

Prioriterade åtgärder för genomförande av åtgärdsprogram mot buller 2019-2023



Stockholms
stad



Sammanfattning

I denna rapport beskrivs förslag på åtgärder som Stockholms stad och Efterklang tagit fram som en del i genomförandet av Stockholms åtgärdsprogram mot buller och för att uppfylla miljöprogrammets mål om minskat omgivningsbuller.

Åtgärdsprogrammet mot buller, som gäller år 2019-2023, har tagits fram i enlighet med EU-direktivet 2020/49/EC (END) och Förordning (2004:675) om omgivningsbuller. I programmet beskrivs inriktningen på arbetet genom ett antal åtgärdsområden. De åtgärdsområden som här beskrivs mer detaljerat är parker och rekreatiomsområden, skol- och förskolegårdar, offentliga platser samt förbättring av befintliga bullerskyddsskärmar.

Syftet med denna detaljbeskrivning är att precisera lösningar kopplade till åtgärdsprogrammets inriktningsmål på specifika platser. Preciseringsen utgörs av detaljerade förslag som bedömts rimliga och ge största möjliga ljudreducerande effekt. Inom projektet har olika förslag utretts och de som redovisas är de som arbetsgruppen funnit mest lämpliga. Då lösningsförslagen initialt varit många beskrivs de i även i form av verktygslådor.

Magnus Lindqvist, Miljöutredare
Elisabeth Ström, Miljöhandläggare

Manne Friman

Manne Friman, Akustiker
Linn Svensson, Landskapsarkitekt



Stockholms
stad

efterklang:
PART OF AFRY



Innehåll

Inledning	7
Förslag	19
Verktygslådor	67





Inledning

Inledning

Bakgrund

Denna rapport presenterar förslag på olika lösningar för att skapa en god ljudmiljö i Stockholms stad.

Lösningarna är kopplade till inriktningsmålen i Stockholms åtgärdsprogram mot buller för perioden 2019-2023 och miljöprogrammets mål om minskat omgivningsbuller. Om dessa genomförs kommer stora delar av åtgärdsprogrammet vara genomfört, vilket är målet med denna studie.

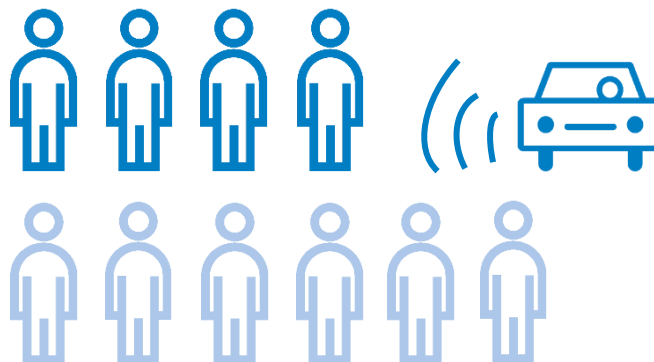
I enlighet med EU-direktivet 2002/49/EC (END) och Förordning (2004:675) om omgivningsbuller så ska kommuner med mer än 100 000 invånare utföra bullerkartläggning av omgivningsbuller samt ta fram ett åtgärdsprogram för hur buller ska minska. [Den senaste bullerkartläggningen](#) färdigställdes 2016 och [åtgärdsprogrammet](#) år 2018.

Bullerexponering i en stad beror på många olika källor. I begreppet omgivningsbuller ingår väg-, spår- och flygtrafik samt buller från industrier och liknande verksamheter. De ljudkällor som orsakar det högsta bullret är oftast Trafikverkets vägar och spår men de kommunala vägarna är mer utbredda och påverkar fler bostäder. Stockholm stads ansvar är de kommunala vägarna och bullret som alstras från dessa.

Stockholms åtgärdsprogram mot buller har höga mål och budget för åtgärder som är högre än tidigare programperiod. I åtgärdsprogrammet finns 10 åtgärdsområden. I denna studie beskrivs förslag inom de 4 åtgärdsområden där det bedöms finnas behov av utvecklade preciseringar.

42%?

Enligt senaste bullerkartläggningen 2016 är det 421700 personer som bor i bostäder där ljudnivån ute vid någon del av bostadsfasaden överstiger bullerdosmättet 55 dBA LDEN från vägtrafikbuller. I Stockholm har nybyggda bostäder sedan länge utformats bulleranpassat med bland annat tillgång till tyst sida vilket möjliggör en god ljudmiljö även i bullerutsatta miljöer.



