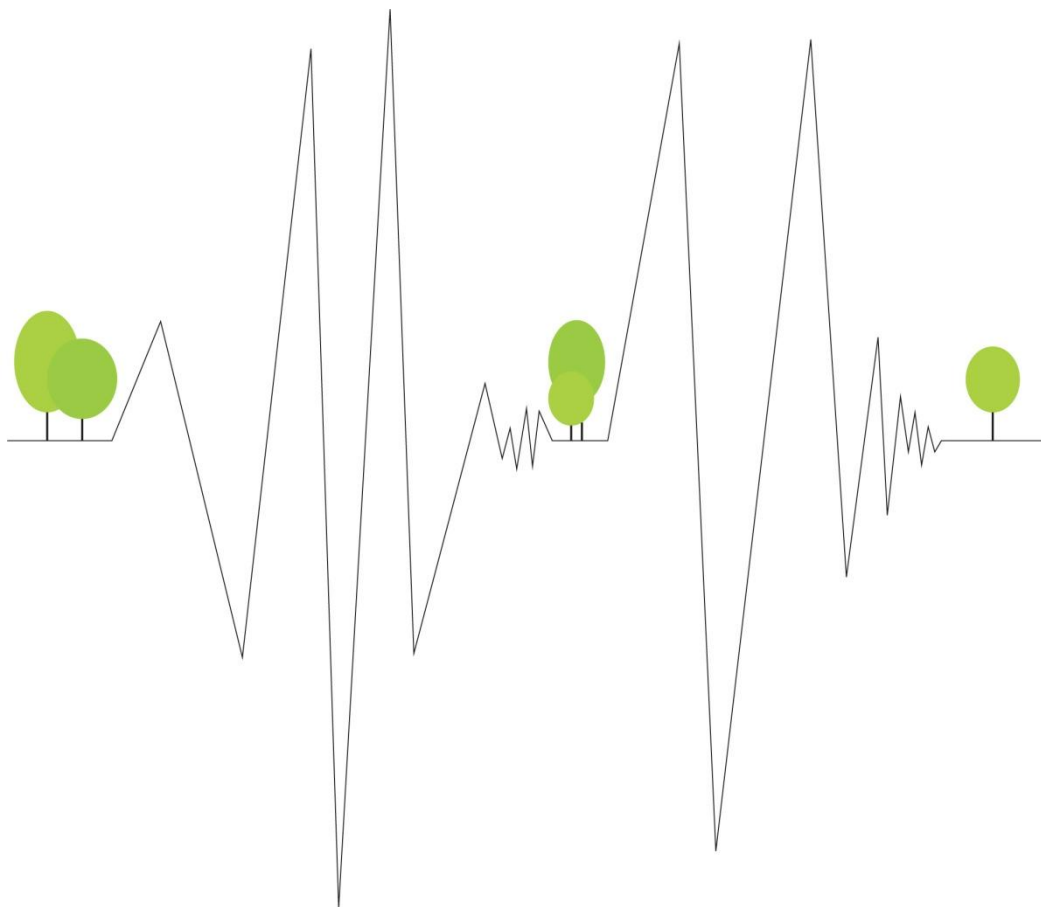


Vegetation och ljudmiljö



Josefin Henriksson

*To hear an Oriole sing
May be a common thing—
Or only a divine*

-Emily Dickinson

SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Område Landskapsarkitektur

Författare: Josefin Henriksson

Titel (sve): Vegetation och ljudmiljö

Titel (eng): Vegetation and Soundscape

Nyckelord: Akustisk design, Buller, Gröna tak, Landskapsarkitektur, Ljud, Ljuddämpning, Ljudlandskap

Handledare: Gunnar Cerwén, Område Landskapsarkitektur, SLU Alnarp

Examinator: Eivor Bucht, Område Landskapsarkitektur, SLU Alnarp

Kurstitel: Kandidatexamensarbete i Landskapsarkitektur

Kurskod: EX0649

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2011

Program/utbildning: Landskapsarkitektprogrammet

Framsidas bild:
(Illustration: Josefin Henriksson)

Sammandrag

Inom landskapsarkitekturen har det länge fokuserats på visuella uttryck, men även andra sinnen påverkar vår upplevelse av en plats. Ljud kan ge oss mycket information om en miljö och de upplevs då många gånger som positiva. Oftast rör dock forskning om ljud utomhus reducering av oönskade ljud, alltså buller, men frånvaron av buller kan inte räknas som en god ljudmiljö, därtill krävs ljud vi uppskattar.

Syftet med den här uppsatsen är att undersöka hur landskapsarkitekter kan bidra till att skapa en god ljudmiljö. Genom litteraturstudier inom akustik och landskapsarkitektur undersöks hur lösningar som involverar vegetation kan reducera buller och tillföra önskade ljud i urbana miljöer. Vegetationen påverkar inte bara ljudmiljön utan tillför också estetiska värden och möjligheter till rekreation.

För att ljud skall uppskattas måste de relatera till platsen, vilket gör att en god ljudmiljö kan variera inom staden. Vissa är goda för att de är stillsamma, andra för att de uppmuntrar till aktivitet. De flesta människor tilltalas av subtila ljud som porlande vatten och fågelkvitter, varför designande av ljudlandskap ofta är beroende av att man tillämpar bullerreducering.

Det fastslås att landskapsarkitekter med hjälp av vegetation på stadens tak, väggar och golv kan både sänka bullernivåerna och skapa attraktiva ljudlandskap.

Nyckelord: Akustisk design, Buller, Gröna tak, Landskapsarkitektur, Ljud, Ljuddämpning, Ljudlandskap

Abstract

Landscape architecture is a visual profession, but other senses also affect our interpretation of a place. Sounds can give us a lot of information about an environment, and they are often perceived as positive. Despite this, research about outdoor sounds most often focus on the reduction of unwanted sounds – noise – but the absence of noise does not result in a good soundscape. To accomplish this, sounds we appreciate are needed.

This paper aims to investigate how landscape architects can contribute to a good soundscape. Through literature studies in acoustics and landscape architecture, it is investigated how solutions involving vegetation can reduce noise and add appreciated sounds in urban environments. The vegetation does not only affect the soundscape, but also adds aesthetic values and possibilities for recreation.

For sounds to be appreciated, they need to relate to the location. This means that the concept of the good soundscape may vary within the city. Some are good because they are tranquil, others because they inspire activity. Most people appreciate subtle sounds such as the rush of water and the song of birds. Because of this, the design of a good soundscape often depends on effective noise control.

It is determined that landscape architects with the use of vegetation on city roof tops, walls and floors are able to reduce noise levels as well as create attractive soundscapes.

Keywords: Acoustic design, Green Roofs, Landscape architecture, Noise, Noise attenuation, Sound, Soundscape

Förord

Detta självständiga arbete ingår i kursen EX0649 Kandidatexamensarbete i landskapsarkitektur som ges på Landskapsarkitektprogrammet vid SLU Alnarp. Arbetet behandlar olika medel som förbättrar ljudmiljön i staden och kan användas av landskapsarkitekter i deras gestaltungsarbete.

Först skulle jag vilja tacka min handledare Gunnar Cerwén för stöd, tips och uppmuntrande diskussioner under arbetets gång. Jag vill också tacka David Lagerstedt för att jag har fått använda både bilder och kamera, samt för de synpunkter och uppmuntrande ord jag har fått. Slutligen vill jag även tacka Caroline Kesselman för hennes korrekturläsning och feedback under arbetets slutskede.

Josefin Henriksson
Helsingborg 18 maj -2011

Innehåll

1. Inledning.....	8
1.1 Mål	8
1.2 Syfte	9
1.3 Material och metod	9
1.4 Avgränsning.....	9
1.5 Disposition.....	10
1.6 Begrepp	10
2. Ljudlandskap	12
3. Ljudet och hörseln.....	14
3.1 Örat	14
3.2 Ljudets utbredning	14
3.4 Buller	15
3.4.1 Hälsoeffekter.....	16
4. Att förbättra ljudmiljön	17
4.1 Akustisk design – att förena ljudmiljön och rummet	17
4.2 Gröna tak – För en god ljudmiljö på marken	20
4.2.1 Uppbyggnad och användning.....	20
4.2.2 Historik	21
4.2.3 Bullerreducering.....	22
4.3 Ljuddämpning i markplan.....	27
4.3.1 Skogs och trädbestånd	27
4.3.2 Mark och avstånd.....	29
4.4 Vertikala barriärer	30
5. Grönska i staden – övriga fördelar	33
6. Diskussion.....	35
6.1 Att skapa en god ljudmiljö	35
6.2 Att utbilda ljudmedvetna landskapsarkitekter	37
7. Källförteckning	38
7.1 Tryckt text	38
7.2 Elektroniska källor	39

1. Inledning

Ljud har alltid fascinerat mig. Som barn minns jag att jag kunde sitta och intensivt undersöka varje kvadratmillimeter av en blomma, och en del av undersökningen bestod av att svyscha den fram och tillbaka för att se vilket ljud som uppkom. En annan del var att plocka av kronbladen med ett plopp, ett efter ett, och vrida stjälken så att den knastrade. Jag dissekerade min stackars mammas trädgård med mina fingrar, ögon och öron.

Landskapet upplevs av alla våra sinnen, vi känner det, vi luktar på det, och vi hör det. Inom landskapsarkitekturen har det dock länge fokuserats på platsers visuella upplevelse och övriga sinnen har fått spela en mindre roll i platsgestaltningen. Särskilt ljudet har behandlats styvmoderligt och det är först på senare år som man har uppmärksammat dess betydelse för platsers upplevelse.

En förespråkare för ljudets plats i landskapet är R. Murray Schafer som myntade begreppet *soundscape*, eller på svenska: Ljudlandskap. Schafer (1994) vill värna om alla ljud som finns i vår miljö men menar att den moderna världen är full av ljud som saknar relevans och som döljer de positiva ljud vi vill höra. Ljud från industrier och vägar färdas långt och invaderar och dränker fåglars kvitter och suset av vinden genom träden på platser menade för vila, lek och samtal.

För att ge plats åt ljud som upplevs som positiva behöver vi först dämpa de ljud som vi finner störande. Buller är enligt Socialstyrelsen (2009 s. 164) en av de miljöstörningar som påverkar flest människor och kan leda till sömnsvårigheter och hjärtsjukdomar.

Buller behandlas oftast med åtgärder som påverkar inomhusmiljön men det finns medel som även kan påverka ljudmiljön utomhus. Tystare markbeläggning och sänkt hastighet på vägarna är ett sätt men jag vill i uppsatsen undersöka vad man med hjälp av växtlighet kan åstadkomma för ljudmiljön, både i fråga om ljuddämpning och genom introducering av positiva ljud, som att till exempel skapa habitat för insekter och sångfåglar. Då bullerproblemen är störst i en tät stad fokuserar uppsatsen på olika sätt som reducerar buller på stadens tak, golv och väggar. Jag frågar mig hur landskapsarkitekter kan förändra ljudbilden i staden med hjälp av olika medel som reducerar ljudnivån utomhus och samtidigt med dessa ge plats åt positiva ljudupplevelser.

1.1 Mål

Målet med uppsatsen är att undersöka medel som landskapsarkitekten har till sitt förfogade för att skapa en bättre ljudmiljö med minskade bullernivåer i staden. Framförallt undersöks medel som innefattar eller på ett naturligt sätt kan kombineras med vegetation. Men en god ljudmiljö är inte bara avsaknaden

av buller och därför diskuteras även de möjligheter som ovan nämnda medel för påverkan har att bidra med till ljudlandskapet.

1.2 Syfte

Syftet är att skapa en bättre förståelse för landskapsarkitekters möjligheter att påverka ljudmiljön i staden med medel som på olika sätt innefattar vegetation. Uppsatsen riktar sig till studerade som berörs av detta ämne.

1.3 Material och metod

Uppsatsen baseras på litteraturstudier inom ämnena akustik, akustisk design och bullerreducering. Det krävdes insyn inom många olika områden för att få en klar bild av både positiva och negativa ljuds inverkan på landskapet.

Jag valde litteraturstudier som metod då bullerreducering i utomhusmiljö, och särskilt då i kombination med vegetation, är så svårt att beräkna att genomförandet av en fallstudie med den tid och de medel som finns att tillgå under kurstiden skulle bli svår att genomföra. Jag har försökt att finna källor som behandlar ämnet både genom redovisandet av fallstudier och genom beräkningar. Detta eftersom fallstudier är platsspecifika och beräkningar gällande akustik utomhus är osäkra då det är svårt att räkna med alla variabler. Detsamma gäller för skapandet av nya positiva ljud i miljöer varför litteraturstudier lämpade sig även till detta. Med hjälp av litteratur som angriper frågeställningarna på olika sätt får jag lättare ett mer komplett svar.

En del av uppsatsen behandlar akustisk design och positiva ljud som krävs för en god ljudmiljö i staden. Här har jag valt att fokusera på forskning relaterad till R. Murray Shafers begrepp *Soundscape* som fokuserar på naturens positiva ljud. Denna del är viktig då en god ljudmiljö inte är tystnad utan närvaron av för platsen relevanta ljud. Genom reflektioner kring akustik, ljudutbredning och vegetation belyser jag hur landskapsarkitekten kan använda de i uppsatsen nämnda metoderna för att skapa en god ljudmiljö.

En annan metod hade kunnat vara intervjuer med sakkunniga, men för att kunna föra ett givande samtal behövde jag inhämta kunskap genom litteraturstudierna, och när jag anskaffat mig vad jag ansåg tillräckligt med kunskap var dessvärre de påtänkta respondenterna onåbara. Detta har troligtvis inte påverkat uppsatsens kvalitet då jag ändå har kunnat ta del av flertalet studier, men det hade säkerligen kunnat ge andra infallsvinklar och fräscha tankar.

1.4 Avgränsning

I min studie har jag valt att utgå från de bullerreducerande element som en landskapsarkitekt kan använda sig av för att forma ett ljudlandskap. Denna avgränsning har jag gjort på andra sätt att reducera bullernivåerna i staden snarare hör till myndigheter och politikernas ansvar och som dessutom inte ger samma möjlighet att skapa ett visuellt tilltalande stadslandskap. Det har också varit viktigt för mig att medlen kan kombineras med växtlighet, eftersom det tillför ytterligare värden för välbefinnande och dessutom kan locka till sig insekter och sångfåglar som kan bidra med positiva ljud. Jag har också fokuserat på metoder som inte tar för stor fysisk plats varför gröna tak har fått en stor del

i uppsatsen, framför till exempel bullerreducerande effekter hos skogsbestånd som dock behandlas liksom jordvallar och bullerskärmar. Jag tror att man kommer att behöva kombinera dessa medel för att skapa en god ljudmiljö och eftersom varje plats är unik är det viktigt att ha en förståelse för hur man använder flera olika metoder för bullerreducering.

1.5 Disposition

Uppsatsen inleds med förklaring av vissa begrepp som läsaren behöver känna till för att kunna förstå uppsatsen. Dessa följs sedan av en introduktion till ljudlandskapet och hur man som landskapsarkitekt kan forma ljudupplevelsen av en plats. Detta för att läsaren skall få en större förståelse för hur komplex och subjektiv vår uppfattning av en plats är och hur viktigt det är att ljuden har en relevant förankring i platsen. I nästa kapitel förklaras hur ljud och hörsel fungerar samt vad buller är och vilka hälsoeffekter detta har. Kapitlet syftar till att ge en större förståelse för ljudutbredning men också för hur stor påverkan buller har på våra liv. I nästa del behandlas olika sätt att reducera ljudtrycksnivån i staden med hjälp av medel som kan kombineras med vegetation. Läsaren får på så sätt inblick i hur man kan förändra uppfattningen av ljudet och hur det sprids. Jag vill också belysa hur vegetationen kan tillföra mer än bara en absorption av ljud, nämligen ett tillskott av positiva naturrelaterade ljud. Den avslutande delen är en reflektion kring uppsatsens resultat och slutsatser jag har kunnat dra. Diskussionen avslutas med tankar om framtida forskning och möjligheter inom området.

1.6 Begrepp

I uppsatsen och dess källmaterial nämns ett antal begrepp som rör andra ämnen än de man vanligtvis träffar på inom landskapsarkitekturen. För att underlätta förståelsen och göra det lättare att ta till sig informationen, följer här en del av de centrala begrepp som kan kräva en förklaring.

Decibel (dB) är den logaritmiska skala (med basen 10) som används för att mäta ljudtryck och vars nollvärde är jämförbart med den minsta hörbara ton en människa kan uppfatta (Andersson, 1998, s. 33-34). Måttenheten är alltså inte en linjär skala utan uttrycker olika nivåers värde genom ett referensvärde (Ljudlandskap: Ljudbok - Decibel [online], 2011-04-24). En förändring på 10 dB ner eller upp i decibelskalan innebär att ljudet upplevs som en halvering respektive fördubbling av ljudet (Miljöförvaltningen Göteborgs Stad, 2008). En viskning ligger på ca 20 dB, dagligt tal utan för högt bakgrundsljud ligger på omkring 60 dB, personbilstrafik genererar i genomsnitt ca 70 dB och smärtgränsen ligger vid 120 dB, allt beroende på ljudets frekvens (Andersson, 1998, s. 35; Miljöförvaltningen Göteborgs Stad, 2008).

Akustisk impedans är det motstånd ett visst material har mot att fortplanta ljudvågor, hur svårt det är för ljudvågorna att röra sig genom mediet (Ljudlandskap: Ljudbok - Impedans [online], 2011-04-24).

Diffraction definieras enligt *Prismas nya uppslagsbok* (1993 s. 149) som "böjning av vågrörelse [...] vid passagen av en skarp kant el. en springa".

A-vägning (dBA) används för att man skall kunna redovisa ljudets styrka med en siffra istället för att ha en till varje frekvens

(Ljudlandskap: Ljudbok - A- och C-vägning[online], 2011-04-24). A-vägning innebär en förlust av information då man försvagar lågfrekventa ljud men samtidigt gör högfrekventa ljud starkare. Detta blir ett problem när man använder A-vägning vid t.ex. mätning av trafikbuller som till stor del består av lågfrekvent ljud. (Bullernätverket - Buller [online], 2011-04-24)

C-vägning (dBC) dämpar inte de lågfrekventa ljuden och används som komplettering till A-vägningen när lågfrekventa ljud dominerar eller vid mätning av korta starka ljud (Ljudlandskap: Ljudbok - A- och C-vägning[online], 2011-04-24).

Frekvens är ett mått på det antal repetitioner som en händelse åstadkommer under en angiven tidsperiod. Enheten kallas Hertz och förkortas Hz. En ljudvågs frekvens är det antal svängningar som kan uppmätas under en sekund, 1 Hz innebär alltså att en ljudvåg uppstår per sekund. Man brukar också tala om höga och låga frekvenser, vilka skiljer sig beroende på om man avser hela det hörbara ljudspektrumet eller ej. För trafikbuller som ofta håller sig mellan 50 Hz och 5000 Hz kan 2000 Hz vara gränsen för att kallas högfrekvent. Ser man till hela det hörbara spektrumet ligger den gränsen vid ca 10 000 Hz. (Ljudlandskap: Ljudbok – Frekvens, amplitud, våglängd [online], 2011-04-24)

Amplitud är det högsta ljudtrycket som en ljudvåg uppnår. När ljudvågen färdas från källan är det amplituden som dämpas, det sker ingen minskning i antalet svängningar per sekund. (Ljudlandskap: Ljudbok – Frekvens, amplitud, våglängd [online], 2011-04-24)

Ekvivalentnivån för buller är ett medelvärde av bullernivån över en viss tidsperiod (Ljudlandskap: Ljudbok – Ekvivalentnivå [online], 2011-04-24)

L_{DEN} (Level Day-Evening-Night) är ett mått som baseras på ekvivalentnivån av ljudet där man lägger till 5 dB på kvällsperioden och 10 dB på nattperioden eftersom människan vid dessa tidpunkter till högre grad störs av höga bullernivåer (Ljudlandskap: Ljudbok – L_{DEN} [online], 2011-04-24).

Relativ ljuddämpning är skillnaden mellan ljuddämpningen över avstånd på öppen mark och ljuddämpningen i ett trädbestånd. Medelvärdet av detta per 20 meter (dBA/20m) (Fang & Ling, 2003 s. 192) kallas i den här uppsatsen för medelreducering eller medeldämpning.

Akustisk design innebär att forma ljudmiljöer istället för att bara bekämpa buller (Hellström, 2010).

2. Ljudlandskap

Att dagens miljöer inte låter som de skall är tydligt, det finns flertalet rapporter som behandlar ljudets effekter på vår hälsa. Planeringen för dagens ljudmiljöer är dock begränsad till reglering av oönskade ljud från till exempel trafik och industrier, mindre fokus läggs på att faktiskt forma ljudmiljöerna till behagliga platser (Hellström, 2010). För att förbättra ljudmiljön så kan man förebygga eller bekämpa störande ljud, bevara och förstärka ljud som uppfattas som trevliga och använda sig av installationer av olika slag som tillför en önskad ljudupplevelse (Brown & Muhar, 2004 s. 828) Ljudlandskapet är inte enbart en fysisk eller social företeelse, det påverkar också vårt psyke och kan vara en estetisk tillgång om man identifierar platsens förutsättningar och potential (Hellström, 2001 s. 9). Ljuden som vi åstadkommer idag tar genom sin ökade ljudstyrka upp ett större område än de vi gav upphov till förut vilket gör att de inte längre isoleras på samma sätt av staket, väggar och vegetation, och därmed är risken större att vår privata sfär invaderas av främmande ljud (Schafer, 1994 s. 214).

R. Murray Schafer (1994 s. 3-10) som myntade begreppet *soundscape*, vilket anspelar på ordet *landscape*, ser allt som avger ljud som en del av en världsomspännande orkester, världen är ett musikstycke som vi alla skapar. Inom ljudlandskapet menar Schafer att man kan hitta olika ljud som av olika anledningar är viktiga i ett ljudlandskaps komposition. Han menar att alla ljudlandskap har en grundton, ett ljud vars närvaro inte alltid noteras men det definierar ljudlandskapets karaktär och utgör en stomme som platsens andra ljud uppfattas i förhållande till. Grundtonen skapas enligt Schafer av platsens geografi, klimat, flora och fauna. De ljud som vi medvetet lyssnar på kallar han för signaler. Eftersom vi väljer vad vi lyssnar på efter intresse, humör och förhållande till platsen kan alla ljud bli signaler när vi förflyttar vår uppmärksamhet till dem. De ljud som skapar en plats unika ljudbild och noteras eller uppskattas särskilt kallar Schafer för *soundmarks*, som anspelar på ordet *landmark*, på svenska: landmärke.

Schafer är inte den enda som grupperar in ljud efter dess funktion inom ljudlandskapet (Hellström, 2001 s. 2), vilket kan innebära att detta sätt att gruppera ljud, utan att lägga in positiva eller negativa värden, är ett värdefullt analys- och gestaltungsredskap för landskapsarkitekter.

Det som bestämmer vad som är ett bra eller dåligt ljudlandskap beror enligt Nilsson (2007 s. 5-6) väldigt lite på ljudens styrka och mer på vilka ljud det är som dominerar, därför är mätningar av ljudstyrkor inte tillförlitliga mått på ljudlandskapets kvalitet hävdar han. Nilsson kom genom intervjuer fram till att om naturljud, som betraktas som positiva, dominerade ljudbilden på en plats där ljudstyrkan var under 50 dBA dagtid så var sannolikheten stor att ljudlandskapet som helhet betraktades som positivt trots närvaron av trafik och maskinljud som upplevdes som negativa. Nilsson fann dock inga tecken på att ljuden maskerade varandras närvaro, varför han kom fram till att det är de dominantaste ljuden som i dessa fall styr uppfattningen om ljudlandskapets kvalitet.

De olika grupperingarna kan syfta till att göra det lättare att förstå ljudlandskapets komponenter och tydliggöra vilka ljud som definierar en plats. Ett ingrepp i ljudlandskapet som till exempel ändrar grundtonen skulle alltså

påverka platsens signaler och ett eventuellt *soundmark* och därmed förändra hela ljudbilden, inte bara stommen i kompositionen. Därför är det viktigt att förstå ljudmiljön på en plats, även om man inte aktivt försöker förändra ljudbilden, då denna kan förstöras även av till synes liten förändring.