Nära hälften av Stockholmsarna utsätts för vägtrafikbullernivåer över WHO:s riktlinjer.

A wide-angle photograph of a person ice skating on a frozen lake in Stockholm, Sweden. The skater is in the lower center, wearing a red jacket and dark pants, leaving a trail on the ice. The background features the city skyline, including a prominent tall brick tower with a green and gold top on the left, and various buildings along the waterfront under a clear blue sky.

10

Åtaärdsområden
blev 4 utvalda

Utvalda inriktningsmål

Åtgärdsområden som berörs i rapporten

Förbättra ljudmiljön i två rekreationsområden

Ljudmiljön förbättras vid minst en skolgård per år

Förbättra ljudmiljön vid offentliga platser

Förbättra effekten av två befintliga bullerskyddsskärmar per år



Rapporten redovisar flera förslag för var och en av kategorierna ovan





Genomförande

Arbetsgång

Lösningförslagen har tagits fram av en arbetsgrupp bestående av akustiker och landskapsarkitekt från Efterklang och AFRY samt miljöhandläggare från miljöförvaltningen och trafikkontoret.

Intressanta platser att arbeta med har tagits fram av Stockholms stads representanter och förankrats inom stadens bullerskyddsgrupp. Möjliga lösningar vid dessa platser har undersökts och bedömts med avseende på genomförbarhet och ljuddämpande effekt.

Platserna och förslagen som bedömts mest intressanta och lämpliga redovisas och illustreras i detta dokument med beskrivning av bedömd effekt och kostnad. Underlaget är avsett att användas för att kunna göra en jämförelse av kostnad i förhållande till nytta och prioritering mellan inriktningsmålen i åtgärdsprogrammet.

1. Diskussion

Stockholms stads representanter i arbetsgruppen har tillsammans med akustiker diskuterat vilka platser som är intressanta att undersöka.

Förslag

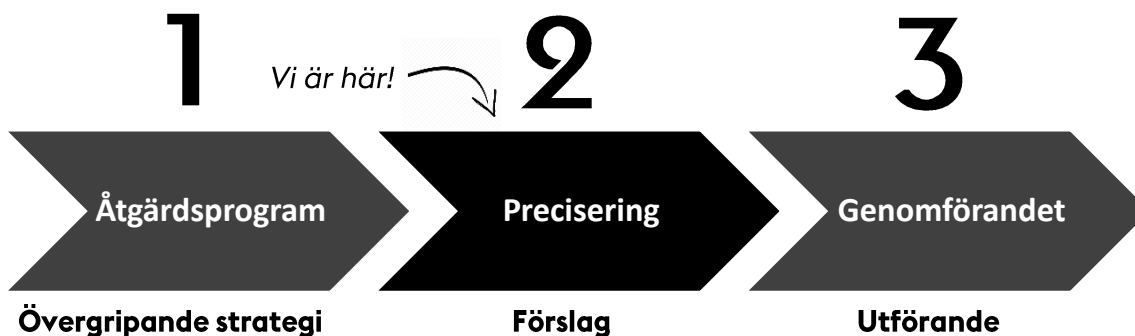
Cirka 5-10 förslag per plats har studerats.

2. Utvärdering

Arbetsgruppen har valt ut förslag som är genomförbara med avseende på trafiksäkerhet, trygghet, gestaltning, drift. Det förslag som bedömts som rimligast har illustrerats av landskapsarkitekt.

3. Redovisning

Lösningarna redovisas med ungefärlig ljuddämpning, uppskattad kostnad, kartbilder för position och illustrationer.





Hur fungerar ljud?