Även om ljudet idag har en underlägsen roll i gestaltningen av platser gentemot visuella värden så har det inte alltid varit så menar Schafer (1994 s. 220, 250-251). Ett exempel är amfiteatrarna i antika grekland vars utformning gjorde att skådespelarnas röster kunde nå ut till tusentals människor. I Italien under renässansen uppfördes många även idag välkända trädgårdar där ljudmiljön var väl genomtänkt. De innehöll ofta inslag av vatten som genom olika strålar och material att landa på skapade en vattensymfoni. Populärt var också små visslor dolda i formarna av fåglar som spelades på genom att luft drevs ut genom dem av vattnets tryck. Det förekom även instrument som spelades av vinden. Eolsharpan, i princip en låda med strängar som vibrerar i vinden och frambringar ett nästan överjordiskt läte och vindspel gjorda av glas, bambu eller trä som framkallar ett ihåligt klappande eller klingande ljud. (Schafer 1994, s. 220, 250-251)

Ljudets betydelse för vår uppfattning borde åter uppmärksammas vid gestaltningen av utomhusmiljöer. Landskapsarkitekter borde redan i utbildningen få förståelse för alla våra sinnens starka kontakt med platser, och inte enbart uppehålla sig vid det visuella. Eftersom ljudet inte alltid tar hänsyn till den rumslighet som utgörs av visuella medel kan det skapa akustiskt monotona landskap. Ljudet borde alltså vara en lika viktig del som de visuella elementen i en design för att landskapsarkitekten skall kunna skapa den rumslighet som gestaltningen strävar efter.

3. Ljudet och hörseln

För att bättre kunna förstå och tillgodogöra sig följande kapitel följer här en redogörelse för hur våra öron fungerar och hur ljudet breder ut sig. Även buller och dess effekter på vår hälsa utreds. Detta gör att läsaren får en tillräcklig förståelse för ämnet för att själv kunna bedöma åtgärdernas legitimitet och användningsområden.

3.1 Örat

Det mänskliga örat består av ytteröra, hörselgång och sedan trumhinnan som separerar dessa från mellanöra och inneröra. Beroende på frekvens så höjs ljud som träffar örat med omkring 10 dB. I trumhinnan ombildas ljudet till vibrationer via de små benen hammaren, städet och stigbygeln som fortplantas till innerörat. Stigbygeln kan, om ljudet är för högt, dämpa det till en viss grad för att skydda hörselorganen i innerörat. Detta fungerar dock inte med plötsligt uppkomna ljud då stigbygeln har en reaktionstid på 0,2 sekunder. (Andersson, 1998 s. 41)

Örat hos en frisk människa kan uppfatta ljud mellan 20 och 20 000 Hz, men med åldern kan den övre gränsen förändras och ligga på en lägre frekvens. Människan har också lättare att uppfatta höga frekvenser och ljudet uppfattas då som starkare. (Andersson, 1998 s. 43-44; Boverket, 2000 s. 5)
Infraljud är de ljud som ligger under 20 Hz - dessa kan inte höras med örat men man kan känna av dem som vibrationer. Frekvenser över 20 000 Hz kallas ultraljud. (Miljöförvaltningen Göteborgs Stad, 2008)

3.2 Ljudets utbredning

Ljud är mekaniska svängningar från en ljudkälla som fortplantar sig i luft eller andra elastiska medium. Svängningarna kallas inte för ljud om det inte finns en mottagare. Ett ljud som utgörs av en blandning av lika starka toner kallas för brus. (Andersson, 1998 s. 11)

Ljud sprids enligt Andersson (1998 s. 13-14) på olika sätt till mottagaren - antingen direkt, efter att ha reflekterats från en yta eller som stomljud. Stomljudet är vibrationer från ljudkällan som förflyttas genom ett fast material, t. ex. en vägg, för att senare fortplantas på andra ställen där vibrationerna skapar nytt luftburet ljud (Andersson, 1998 s. 13-14). Vibrationerna fortplantas enligt Andersson (1998 s. 13-14) ofta långa sträckor vilket kan leda till problem långt från källan som följaktligen måste isoleras noggrant.

Direkt ljud är starkast närmast källan och avtar beräkningsmässigt med ca 6 dB vid varje fördubbling av avståndet. Om avståndet för att ljudet skall minska 6 dB är tio meter så är ljudnivån 12 dB 20 meter från källan. Så länge mottagaren befinner sig i källans direkta närhet är det denna spridning som dominerar framför stomljud och det reflekterade ljudet. (Andersson, 1998 s. 15)

När ett ljud reflekteras mot en yta blir en del till värmeenergi och en del reflekteras tillbaka. Om ytan som ljudet träffar är porös absorberas en större del av energin i ytan än vad som reflekteras tillbaka. Högfrekventa ljud absorberas lättast av en tunn yta och lågfrekventa av en tjock. (Andersson, 1998 s. 14)

3.4 Buller

Buller kan kortfattat beskrivas som oönskat ljud (Boverket, 2000, s. 7). Ljud uppfattas enligt Socialstyrelsen (2009 s. 164) olika av olika individer och därför kan buller uppfattas som mer eller mindre störande beroende på vem som hör det, eller av somliga kanske inte alls störande. Hur störande ljudet uppfattas beror också på miljön som det förekommer i och vid vilken tidpunkt det inträffar. Om det uppstår ljud som inte bedöms höra hemma till en viss miljö så är sannolikheten större att en stor del av mottagarna uppfattar det som störande (Socialstyrelsen, 2009 s. 164).

Människan är mer känslig för ljud vid vila då vi inte gör med saker som leder vår uppmärksamhet från bakgrundsljuden. Detta leder till att vi kan störas av ljud vid vila, som vi annars knappt hade noterat. (Boverket, 2000, s. 7)

Omkring 18 % av Sveriges befolkning bor nära och har fönster i sin bostad som vetter mot utsatta lägen som högt trafikerade farleder, järnväg eller större industrier. Mellan åren 1999 till 2007 har vägbullerstörningarna ökat med 40 % och sömnstörningarna från vägbuller har ökat med 31%. Lågfrekvent buller (mellan 20 Hz och 200 Hz) uppfattas som särskilt störande liksom byggbuller. (Socialstyrelsen, 2009 s. 164-165)

Vanliga källor till lågfrekvent buller är musik från angränsande bostäder och lokaler, ventilationsanläggningar och vägtrafik. Musik nämns som en källa till lågfrekvent ljud eftersom väggarna den färdas igenom ofta filtrerar bort det högfrekventa ljudet. Detta leder i sin tur till att ljudet som når mottagaren på andra sidan väggen ofta pågår med oregelbundna avbrott vilket kan uppfattas som störande. (Boverket, 2000, s. 9)

Trafikbuller från vägtrafik kommer från två olika källor i fordonet, från drivlinan och avgassystemet (de delar i fordonet som driver det framåt, till exempel motorn, kopplingen och drivaxeln) och från kontakten mellan däck och markbeläggning. Drivlinebuller ökar med hastigheten och då höjs också frekvensen på ljudet, även om det fortfarande betraktas som ett lågfrekvent ljud. Dessa buller dominerar hos tung trafik vid 50 km/h och hos lätt trafik vid 30 km/h. Över dessa hastigheter dominerar högfrekvent buller som bildas vid däckens kontakt med vägen, även om gränsen förskjuts uppåt vid kraftig acceleration. (Ljudlandskap: Ljudbok - Vägtrafik [online], 2011-04-20)

Trafikbuller behöver dock inte vara något oönskat, nära vägar ger ljuden från trafiken viktig information om omgivningen och så länge ljudet inte invaderar miljöer ämnade för stillhet, eller fortplantas in i byggnader så kan det till och med uppskattas (Hedfors, 2003 s. 29). Alla ljud i staden bör dock relateras till människan, och därför bör ljud som är högre än 80 dB, den ljudstyrka en människas röst kan frambringa, begränsas (Schafer, 1994 s. 206-207). Troligt är också att ljudnivåerna på många platser bör begränsas till en nivå som inte stör mänsklig kommunikation, oavsett om ljuden betraktas som oönskade eller ej.

Ett stort problem är att buller idag endast mäts i decibel. Decibelskalan mäter bara ljudens styrka och inte dess kvalitet och kan därför vara missvisande när man talar om goda ljudmiljöer (Hedfors 2003 s. 61). Därför är det lämpligt att man, när man jobbar med ljudmiljöer, lyssnar in vilka ljud som finns och identifierar deras värde och relevans på platsen.

3.4.1 Hälsoeffekter

Hörseln arbetar ständigt, även när vi sover. Denna oförmåga att stänga av ett av våra viktigaste sinnesintryck leder till en hel del hälsoproblem. Bland dessa kan nämnas försämrad hörsel, tinnitus som kan vara både tillfällig och permanent, bristande koncentrationsförmåga och försämrad inlärning samt ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar. (Socialstyrelsen, 2009s. 166-172)

Buller stör även sömnen till en hög grad. Enligt WHO (2009 s. 46-55) kan man redan vid 35 dB upptäcka en ökning av puls och antal rörelser även om inga hälsoeffekter kan bevisas. Ljudnivåer över 40 dB utomhus under natten orsakar störningar som ger sömnsvårigheter, och vid 55 dB så blir bullret ett hälsoproblem med bland annat en ökad risk för hjärt-kärlsjukdom och ångestkänslor (WHO, 2009 s. 46-55).

I Sverige rekommenderas en ekvivalent ljudnivå på 55 dB från trafikbuller utanför husfasad (Socialstyrelsen, 2009 s. 165). Detta leder till problem då de flesta människor enligt WHO (2009 s. 78, 99) vill sova med ett fönster öppet under natten. De som har fönster i ett bullerutsatt läge utsätts för skadliga bullervärden då ett fönster på glänt minskar den ljudisolerande effekt som väggen har med fönstret stängt (WHO, 2009 s. 78, 99).

Buller är alltså ett stort problem i samhället. Särskilt oroväckande är att de flesta rekommendationer för ljudnivån mäts i decibel och gäller inne i byggnader, även om en del gäller parker och rekreationsområden utanför tätorter (Socialstyrelsen, 2009s. 173-175). Kvaliteten på ljudmiljöerna som enligt Nilsson (2007 s. 5-6) inte kunde mätas i decibel bestäms alltså oberoende av uppfattningen om ljudens önskvärdhet och reduceras till en stum siffra. Det förefaller sannolikt att det finns en högre acceptans för positiva ljud varför åtgärder som grundar sig i mätningar av ljudens styrka kan skada existerande ljudmiljöer. Det är dock viktigt att komma ihåg att även låga ljudnivåer kan störa sömnen (WHO, 2009 s. 46-55) och ge koncentrationssvårigheter (Socialstyrelsen, 2009s. 166-172). Därför bör man i vissa fall även kunna betrakta positiva ljud som buller.

4. Att förbättra ljudmiljön

För att kunna skapa en bättre ljudmiljö behöver man på de flesta ställen dämpa buller som skapar enformighet i dagens ljudlandskap. Följande kapitel behandlar olika bullerreducerande element på stadens tak, väggar och golv. De kan dessutom bidra med källan till och relevans för positiva naturljud som fågelkvitter och vindens sus genom lövverket.

4.1 Akustisk design – att förena ljudmiljön och rummet

Målet med ljudlandskapet bör enligt flera forskare inte vara tystnad, utan närvaron av ljud som samspelar med sin omgivning, en reduktion av ljud i allmänhet skulle leda till en förlorad kontakt med landskapet (Schafer 1994, s. 220; Hellström, 2010). Ljud kan förstärka en plats förmedlade intryck och de hjälper oss, tillsammans med känsel, luktsinne och syn, att orientera oss i landskapet (Cerwén, 2010 s. 4).

En förutsättning för att ljud ska kunna framträda i sin naturliga miljö är att man på olika sätt motverkar de för platsen onaturliga ljuden. Ett exempel på ett vanligt förekommande onaturligt ljud är trafikbuller. Det färdas långa sträckor från sin naturliga miljö vägen och stör andra ljudmiljöer såsom parker. (Cerwén, 2010 s. 4)

Ljud studeras inom flera yrkesgrupper såsom akustiker, musiker och miljöpsykologer. De förstnämnda har ingen kontakt med landskapsarkitekturen medans miljöpsykologin berör känslöförmålor i landskapet. Därför är det viktigt att landskapsarkitekter skaffar sig kunskap inom yrkenas områden så att de kan skapa en god utemiljö där de biologiska, fysiska sociala och estetiska faktorerna samverkar. (Hedfors, 2003 s.11-15)

Utformningen av ljudmiljön måste enligt Per Hedfors (2003 s. 16-23) påbörjas tidigt i planeringen av en plats eller en miljö så att brukare och beställare förstår även ljudets roll och kan känna sig bekväma med förslaget. Eftersom landskapsarkitekter oftast kommunicerar via bilder och andra visuella medel hävdar Hedfors att det behövs ett sätt att även förstå ljudmiljön. Detta menar han kan uppnås genom beskrivande text eller med olika transparenta lager av en plats som beskriver olika aspekter i miljön de visar. Vidare menar Hedfors att också digitala verktyg kan användas för att redogöra för ljudens utbredning och funktion på platsen, viktigt är dock att den valda metoden kan representera flera sinnesupplevelser.