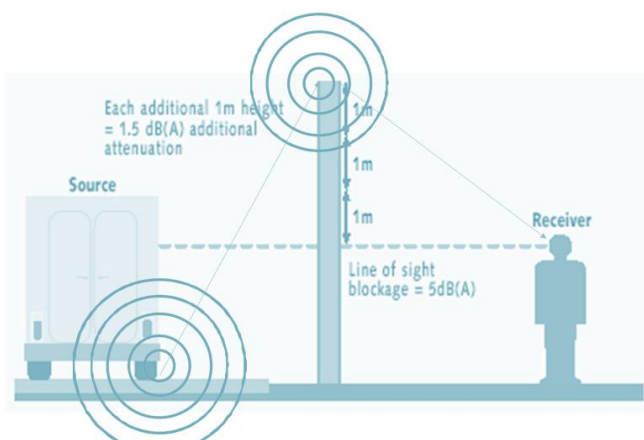
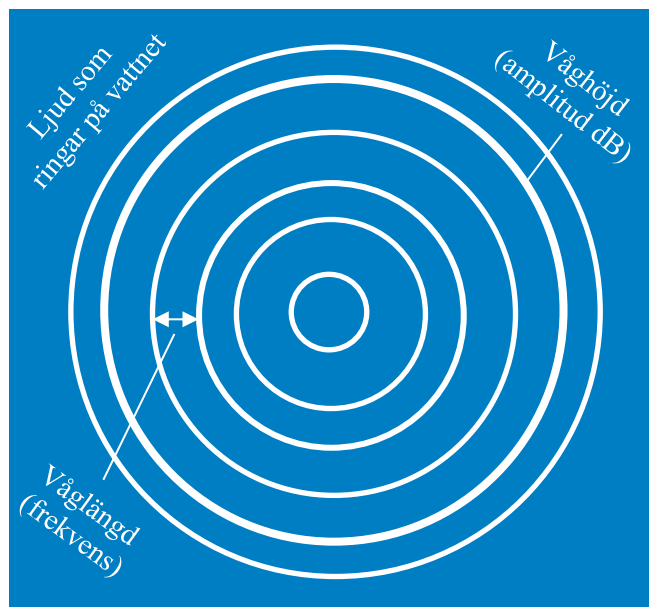
Hur gör ljud

Förstå ljud möjliggör nya lösningar

Hur ljud fungerar kan vara svårt att begripa, då vi inte kan se det. Men om man skulle visualisera hur ljud fungerar så är ringar på vattnet en bra jämförelse. En händelse gör att partiklar i luften flyttar sig och puttar på andra partiklar längre bort. På samma sätt som att ringar på vattnet av små vågor skapas när man plaskar i vattnet så skulle ljudvågor röra sig som ringar i luften när man klappar. Ljudvågorna breder ut sig genom luften och du kan uppleva tryckförändringarna i luften när partiklarna når ditt öra. Ljud och ljus rör sig i vågor.

För att fortsätta liknelsen så är avståndet mellan ringarna på vattnet likt ljudets våglängd. Våglängden är omvänt proportionell mot frekvensen, dvs. om längden mellan ringarna är 1 meter så är frekvensen lika med ljudets hastighet. För luft så är ljudets hastighet 344 m/s, vilket gör att en våglängd på 1 meter motsvarar ljud med 344 Hz ($\lambda=v/f$). Ljudets ton motsvarar avståndet mellan vågorna. En bussmotors ljud skulle därför motsvara ringar på vattnet med väldigt långt avstånd mellan ringarna, vilket också är orsaken till att lågfrekvent ljud hörs längre. Vågornas höjd för ringarna på vattnet motsvarar amplituden och kan liknas vid ljudets styrka, eller volym. Höga vågor motsvarar alltså en högre nivå i decibel (dB).

När ringar på vattnet träffar en stolpe vid en brygga så böjs ringarna runt stolpen och ändrar riktning. För ljud och ljus kallas det diffraction. När ljud träffar krönet av en skärm så blir det som nya ringar på vattnet i den punkten, därför kan ljud höras över skärmar och byggnader. När vi observerar ringar på vattnet så kan vi se dess utbredning. Om vi skulle vilja kan vi sätta en hand där vågen kommer vara och stoppa den där handen är. På samma sätt så vet vi hur ljudet från bilar låter och vilka "ringar på vattnet" vi vill stoppa för att dämpa bullret. Kan vi rikta in oss på att stoppa ljud vid 800-1000 Hz motsvarande en våglängd om 34-43 cm så får vi bort det mesta av däckbullret.