I takt med att den digitala tekniken blir bättre ökar möjligheterna för landskapsarkitekter att arbeta med ljud och förmedla dem i sina förslag. Även om man kan visa ljudets utbredning rent visuellt är det alltid svårt att förmedla ljudets funktion och påverkan i platsens ljudrum. Kanske krävs det att man med hjälp av ljudupptagningar från området förmedlar den befintliga situationen och försöker lägga på de önskade förändringarna ovanpå den upplevelsen. Man skulle också kunna skapa digitala "ljudpromenader" i området, antingen i en modell eller med hörlurar likt guidningen som finns på vissa museer.

När man designar ljudlandskapen i till exempel en stad måste man enligt Hedfors (2003 s. 59-61) framförallt se till att det skapas variation. Stillsamma ljudlandskap är eftertraktat särskilt sådana som inbegriper många naturljud,

men i en stadskärna kan detta vara svårt att uppnå och därför bör ljudlandskapen få olika identiteter hävdar Hedfors. Han menar att man kan förhöja upplevelsen av staden genom ljud som skapar mystik, trygghet, stillhet eller en familjär känsla. Ljudmiljöer i staden bör enligt Hedfors designas så att de kontrasterar mot sin omgivning och de bör inte ses som isolerade öar utan det är att föredra om de kan sammankopplas med varandra. Störande eller högljudda aktiviteter skall helst inte finnas i direkt kontakt med miljöerna, menar Per Hedfors vidare, men total tystnad behöver inte eftersträvas och det är inte heller möjligt, eftersom ju tystare en miljö är desto bättre uppfattar vi ljuden omkring oss.

Som nämnts ovan är naturljud särskilt eftertraktade. De har dessutom visats sig att dessa ljud gör att återhämtningstiden efter stressade situationer minskar (Alvarsson et al, 2010 s. 1044). För att man skall kunna uppskatta naturljud och särskilt de subtila växlingarna som årstid och väder kan innebära i dessa miljöer krävs en generell sänkning av ljudnivåerna i staden (Schafer, 1994 s. 229-230), ljud som fågelkvitter maskerar nämligen inte ljuden från maskiner och trafik (Nilsson, 2007 s.4).

Precis som arkitekter relaterar omgivningen efter kroppens mått bör ljudlandskapet relateras efter människans röst och hörsel. Detta innebär till exempel att ljud inte bör vara högre än vad en mänsklig röst kan producera. (Schafer, 1994 s. 206-207)

Att ljudet även relaterar till platsen är också viktigt, ett ljud som är en kvalitet på en plats behöver enligt Hellström (1999 s.6) inte ha samma effekt på en annan. Att höra ljuden av vatten kan till exempel vara irriterande om man inte kan se eller finna det troligt att det finns vatten i närheten. Samma sak gäller för trafikljud om det är ett dominerande inslag i en park eller ett grönområde som är menat för stillsam kontemplation (Hellström, 1999 s. 6). Eftersom ljud påverkas av sin omgivnings topografi innebär detta att ett ljud som tas från sin naturliga omgivning och förs in i en annan kanske inte behåller sin kvalitet (Hellström, 2001 s. 5).

En rad olika saker kan bidra till platsens ljudmiljö, och interaktion med platsen frambringar ofta ljud som är karakteristiska för en plats. Det kan vara ljudet av fotsteg mot marken, resonansen av röster i en gångtunnel eller de olika droppande läten som regn ger upphov till på olika ytor. (Hedfors, 2003 s. 10-11)

Denna vetenskap ger landskapsarkitekten fantastiska möjligheter att, om hänsyn tas till skapelsens hela väsen, skapa ett djup i upplevelsen som man kanske inte uppnår om man fokuserar på det visuella.

Människan har historiskt sett föredragit att bosätta sig vid vattendrag, sjöar och hav. Det är viktigt att bevara dessa historiska källor till välljud och människorna som bor nära respektive ljudkälla tenderar också att föredra dess speciella läte. Vattnet berättar om platsens topografi, vad det är för årstid och väder. Det kan användas genom öppna dagvattensystem, befintliga eller rekonstruerade vattendrag och fontäner och liknande installationer. Starkt brusande fontäner och vattendrag kan användas för att maskera trafikbuller eller avleda uppmärksamheten från det. Detta leder visserligen till en höjning av det totala ljudtrycket med ca 3 dB, men eftersom de störande ljuden från trafiken döljs blir den totala ljudupplevelsen bättre. (Hedfors, 2003 s. 63)

Vatten låter olika beroende vilket material det träffar, och kan i kombination med resonanslådor under en markyta skapa en konsert med hjälp av regn och hagel (Shafer, 1994 s. 249). I Japan är det vanligt med *Suikinkutsu*, vilket är en nedgrävd keramikruka som avger ett oregelbundet klingande ljud när vatten droppar ner i den (Cerwén. 2010 s. 10). Det finns också en konstruktion som består av ett bamburör på en ställning, *shishi odoshi*. Röret fylls med vatten och vippar ned mot en behållare av till exempel sten och tömmer med ett "klonk" sitt innehåll för att sedan falla tillbaka och återigen fyllas med vatten (Ljudplanering – Vattenkonst [online], 2011-05-05). Vatten har ett starkt symboliskt värde. Det förknippas med livet, förnyelse och evigheten (Schafer, 1994 s.169).

Vinden kan användas till att spela på olika instrument i staden som den tidigare nämnda Eolsharpan och vindspel. Vinden kan också användas till att spela på orgelliknande konstruktioner som skulpturen *Singing Ringing Tree* i Lancashire, England där vinden blåser genom piporna som genererar olika toner beroende på utformning och placering. (Ljudplanering – Projekt [online], 2011-05-05). Vinden påverkas ofta av topografin och blåser starkare på en öppen plats. Ljuden när den sveper genom träd och buskage varierar också beroende på vilka arter och vilken årstid det är (Hedfors, 2003 s. 45).

Genom att medvetet skapa habitat som lockar till sig olika djurarter kan man också ta del av de ljud som deras vanor frambringar. Fåglar förknippas ofta med sitt habitat och man kan med hjälp av detta sammankoppla en annan miljö med fågelhabitat genom att använda dess sång. Resten av djurvärlden har också läten som framkallar starka känslor som till exempel vargens ylande, och en katts spinnande. Även insekter bidrar med olika surrande ljud (Cerwén, 2009 s. 68-71).



Bild 1. Gångtunnlar skapar speciella ljudmiljöer som kan inspirera till användning av hårgjorda ytor för att skapa olika sorters ljudlandskap. (Foto: Josefin Henriksson 2011-05-08)

Genom att använda sig av olika material kan man med hjälp av deras egenresonans och ljudreflekterande egenskaper få varierande ljudupplevelser (Arlinger et al, 2006 s. 15). Makadam och kross låter olika beroende på fraktion och smala gränder kan både förstärka och stänga ute ljud (Ljudplanering – Referensljud [online], 2011-05-05). Schafer (1994 s. 205) föreslår att man ser till musiken när man komponerar ljudlandskap. Han menar att man på samma sätt som i musik kan snabba på, sakta in och skapa olika effekter med naturens ljud precis som med instrumenten i ett musikstycke.

Ett flertal tankar väcks när man fördjupar sig i information kring akustisk design. Eftersom stillhet och naturljud förefaller vara så tilldragande blir det omöjligt att skapa attraktiva ljudmiljöer om man inte först på något sätt bekämpar de ljud som uppfattas som störande. Därför är bullerbekämpning och design av ljudmiljön tätt sammanvävt och något som landskapsarkitekter måste vara medvetna om. Att tillföra en ljudinstallation till exempel, kan om man inte studerar den utvalda platsen i förväg resultera i en försämring av ljudmiljön. Den kan också dränkas i påfrestande bakgrundsljud om man inte först vidtar åtgärder för att undvika detta.

Viktigt är också att vara medveten om betydelsen av att skapa varierade ljudmiljöer precis som man arbetar för att skapa olika visuella intryck. För att lyckas med detta krävs en medvetenhet om de intryck som ljud förmedlar. Människans uppfattning om ljud är förstas subjektiv, men landskapsarkitekter kan vara lyhörda på platser som är attraktiva och föra in ljuden som förekommer där i en personlig referensbank

4.2 Gröna tak – För en god ljudmiljö på marken

I följande kapitel redogörs för ett antal informativa studier i hur gröna tak kan reducera ljudets spridning över byggnader. Även uppbyggnaden och historiken behandlas då gröna tak har en historia som går långt tillbaka i tiden och uppbyggnaden skiljer sig beroende på den funktion taket är menat att ha.

4.2.1 Uppbyggnad och användning

Gröna tak kan delas in i tre kategorier: Extensiva, semi-extensiva och intensiva. De förstnämnda kräver mindre substrat, utgörs ofta av vegetation av sedum-typ och kräver mindre underhåll. De är inte heller avsedda att vistas på även om möjligheten ibland ges. De semi-extensiva kan kräva något mer underhåll och har en större mängd substrat som gör att man kan plantera en större variation av växter. Intensiva gröna tak påminner snarare om en takträdgård och kräver mer underhåll. De är dock fortfarande huvudsakligen menade att betraktas snarare än att vistas i. Mängden substrat är större än i de semi-extensiva, vilket ger ytterligare valmöjligheter för plantering (Dunnett & Kingsbury, 2004 s. 10-15)

Extensiva och intensiva gröna tak har liknande uppbyggnad, även om de intensiva taken kräver starkare konstruktion på grund av den tyngd den ökade mängden substrat medför. Under substratet finns ett vattenhållande material, vilket dock kan uteslutas för extensiva tak beroende på vilken vegetation som önskas. Under detta finns i båda fallen ett dräneringslager, sedan ett

rotskyddslager för att skydda den underliggande konstruktionen. (VegTech, 2010 s. 34-37, 57)



Bild 2. Extensivt grönt tak av Sedum-typ. (Foto: Josefin Henriksson 2011-05-08)

4.2.2 Historik

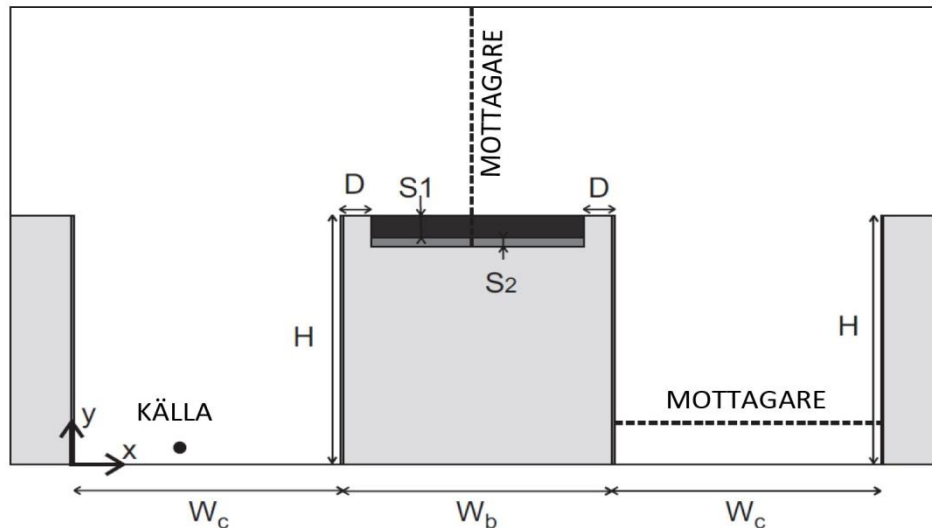
Användningen av takträdgårdar och gröna väggar uppstod redan i antikens civilisationer där de huvudsakligen hade ett dekorativt syfte (Dunnett & Kingsbury, 2004 s. 9). Ett välkänt exempel på en sådan trädgård är de mytomspunna hängande trädgårdarna i Babylon som räknas till ett av världens sju underverk (Oberndorfer et al, 2007 s. 824).

Det var först med modern byggteknik, och då särskilt betongens återupptäckt på 1800-talet, som takträdgårdarna fick en mer allmän spridning. Fortfarande handlade det om trädgårdar som i stort sett hade samma funktion som de på marken. Arkitekten Le Corbusier var den första som på 1920-talet gjorde takträdgårdar till ett återkommande inslag i sina verk. Dessa takträdgårdar var dock inget som allmänheten hade tillgång till då det endast var de mer välbärgade som hade råd med dem. Ett av få undantag som dessutom finns kvar än idag, är den trädgård som Le Corbusier anlade ovanpå taket på Derry & Toms Departmentstore i London.

I vissa delar av världen som till exempel Sverige finns en helt annan tradition av gröna tak. Dessa tak bestod traditionellt av material som gräs och torv och konstruktionen liknade den som finns idag på extensiva gröna tak. Den här traditionen försvann dock nästan helt i och med introduceringen av moderna byggnadsmaterial. (Dunnett & Kingsbury, 2004 s. 9-13)

4.2.3 Bullerreducering

Det finns inte många studier som behandlar effekten av extensiva och intensiva gröna tak på höga bullernivåer, Van Renterghem och Botteldooren har dock genomfört flera studier på ämnet. 2008 publicerades artikeln *Numerical Evaluation of Sound Propagating over Green Roofs*, där författarna har beräknat ljudets utbredning över gröna tak vid neutrala klimatförhållanden och med släta fasader. Beräkningen avser en så kallad *Urban Street Canyon*, en gatukanjon, vilket innebär en likformig gata kantad av relativt höga byggnader på båda sidor, se figur 1.



Figur 1. Ljudets sprids från källan över till mottagarna på taket och på andra sidan byggnaden. Reflektioner från de andra byggnaderna ökar ljudstyrkan i kanjonerna. (Ur: Van Renterghem & Botteldooren, 2008 s. 783, tillstånd av förlaget 2011-05-12)

I studien bortser Van Renterghem och Botteldooren från vegetationen och räknar bara på substratet eftersom vegetationen påverkar höga frekvenser som redan till stor del stoppas av byggnaden. Byggnadernas påverkan har även bekräftats i andra studier, se till exempel Hongseok Yang et al, (2010 s. 10).

Studien beräknar ljudets spridning från en gatukanjon, över en byggnad med gröna tak, till gatunivån på motstående sida (Botteldooren & Van Renterghem, 2008). Den motstående sidan kallas i fortsättningen för den *tysta sidan*.

Van Renterghem och Botteldooren fann i beräkningarna för intensiva gröna tak med 10 cm grus under 40 cm jord att de hade en mycket begränsad inverkan på de lägre frekvensbanden. Detta ansåg de berodde på att den akustiska impedansen för jorden som används på intensiva gröna tak är hög i relation till ett konventionellt tak. Vid mellanfrekvensbanden noterades dock ett lägre ljudtryck på den tysta sidan: skillnaden är enligt författarna 7 dB och effekten är likartad över hela kanjonen. Författarna gjorde också en beräkning för hur gröna tak dämpade ljuden för en fristående byggnad av samma mått och fann att ljuddämpningen ökade med 2-3 dB till 9-10 dB totalt, vilket dock avfärdades som ett resultat av avsaknaden på reflekterade ljudvågor från de

andra byggnaderna. Författarna menar därför att gröna tak gör sig bäst som ett ljuddämpande element i täta städer där en stor del av ljudvågorna reflekteras. Byggnadshöjden hade enligt författarna bara en knapp inverkan på resultatet. Angående substratets tjocklek fann Van Renterghem och Botteldooren att dess ljuddämpande effekt mättes vid 20 cm djup.

När författarna undersökte effekten för extensiva gröna tak fann de att tunna substratlager, i detta fall lerpellets, hade störst dämpningseffekt på höga frekvenser. För låga frekvenser sker en dämpning enligt författarna först vid en substratmängd på 15 - 30 cm. 50 cm visade sig vara optimalt men effekten var inte särskilt betydelsefull. För 1000 Hz, en av de högre frekvenser som undersökts, visade det sig att 10 cm substrat gav en dämpning på nära 10 dB vilket var det bästa resultatet i studien. Författarna anser att 15-20 cm substratdjup är ett bra medelvärde för extensiva gröna tak, dock kan större djup vara värdefullt när man vill dämpa ljudets fortplantning in i huset. Författarna avslutar artikeln med att påpeka att trots att extensiva gröna tak hade bättre resultat så är även intensiva gröna tak intressanta ljuddämpande element för en tät stad, särskilt vid högfrekventa ljud.

Man kan ifrågasätta hur den här teoretiska studien motsvarar verkligheten. Det är sällan man ser en situation som ser ut helt som i beräkningarna och det kan vara väl värt att minnas att varje situation är unik. Studien är likväl intressant ur stadsplaneringssynpunkt då tysta sidor har stor betydelse för människans hälsa, och det är inte omöjligt att gröna tak kommer att spela en viktig roll för ljudklimatet i framtiden.

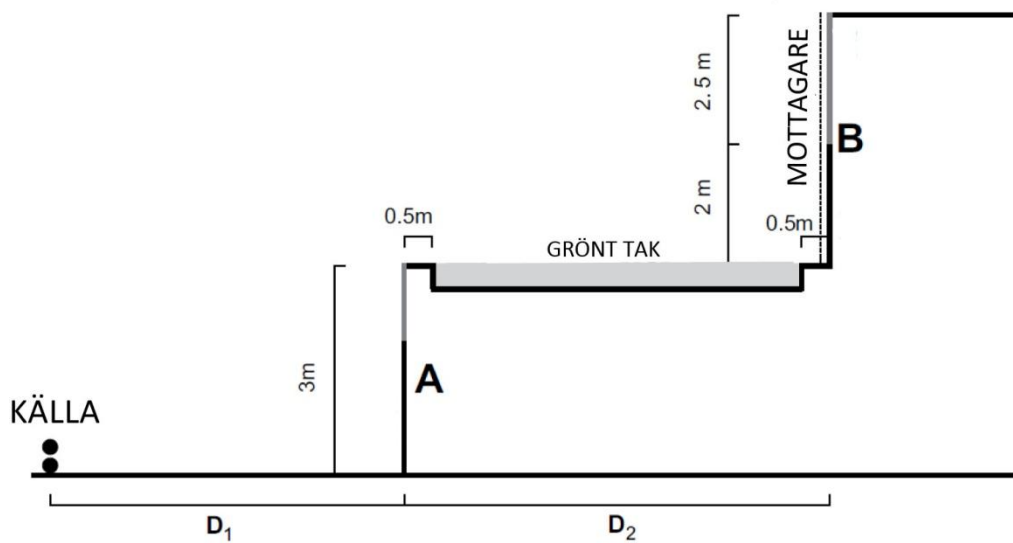
2009 publicerade Van Renterghem och Botteldooren en liknande numerisk studie som publicerades med namnet *Reducing the Acoustic Façade Load from Road Traffic with Green Roofs*. Då undersöktes ljudnivåerna vid fasaderna i två olika scenarion. I scenario 1 gällde det en byggnad med en terrass som bestod av ett extensivt grönt tak med en vägg bakom denna, se figur 2, och i scenario 2 en situation lik den i studien från 2007 men med vinkeltak på byggnaderna, se figur 3. Båda scenarion hade en ljudkälla i marknivå och mottagare längs byggnadsfasaden och ljudtrycket mättes med A-vägning. Både intensiva och extensiva gröna tak undersöktes med varierande substratdjup, författarna undersökte också effekten av både tunga och lätta fordon.

I scenario 1 visade det sig att det gröna takets storlek hade betydelse för ljudtrycksnivån vid fasaden. Författarna ansåg att detta berodde på att vissa delar av fasaden var synlig från källan på marken vilket innebär att det direkta ljudet dominerar framför det reflekterade. När längden på det gröna taket utökades så att källan inte var synlig från den bortre fasaden så var ljuddämpningen märkbart större, ca 5 dBA, vilket ansågs bero på minskning av det direkta ljudet och en ökad interaktion mellan substratet och ljudvågorna.

Denna slutsats kan dock diskuteras eftersom det inte går att avläsa hur stor del av den ökade ljuddämpningen som kan tillskrivas det gröna taket snarare än byggnadens ökade volym.

Författarna upptäckte även i studien att dämpningen för lätta fordon ökade med fordonets hastighet, vilket ansågs bero på att ljudet från lätta fordon i hög hastighet till stor del består av högfrekventa ljud, som gröna tak tidigare visat sig effektivast mot. Som mest ökade ljuddämpningen i relation till hastigheten med 4 dBA och effekten mättes av vid hastigheter över 100 km i timmen. För

tunga fordon var sambandet mellan hastigheten och ljuddämpningen inte lika starkt vilket härleddes till att tung trafik genererar mer lågfrekvent ljud.

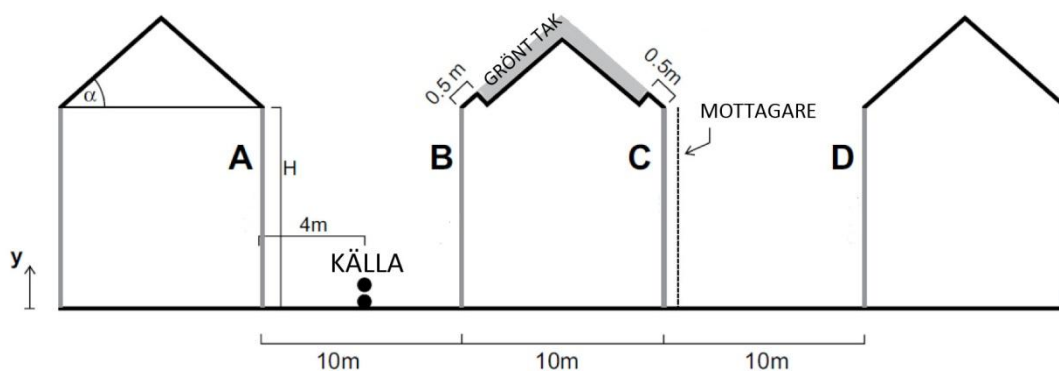


Figur 2. Ljudets styrka mättes ett par centimeter från väggen. Höjden var konstant, men bredden på det gröna taket var i beräkningarna antingen fem eller tio meter. (Ur: Van Renterghem & Botteldooren, 2009 s. 1083, tillstånd av förlaget 2011-05-12)

När man undersökte det gröna taket med mindre area i scenario 1 så gav substratdjupet bara marginella skillnader i effekt med 0,5-1 dBA mellan de tunna och de djupa lagren, för alternativet med större area var det däremot enligt författarna av betydelse. För tung trafik ansåg författarna då att 20 cm substratdjup var bäst för tunga fordon och 5 cm var bäst för lätta fordon. Även här är det viktigt att minnas att studien inte på något sätt beskriver en existerande situation och att vägar ofta består av olika sorters fordon i olika hastighet.

I scenario 2, där Van Renterghem och Botteldooren räknade med tre likvärdiga byggnader, låg ljudkällan i en gatukanjon och mottagarna satt på fasaden på det mittersta husets baksida. Byggnaden i sig dämpar en stor del av ljudvågorna men ljudtrycksnivån är ändå stor anser författarna och menar att det beror på ett stort antal reflektioner i kanjonerna. I detta scenario hävdar författarna att en stor del av dämpningen sker genom diffraktion vilket de senare påpekar är mindre effektivt för tunga fordon då dämpning till följd av diffraktion fungerar bäst vid höga frekvenser och tunga fordon till stor del genererar lågfrekvent ljud.

I studien har författarna räknat på en situation som involverar vinklade tak vilka enligt Van Renterghem och Botteldooren genererar en högre ljudtrycksnivå än platta tak. I studien visade det sig att 45 graders lutning följt av 15 graders lutning på taken var de bästa alternativen efter platta tak. Något författarna inte har räknat på är det faktum att gröna tak på sluttande ytor kan kräva en ribbliknande struktur. Det har visats i studier (Hongseok Yang et al, 2010 s. 8) att även akustiskt hårda material som bryter upp ljudvågornas väg över ett annars platt tak skapar en ökad ljudtrycksdämpning.