Buller i staden

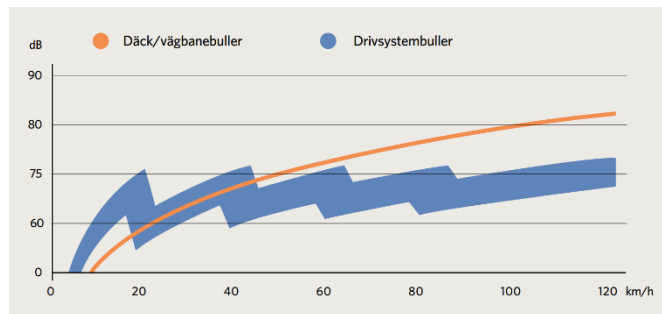
Förståelse för stadens ljud

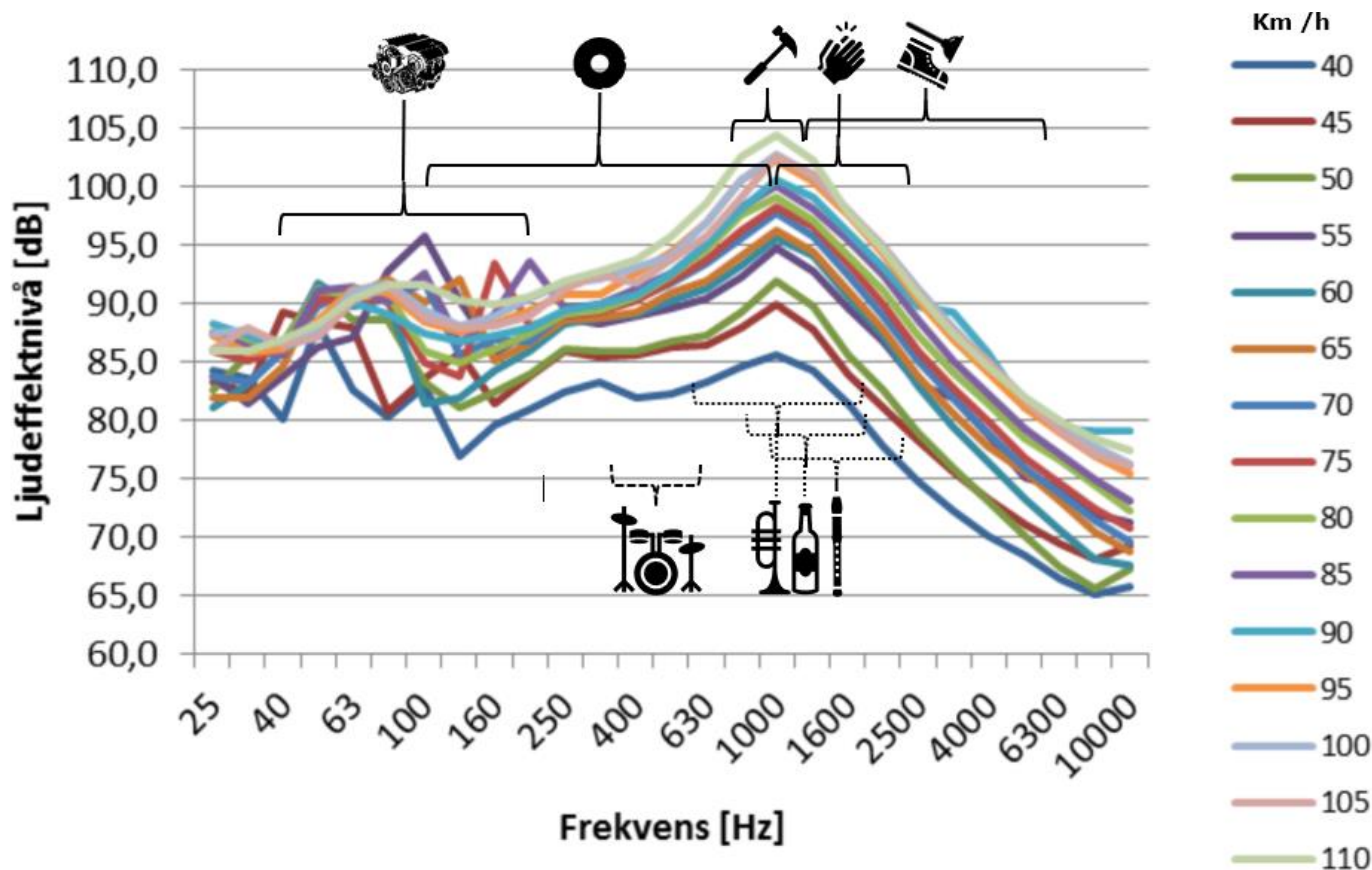
För att kunna skapa en god ljudmiljö så måste vi förstå hur ljud fungerar och hur vi påverkas av det. Det ljud som stör flest personer och som är dominerande i staden är vägtrafiken. Det är buller från det kommunala vägnätet som staden har ansvar med trafikkontoret som väghållare.