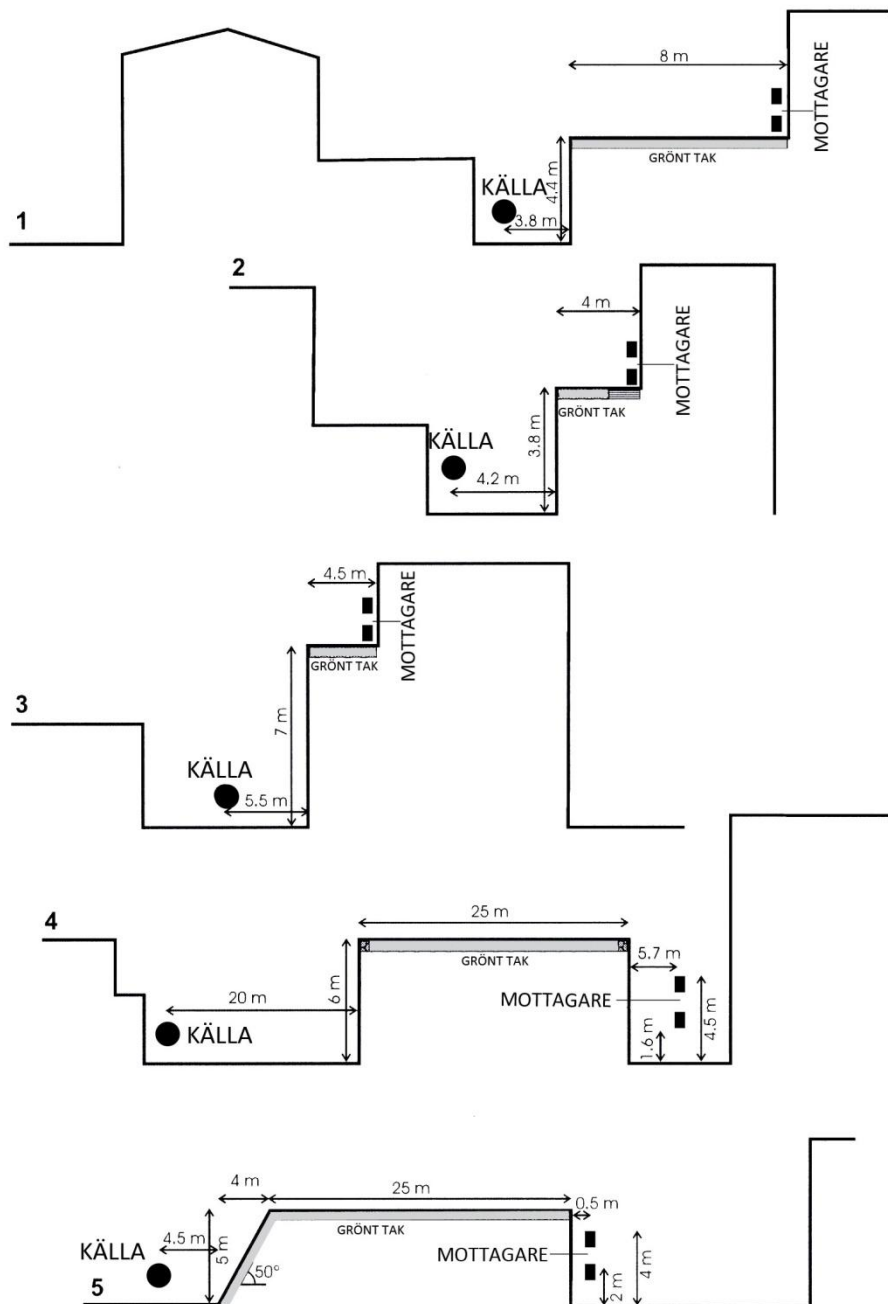
Figur 3. Vinklade tak försämrar byggnadernas förmåga att dämpa ljudet från en sida till en annan. Gröna tak kan i vissa fall hindra den effekten och även sänka ljudstyrkan ytterligare. (Ur: Van Renterghem & Botteldooren, 2009 s. 1083, tillstånd av förlaget 2011-05-12)

Van Renterghem och Botteldooren visar i sin studie att gröna tak har stor påverkan på ljudtrycksnivåerna vid fasaden med mottagarna. Skillnaden gentemot konventionella takbeläggningar är större för de vinklade taken, även om ljudnivån fortfarande inte kan bli så låg som för de platta taken. Detta beror enligt författarna på att vinklade tak leder till högre ljudtrycksnivåer generellt sett. För ett 30 grader vinklat tak med 20 cm substrat uppmättes i studien en skillnad på nära 8 dBA gentemot ett konventionellt tak. Författarna drar slutsatsen att gröna tak i stort sett endast är effektiva på fasader som inte exponeras för direkt ljud. Det gröna takets storlek är också av betydelse då det ger en större yta för ljudvågorna att interagera med. Vidare anser författarna att gröna tak är särskilt effektivt på vinklade tak då dessa annars leder till höga ljudtrycksnivåer, särskilt på tysta sidor. Ett grönt tak kan enligt författarna motverka dessa höga nivåer och närma sig samma effekt som ett platt, extensivt grönt tak hade haft.

2011 publicerade Van Renterghem och Botteldooren artikeln *In-Situ Measurements of Sound Propagating over Extensive Green Roofs*, i vilken ljudvågornas fortplantning över fem olika byggnader både före och efter anläggandet av extensiva gröna tak studerades, se figur 4. Studien utfördes vid liknande väderleksförhållanden och när substraten var helt torra. De studerade fallen monterades enligt författarna på hus som var mellan 2,5-15 meter höga med substratdjup som varierade mellan 3- 18 cm mellan taken.

Enligt Van Renterghem och Botteldooren uppnådde de gröna taken, som alla hade olika storlek och form, bara en önskad effekt där endast diffrakterade ljudvågor träffade mottagarna. Alltså var de gröna taken, likt i de numeriska beräkningarna som diskuterats ovan, bara effektiva då inga direkta ljudvågor kunde nå mottagaren. I fallstudie nr 3 uppmättes 10 dB sänkning av ljudtrycksnivån vid en mottagare placerad på en byggnad med ett 4,5 meter långt grönt tak, vilken författarna såg som ett resultat av ett tjockare lager substrat på detta tak.

För de fall där ljudvågorna utsattes för dubbel diffraction var effekten enligt författarna mindre frekvensberoende än för de fall där mottagarna befanns sig på taken vid en vägg och ljudvågorna följaktligen bara utsattes för en diffraction. Fallstudierna visade också att de gröna taken med tunt lager



Figur 4. Fem olika nyanlagda gröna tak undersöktes. I de fall där det inte fanns en rak väg för ljudet från källan till mottagaren var de gröna taken effektivare. (Ur: Van Renterghem & Botteldooren, 2011 s. 733, tillstånd av förlaget 2011-05-12)

substrat var effektivare mot höga frekvenser och tjockare lager hade större effekt vid lågfrekvent ljud. Avslutningsvis påpekar författarna att alla mätningarna utfördes i torrt tillstånd. Detta är enligt författarna det optimala ur ljuddämpningshänsyn och därför kan effekten minska vid fuktigare väderlek då substratet vattenupptagning gör det mindre poröst och därför mindre effektivt.

Forskningen om gröna tak som bullerreducering är relativt ny och därför är fler studier som behandlar effekten före och efter anläggning önskvärda för att klarlägga deras effekt. Gröna tak kan sannolikt byggas upp som habitat för fåglar, som kan bidra med sin skönsång över husen. Vatten som samlas upp i de gröna takens anläggningar kan användas i gestaltningen av den visuella och akustiska miljön genom dammar *shishi odoshi* eller andra vatteninstallationer. Eftersom ett vattenmättat substratlager tros ha sämre ljudabsorberande förmåga kan det också tänkas att man istället för att kompromissa fram en lösning som fungerar både ljuddämpande och vattenhållande försöker utveckla andra sätt att tillförse växternas vattenbehov.

4.3 Ljuddämpning i markplan

4.3.1 Skogs och trädbestånd

Vid till exempel större vägar eller andra områden med hög ljudnivå kan det vara intressant att försöka minska bullrets spridning med hjälp av vegetation. Det har länge forskats på om detta är möjligt, med vilket material och under vilka förhållanden (Bucur, 2006). Det är svårt att få ett slutgiltigt och enhälligt svar på huruvida det faktiskt går. Det finns många variabler att räkna med och kalkyleringar kanske bara fungerar i teorin, och fältstudier är platsbundna och rör endast det analyserade beståndet. De allra flesta studier visar dock att mark, stam, grenar, och lövverk alla påverkar den akustiska miljön och kan dämpa ljud genom absorption och reflektion (Bucur, 2006 s. 109).

Ljuddämpning bakom trädbestånd beror enligt Bucur (2006 s. 44) i första hand på spridning och absorption från individuella träd och i andra hand på antalet träd per kvadratmeter. En studie gjord i Taiwan visar dock att densiteten kan ha en stor betydelse för ett trädbestånds ljuddämpande egenskaper (Fang & Ling, 2003).

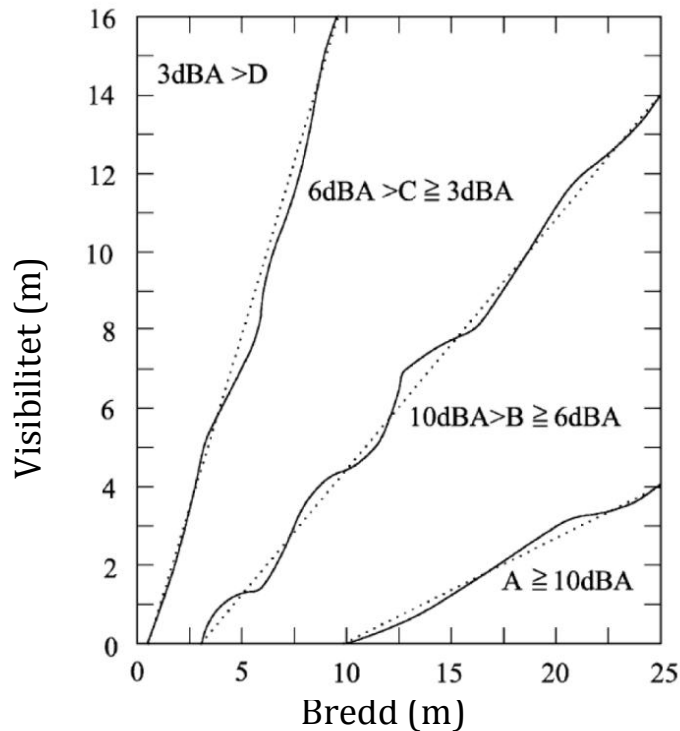
Studien genomfördes över 35 städsegröna trädbestånd under liknande klimatförhållanden och med en kontrollmätning en till fem veckor efter första mätningen. I varje bestånd noterades artsammansättning och densitet. Densiteten mättes först genom att mäta visibiliteten i bestånden genom att mäta det avstånd som krävdes för att helt dölja en person i forskarteamet bland vegetationen. Samma sak mättes senare med hjälp av hur långt ljuset från en spotlight nådde in i beståndet. Skillnaden var ca 0.5 meter och forskarna bedömde att medelvärdet av metoderna gav en tillförlitlig bedömning av densiteten. Ljudnivån mättes fem meter in och därefter var femte meter upp till 50 meter. (Fang & Ling, 2003 s. 187-192)



Bild 4. Ett väldigt tätt träd- och buskbestånd kan vara en effektiv ljuddämpare. (Foto: Josefin Henriksson 2011-05-08)

Efter mätningarna kunde forskarna dela upp bestånden i tre grupper baserade på deras effektivitet. Grupp ett bestod av trädbestånd där visibiliteten var mindre än 5 meter och medelreduceringen/20 meter var över 6 dBA. I grupp två var visibiliteten större, 6-9 meter och medelreduceringen/20 meter låg på 3- 6 dBA. I grupp tre var visibiliteten över 20 meter och medelreduceringen var lägre än 3 dBA/20 meter. Reduceringen gällde för ljuddämpningen som träden orsakade, och var alltså skillnaden mellan ljuddämpningen mellan öppen mark och trädbestånden. (Fang & Ling, 2003 s. 192)

De så olika resultaten berodde i studien på visibiliteten. Grupp ett bestod av ett tätt lövverk som befann sig på samma höjd som mottagaren (1.20m). Ett tätt lövverk som var på samma höjd och högre än mottagaren var viktigt för att trädbestånden skulle ha effekt på ljudets spridning. I grupp två var lövverket inte tätt men det skedde ändå en ljuddämpning. Grupp två visade att buskar och träd med låg förgrening påverkade ljudets spridning. I Grupp tre kunde man endast finna väldigt låg ljuddämpningseffekt vilket ansågs bero på avsaknaden av lågt förgrenade träd och buskar. Näst efter visibiliteten var vidd det som påverkade resultatet mest. Mest effektivt tycks vara att plantera bestånd med både träd och buskar då man kan få största effekten av diffraktion, absorption, skingring från buskarnas täta lövverk och trädens höjd. Enligt studien kan en medelreducering på 6 dBA uppnås av till exempel ett träd och buskparti med fem meters bredd och en meters visibilitet eller en bredd på 18 meter och en visibilitet på 10 meter, se figur 5. (Fang & Ling 2003 s. 193)



Figur 5. Visibiliteten och vidden i relation till den relativa ljuddämpningen. (Ur: Fang & Ling, 2003 s. 193, tillstånd av förlaget 2011-05-12)

Enligt Bucur (2006 s. 54) skulle en blandning av barr- och lövväxter vara optimalt vilket i så fall skulle innebära att resultaten som uppmättes i Taiwan kan förbättras. Skogspartiet kan också om det har öppna fält vinkelrät mot ljudkällans riktning sänka ljudnivån med ytterligare 1-2 dB per fält (Andersson, 1998 s. 124). Bucur (2004) menar att skillnaden i barren och lövens storlek tillsammans ger en bättre effekt. Ju större objekt som träffas av ljudvågor desto lägre är frekvensen som reflekteras tillbaka vilket innebär att det i huvudsak blir höga frekvenser som skingras i trädbestånd (Bucur, 2006 s. 54).

Trädbestånd behöver alltså ha en låg visibilitet för att vara tillräckligt effektiva. De bör också vara ganska breda vilket kan ses som en nackdel i en stad där platsbrist är ett problem. De har dock möjligheten att erbjuda flertalet funktioner, man kan till exempel om de kantar vägar anlägga cykel och gångstigar där, liksom löpslingor. Detta skulle underlätta för de övriga trafikslagen då de åtskilda från bilen får en säkrare, snabbare och trevligare väg. Dessutom skulle de till skillnad från bullervallar och plank inte skapa barriärer som människor och djur har svårt att ta sig över.

4.3.2 Mark och avstånd

Är marken mjuk kan marken dämpa låga frekvenser, men om den är hård kan den också öka lokalt, det är dock vanligare att marken i ett skogsbestånd är akustiskt mjuk (Bucur, 2006 s. 44).

När ljud fortplantas över en plan yta så reflekterar vissa ljudvågor mot denna innan de når mottagaren. Detta gör att de reflekterade ljudvågornas väg till källan blir längre och därför blir ljudtrycksnivån lägre när det kommer fram.

Är ytan porös interagerar ljudvågorna längre och därför blir ljuddämpningen ännu större. (Aylor, 1972 s. 203)

Porös jord, som vanlig växtjord är bra på att dämpa lägre frekvenser. Mindre porös jord är något sämre, omkring 10 dB lägre dämpning på 50 meter, men är ändå bättre än hårdgjorda ytor. Om jorden är vattenfylld blir, precis som hos gröna tak, ljuddämpningen sämre än om den är torr. Barr eller löv som nyligen fallit från träden och inte börjat brytas ner har ringa påverkan på markens ljuddämpning. (Aylor, 1972 s. 204)

Samma system som används på gröna tak kan även användas på marken (Dunnett och Kingsbury, 2004 s. 182-183). En fördel jämfört med gräs som också är användbart är att gröna tak-systemen behöver mindre material att växa i. Som tidigare nämnt är det ju dessutom resistent mot torka och de extensiva systemen har en avsevärd ljuddämpande effekt.



Bild 3. I Göteborg går en del spårvagnslinjer i gräsytor istället för i hårdgjorda material. Detta är ett smidigt sätt att skapa ljuddämpande, porösa ytor i staden. (Foto: David Lagerstedt 2011-04-23, tillstånd för bruk av bild givet av fotografen)

4.4 Vertikala barriärer

Ett annat sätt att förbättra ljudmiljön i staden är att sätta upp olika sorters avskärmningar, som plank, jordvallar eller murar. Dessa solida barriärer, tillsammans med huskroppar, reducerar ljudnivån genom reflektion eller absorption av ljud (Bucur, 2006 s. 102).

Absorberande barriärer består oftast av ett yttre, genomsläppligt lager med ett hålrum bakom där ljudvågorna skingras, reflekterande barriärer kan bestå av i stort sätt vilket material som helst. Den vanligaste barriären är upprätt skärmvägg, utan hålrum bakom, som hindrar ljudets fortplantning. Den skapar, liksom de flesta hinder, en ljudskugga bakom sig. Dess effekt kan ökas genom att man adderar sidopaneler eller ännu en barriär bakom den första. (Bucur, 2006 s. 102-103)

Skärmens längd är av stor vikt för dess effekt. Om den är för kort böjer sig ljudvågorna längs dess sidor och når mottagaren (Andersson, 1998 s. 121-122).

Även skärmens överkant har betydelse för ljuddämpningen i skärmens ljudskugga. Om krönet är format som ett T eller med en vanlig, rektangulär, överkant så är dess effekt större än för till exempel ett krön format som en cylinder. Alla dessa former vinner dessutom på att vara av akustiskt mjuka material som absorberar ljudet. (Bucur, 2006 s. 104)

Skärmväggar har tillskrivits en effekt på ljudvågor i teorin som vid praktiska försök funnits vara mycket lägre än förväntat. Det är mycket svårt att förutsäga en skärmvägs effekt då vind och temperatur inverkar på ljudvågornas bana. Är dessutom omgivningen till stor del uppbyggd av hårda, reflekterande material kan den reflektera ljudet så att ljudnivån ökar på sändarsidan. Detta sker särskilt då ljudkällan är riktad rakt mot skärmen som då reflekterar en stor del av ljudvågorna tillbaka mot källan. Består dock skärmväggen av ljudabsorberande material så sänks ljudnivåerna på både sändarsidan och mottagarsidan. (Andersson, 1998 s. 199-123)

Om barriärer kombinerar med vegetation av olika slag kan dess effekt förbättras och dessutom kan de uppfattas som mer estetiskt tilltalande och integreras lättare i omgivningen (Bucur, 2006 s. 105).

Jordvallen är ett exempel på en naturlig barriär. Den innebär dock ett stort ingrepp i landskapet då det krävs mycket jord och utrymme för att nå en effektiv höjd. Ett sätt att undvika detta är att använda sig av rammar i olika material som man sedan planterar växter i. I ramarnas mitt finns fyllnadsmaterial som t.ex. jord. Ramarna kan vara formade som uppochnervända kilar eller som vanliga murar. Växtmaterialet bidrar med en tydlig men ganska låg ökad ljuddämpning jämfört med jordvallar eller solida barriärer. (Bucur, 2006 s. 105-108)

Om man planterar träd i kombination med en barriär så kan man uppnå ett bättre resultat än vad man gör med bara träden. En rad med träd bakom en barriär kan öka ljuddämpningen och dessutom fortsätter ljuddämpningen från trädkronorna bakom barriären och gör även ljudnivån där lägre. (Bucur, 2006 s. 105-108)

Gröna väggar på byggnader, särskilt de som består av liknande system som gröna tak men även de som består av klättrande växter, skapar ljudabsorberande vertikala ytor i staden. En ökad användning av gröna väggar skulle kunna dämpa ljudnivån genom en minskad reflektion av ljudvågor, det är troligt att de har samma absorberande egenskaper som gröna tak om de byggs upp på ett liknande sätt. Klättrande växter bidrar bara med en mycket liten skingring av de ljudvågor som träffar dem. Det är dock inte säkert att gröna tak system kan bli helt lyckade på väggar, långt ner vid marken kan skuggan bli för djup, och ofta finns det delar av byggnader som sällan nås av regn. Detta skulle

innebära att även de mest torktåliga växterna får problem att överleva. Att montera systemen på en vertikal yta kan också bli en utmaning och det allra bästa är om man kan bygga upp en struktur som gör att väggen inte är helt vertikal med sluttande sektioner eller balkongliknande konstruktioner. (Dunnett & Kingsbury, 2004 s. 134-135, 182-183)

Det har noterats att vid platser där barriärer av vegetation har ersatts av en mur så upplevde de boende i närheten att ljudmiljön försämrades (Bucur, 2006 s. 101). Watts, Chin och Godfrey (1999) har dock i sin utvärdering av avskärmningar funnit att vegetationen inte är överlägsen muren vad gäller dess ljuddämpande effekt. I studien fann författarna att trespersoner blev mer irriterade av ett ljud vars källa de inte kan se, varför täta häckar bedömdes som sämre än murar med till exempel integrerade glaspartier eller gluggar.

Detta resultat skulle kunna bero på att barriärerna i studien saknar förankring i omgivningen och att trespersonerna därför anser att trafiken är störande. Oftast betraktas ju vegetation som något önskvärt i städerna varför skärmar klädda med grönska borde vara att föredra framför murar och plank. Tydligt är att lösningar som implementeras i efterhand fungerar sämre och att planering för goda ljudmiljöer måste inledas redan i skisstadiet.

5. Grönka i staden – övriga fördelar

Förutom vegetationens bullerreducerande effekt så finns det en del andra områden där grönska funnits ha en positiv verkan. Bland dessa finns de visuella och akustiskt estetiska värdena som grönskan bidrar med. Gröna tak och väggar, trädgångar och växtskärmar ger designers möjlighet att skapa attraktiva grönområden i staden, de förstnämnda dessutom på platser där det inte finns plats för markbunden vegetation. Grönskan i staden medför sociala och pedagogiska värden och är dessutom ett sätt att konkurrera med närliggande städer. (Dunnett & Kingsbury, 2004 s. 1-15 ; Delshammar & Fors, 2010 s. 6-31)

Grönområden har också visat sig förbättra stressåterhämtningen, särskilt hos utsatta individer (Delshammar & Fors, 2010 s. 6-20), varför ökad mängd grönska kan tänkas vara intressant ur denna synpunkt.

Särskilt trädbestånd avsedda för bullerreducering skulle kunna utgöra områden för rekreation av det mer aktiva slaget som löpning, ridning och cykling. Om ett nätverk av träd eller skogsbestånd anlades längs med lämpliga vägar skulle man kunna öka tillgängligheten till sådana aktiviteter i nära anslutning till staden.

Den stora mängden hårdgjorda ytor i staden och bristen på vegetation har gett upphov till ett fenomen som kallas *Urban Heat Island* (Oberndorfer et al, 2007 s. 823). Detta karaktäriseras enligt Dunnett och Kingsbury (2004, s. 50-51) av högre temperatur i staden, särskilt på natten, ökad luftfuktighet och minskning av luftströmmar. Vegetation kan genom ökad evapotranspiration och begränsning av reflektion från solen minska denna effekt (Oberndorfer et al, 2007 s. 829).

Gröna väggar och tak kan hindra värmeöverföringen från solen in i byggnader vilket sparar energi under sommaren och i varmare klimat. Detta leder till minskade energikostnader särskilt eftersom de även fungerar isolerande på vintern. (Dunnett & Kingsbury, 2004, s. 33, 130)

Vegetation ökar också biodiversiteten i staden (Delshammar & Fors, 2010). Gröna tak kan enligt Dunnett och Kingsbury (2004 s. 33) användas för att återskapa habitat som förloras när platser bebyggs. Detta gäller då särskilt habitat som finns i torra områden med låg tillgång på jord eftersom förutsättningarna är liknande på gröna tak. Även gröna väggar medverkar till större biodiversitet då klätterväxter ofta är hem och födokälla för ryggradslösa djur som i sin tur blir föda åt fåglar och fladdermöss. (Dunnett & Kingsbury, 2004, s. 133)

Gröna tak är även användbara i dagvattenhanteringen. De kan absorbera en stor del av den nederbörd som faller på det och fördröja den mängd som inte tas upp. Detta leder till minskade översvämningar och gör att pressen på avloppssystemen minskar (Getter & Rowe, 2006, s. 1278). Samma sak gäller även vegetation i marknivå som gräs och skogsmark, jorden har en god vattenupptagande förmåga jämfört med hårdgjorda ytor (Delshammar & Fors, 2010 s. 13).

Konventionella tak samlar upp föroreningar såsom tungmetaller, olja och pesticider vilket leder till att dessa hamnar i vattendragen när det regnar (Getter & Rowe, 2006, s. 1278). Enligt Kingston och Dunnett (2004, s. 49-50) minskar gröna tak mängden föroreningar som följer med nederbörden ut i

dagvattensystemet. De påpekar dock att detta, liksom mängden nederbörd som absorberas, helt beror på vilken typ av vegetation och substrat som används samt vilken tid på året det är. De berättar också att gröna tak i de flesta tester visat på en minskad avrinning på omkring 60-80%. Blad och andra växtdelar kan också till viss del suga upp föroreningar i gasform samt samla åt sig skadliga partiklar som fäster sig vid blad och stam vilket kan minska deras skadliga effekter på andningsorgan och hjärtkärl (Delshammar & Fors, 2010 s. 10).

Vegetationen tillför alltså ett stort antal positiva effekter för staden. Det kan dock medföra ett ökat behov av skötsel eller bekämpningsmedel vilket kan leda till stora kostnader. Ett sätt att undvika dessa kostnader och samtidigt skapa social samverkan är att låta människor delta i skötseln av utemiljön. (Delshammar & Fors, 2010 s. 15, 18)

Grönskan fungerar alltså inte bara som ljudabsorbenter utan medför en rad andra värden. Detta kan användas för att argumentera ytterligare för ett aktivt formgivande av ljudmiljön precis som för den visuella miljön.

6. Diskussion

Det står klart att ljud påverkar oss på många sätt. Det finns tillfällen då vi söker tystnad och tillfällen då vi söker spänning, men framförallt vill vi ha variation. Problemet i urbaniserade områden är att ljudmiljön blir mer och mer monoton, ljuden från trafik, byggarbetsplatser och industrier breder ut sig i ljudlandskapet och dränker de mer subtila ljuden.

Ljud behandlas i nuläget oftast som ett problem istället för en tillgång vilket leder till att gränserna mellan ljudmiljöernas identiteter, om detta inte förändras, kommer att suddas ut. För att kunna uppleva de mindre konkurrenskraftiga ljuden som fågelkvitter eller krasandet av grus under fötterna behöver man dock begränsa de störande ljudens utbredning, precis som man försöker göra idag, men det är viktigt att samtidigt vara medveten om de positiva ljuden och verka för deras fortsatta existens.

De flesta gestaltningsidéer är inspirerade av andra platser. Erfarenhet och en stor referensbank är därför viktigt och utformningen av ljudmiljöer borde ha sin plats redan under utbildningen. Studenter bör redan tidigt uppleva goda exempel på väl fungerande ljudmiljöer och se hur olika sinnen kan samverka för att skapa en god rumslighet i våra utemiljöer.

Bullerreducerande element, både traditionella och nya som vallar respektive gröna tak kan användas tillsammans med vegetation för att skapa bättre ljudmiljöer. Vegetationen bidrar till ett mervärde gentemot andra material, genom att tillföra estetiska värden, luftrening och tillfällen till rekreation, för att bara nämna några. Vegetationen hjälper också till att skapa en relevans för naturliga ljud i staden som fågelkvitter och porlande vatten. Ljud som upplevs som relevanta på platsen upplevs oftare som positiva än ljud som inte samverkar med sin omgivning.

6.1 Att skapa en god ljudmiljö

En viktig del i att skapa bättre ljudmiljöer blir i framtiden att använda sig av gröna tak på byggnader för att skapa tysta sidor där människor kan vistas i lugna miljöer för att återhämta sig. Gröna tak och väggar är också det enda vegetationsanknutna alternativet landskapsarkitekter kan använda sig av för att reducera buller när det inte finns möjligheter att göra detta i marknivå. Kanske bör man se till att de grönytor som försvinner vid nybyggnation ersätts av gröna tak, det skulle inte bara bevara biodiversiteten i staden utan skulle också kunna göra nya bostadsområden tystare. Tillsammans med en god planering av byggnaders form och placering i förhållande till bullerkällor kan alla få goda, stillsamma ljudmiljöer i sin direkta närhet. Innergårdar blir ett viktigt verktyg för att erbjuda dessa miljöer och man kan här arbeta med till exempel porlande vatten för att skapa ett harmoniskt ljudlandskap.

Om det finns möjligheter att plantera trädbestånd längs större vägar kan dessa också hjälpa till att sänka ljudnivåerna, och det kommer kanske bli allt viktigare att göra så i framtiden. Platsbristen i staden är förstas ett problem varför det krävs grundliga studier i hur man kan planera trafiken så att man kan ha en hög beläggning på vägar där det finns plats för bullerreducerande element. Trädbestånd har dock möjligheten att erbjuda flertalet funktioner, man

kan till exempel om de kantar vägar anlägga cykel och gångstigar där, liksom löpslingor. Detta skulle kunna underlätta för de övriga trafikslagen då de åtskilda från bilen kan få en säkrare, snabbare och trevligare väg. Dessutom skulle de till skillnad från bullervallar och plank inte skapa barriärer som människor och djur har svårt att ta sig över. Nackdelarna med trädbestånd måste dock undersökas. Exempelvis skulle man kunna titta närmare på huruvida de skapar otrygghet eller försvårar trafiksituationen för gående och cyklister, samt hur man i så fall skulle lösa dessa problem på ett sätt som inte stör trädbeståndens möjlighet att bidra till en god ljudmiljö. Inne i trädbestånden kan sångfåglar trivas vilket tillför en bland många särskilt uppskattad ljudmiljö. Man kan här även passa på att återställa gamla vattendrag och skapa naturliga miljöer i staden där de positiva naturljuden kan ha en större relevans.

Jordvallar som byggs upp med hjälp av ramar och andra barriärer med till exempel klätterväxter, kan i staden till skillnad från plank och murar erbjuda helt andra intryck samtidigt som de tillför ljudabsorberande ytor. Med hjälp av växter kan man skapa estetiskt tilltalande skärmar som också drar till sig insekter, och därtill fåglar, som surrar och sjunger. Vegetationen bidrar också den med sitt speciella sus, en tillgång särskilt i blåsiga områden.



Bild 5. Starkt brusande fontäner kan dölja trafikljud, det är dock en lösning som bör kombineras med andra åtgärder. (Foto: Josefin Henriksson 2011-05-08)

Genom att åter använda sig av ljudet som en tillgång, likt man gjort i svunna tider, kan man med elektroniska installationer, skulpturer likt *Singing Ringing Tree*, och den traditionella japanska *suikinkutsun* skapa intressanta ljudmiljöer som skiljer sig från det monotona trafikbruset i staden. Möjligheterna är

oändliga eftersom ljudet förändras med materialen och rummen det samvekar med. Detta är förstås inte bara en tillgång utan en utmaning eftersom det innebär att alla ljudmiljöer måste inventeras och analyseras noggrant.

Man kan använda sig av begrepp som R. Murray Shafers (se kap. 2) grundton, signaler och *soundmarks* för att bestämma ljudens funktioner och på så sätt skapa sig en större förståelse för det aktuella ljudlandskapet. Samtidigt bör man dock som Nilsson (se kap. 2) finna positiva och negativa ljud för att avgöra vilka som är dominanta och på så sätt få en hänvisning till ljudlandskapets kvalitet.

6.2 Att utbilda ljudmedvetna landskapsarkitekter

I framtiden kan det vara av stor vikt att utveckla enkla analysverktyg för utvärdering av ljudlandskapen. Detta tillsammans med kännedom om de verktyg som finns att tillgå för förbättring av ljudmiljön krävs för att gestaltningen av det akustiska och visuella landskapet skall kunna samverka och skapa en helhet.

Vikten av att både arbeta med positiva ljud och mot buller tas allt för sällan upp under landskapsarkitekters studietid, varför detta måste uppmärksammas. Man kan inte få en god ljudmiljö genom att lägga fokus vid endast en del. Alla sinnen spelar en viktig roll för upplevelsen av en plats, men trots att hörseln tillsammans med synen kanske är viktigast för vår orientering och upplevelse så behandlas den inte tillräckligt. Detta leder till okunskap om ljudens värde för omgivningen.

När ljudmiljön trots sin bortglömda roll väl behandlas blir det ofta genom bullerbekämpning, vilket landskapsarkitektstuderande saknar större kännedom om. En större förståelse för de designelement som förändrar ljudmiljön skulle ge oss fler verktyg att arbeta med och underlätta samarbetet med andra yrkesgrupper inom detta område. På så sätt kan landskapsarkitekters gestaltningar tillfredställa även hörseln och då även ges en större betydelse för de människor som vistas på den gestaltade platsen. Vi landskapsarkitekter sitter på möjligheten och skyldigheten att, med lyhördhet för det mänskliga örat, forma goda ljudmiljöer. För utan dem kan en platsupplevelse aldrig bli fullkomlig.

7. Källförteckning

7.1 Tryckt text

Alvarsson et al. (2010) Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. vol. 7 s.1036-1046

Andersson, Johnny (1998) *Akustik & buller*. Stockholm: AB Svensk byggtjänst

Arlinger, Stig et al (2006) *Manifest för en bättre ljudmiljö*. Lund: Media-Tryck

Boverket (2000) *Lågfrekvent buller i boendemiljön*. Karlskrona: Boverket

Brown, A. L. och Muhar, Andreas (2004) An Approach to the Acoustic Design of Outdoor Space. *Journal of Environmental Planning and Management*. Vol. 47. s. 827-842

Bucur, Voichita (2006) *Urban forest acoustics*. Berlin: Springer

Cerwén, Gunnar (2009) *En känsla av ljud – Den subtila och platsanpassade ljudinstallationen som en del av uterummet*. Examensarbete. Alnarp: SLU

Cerwén, Gunnar (2010) Dirigera stadens orkester. *Movium bulletinen*. Nr 1-2 s. 1-16

Delshammar, Tim och Fors, Hanna (2010) *Gröna och blå strukturer för en hållbar stadsutveckling*. Alnarp: Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap (2010:16) ISBN 978-91-86373-23-8

Dunnett, Nigel och Kingsbury, Noël (2004) *Planting Green Roofs and Living Walls*. Portland: Timber Press, Inc

Hedfors, Per (2003) *Site Soundscapes*. Diss. Uppsala: SLU Service/Repro

Hellström, Björn (1999) Akustisk design, vad är det?. *Bygg & teknik*. Nr 3 s. 46-52

Hellström, Björn (2010) Akustisk design och hållbar stadsutveckling. *Bygg & teknik*. Nr 3 s. 24-27

Hellström, Björn (2001) Modelling of Sounds in Public Spaces. *Sound Practice* College of Arts, Totnes, England, 16-20 Feb. 2001.

Hongseok, Yang et al (2010) Laboratory Study of the Effects of Green Roofs on Noise Reduction at Street Levels for Diffracted Sound. *Inter Noise 2010* 15-16 juni 2010. Lissabon

Miljöförvaltningen Göteborgs Stad (2008) *Vad är ljud?*. Faktablad nr 92, Göteborg: Miljöförvaltningen Göteborgs Stad

Nilsson, Mats E. (2007) Soundscape quality in urban open spaces. *Inter Noise 2007* 28-31 augusti. Istanbul

Oberndorfer, Erica et al (2007) Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions and Services. *Bio Science*. årg. 57 s. 823-833

Prismas nya uppslagsbok (1993) Otava: Bokförlaget Prisma

Socialstyrelsen (2009) *Miljöhälsorapport 2009*. Artikel nr. 2009-126-70. Västerås: Edita Västra Aros

Van Renterghem, Timothy och Botteldooren, Dick (2008) Numerical Evaluation of Sound Propagating over Green Roofs. *Journal of Sound and Vibration*. årg. 317 s. 781-799

Van Renterghem, Timothy och Botteldooren, Dick (2009) Reducing the Acoustical Façade Load from Road Traffic with Green Roofs, *Building and Environment*. årg. 44 s. 1081-1087

Van Renterghem, Timothy och Botteldooren, Dick (2011) In-situ Measurements of Sound Propagating over Extensive Green Roofs. *Building and Environment*. årg. 46 s. 729-738

WHO (2010) *Night Noise Guidelines for Europe*, ISBN 978 92 890 4173 7. Köpenhamn: World Health Organization Regional Office for Europe

7.2 Elektroniska källor

Bullernätverket - Buller [online], Tillgänglig via:
<http://www.bullernatverket.se/www/live/bullernatverket/startside.aspx?TreeID=77> [2011-04-24]

Ljudlandskap: ljudbok – A- och C-vägning [online], tillgänglig via:
http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_3&rubrik=rubrik3_3 [2011-04-26]

Ljudlandskap: ljudbok - Decibel [online], tillgänglig via:
http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=nyfikna&kapitel=kapitel_3&rubrik=rubrik5_4 [2011-04-26]

Ljudlandskap: ljudbok - Ekvivalentnivå [online], tillgänglig via:
http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_3&rubrik=rubrik3_1 [2011-04-26]

Ljudlandskap: ljudbok – Frekvens, amplitud, våglängd [online], tillgänglig via:
http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_3&rubrik=rubrik1 [2011-04-26]

Ljudlandskap: ljudbok - Impedans [online], tillgänglig via:
http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_3&rubrik=rubrik5 [2011-04-26]

Ljudlandskap: ljudbok - L_{DEN} [online], tillgänglig via:
http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_3&rubrik=rubrik3_2 [2011-04-26]

Ljudlandskap: ljudbok - Vägtrafik [online], tillgänglig via:
http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_10&rubrik=rubrik1_1 [2011-04-26]

Ljudplanering – Projekt [online], tillgänglig via:
<http://www.ljudplanering.se/projekt> [2011-05-05]

Ljudplanering – Referensljud [online], tillgänglig via:
<http://www.ljudplanering.se/referensljud> [2011-05-05]

Ljudplanering – Vattenkonst [online], tillgänglig via:
<http://www.ljudplanering.se/vattenkonst> [2011-05-05]