Ljud från bilar kommer dels från motorn och drivlinan men även från däcken. Faktum är att så fort bilar rullar i konstant hastighet och inte växlar upp så låter däcken mer än motorn på moderna bilar. Ljuden från motorn och däcken låter dock väldigt olika. Om man skulle se bilen som ett trumset så har motorn ljud med låga toner som en bastrumma medan däcken har höga toner som en cymbal. En bastrumma hörs mycket längre men en cymbal kan vara mer irriterande på nära avstånd och upplevas som högre. Anledningen är att vår hörsel är känsligare för ljud med höga toner, som t.ex. skrik från en bebis.

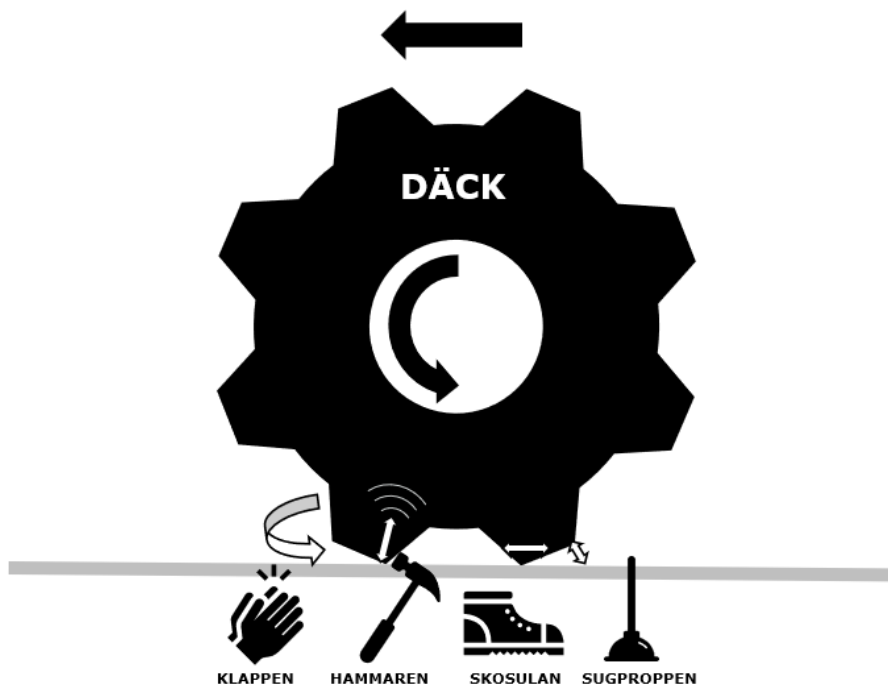
Hur kan då detta appliceras till att skapa god ljudmiljö? Om man lyssnar på hur bilar låter i staden så blir det tydligt att när en bil stannar vid t.ex. en korsning eller för att det är kö och sedan startar igen så låter den mest från motorn. Men så snart bilen kommer upp i en jämn hastighet och inte växlar upp så är det däcken som låter mest och motorn är då förhållandevis tyst.

Skillnaden på ljudets karaktär för dessa två olika körsätt är stor men åtgärderna vi använder är desamma. En skärm vid en plats med mycket köbildning kan upplevas ge liten effekt för att det lågfrekventa ljudet från motorerna enkelt tar sig över skärmen. Dessa skillnader behöver beaktas när man undersöker en plats för bullerskyddsåtgärder. Om man t.ex. vill göra åtgärder vid en större väg där hastigheten är 70 km/h så kommer däckljudet vara dominerande och det mesta av ljudenergin uppträda vid 800-1000 Hz.





” Bild från *Skapa goda ljudmiljöer* som visar hur bils ljud påverkas av hastighet. Ikonerna motsvarar olika ljudmekanismer som beskrivs på följande sidor.



LJUDMEKANISMER FRÅN DÄCK-VÄG KONTAKTEN



KLAPPEN – Luft kommer in i hålrum i däckets mönster och när luften släpps ut skapas ljud vilket är likt hur ljud skapas av att klappa händerna. Tänk ljudet "flopp-flopp-flopp" eller håll ihop händerna och klappa löst med nedre delen av händerna.



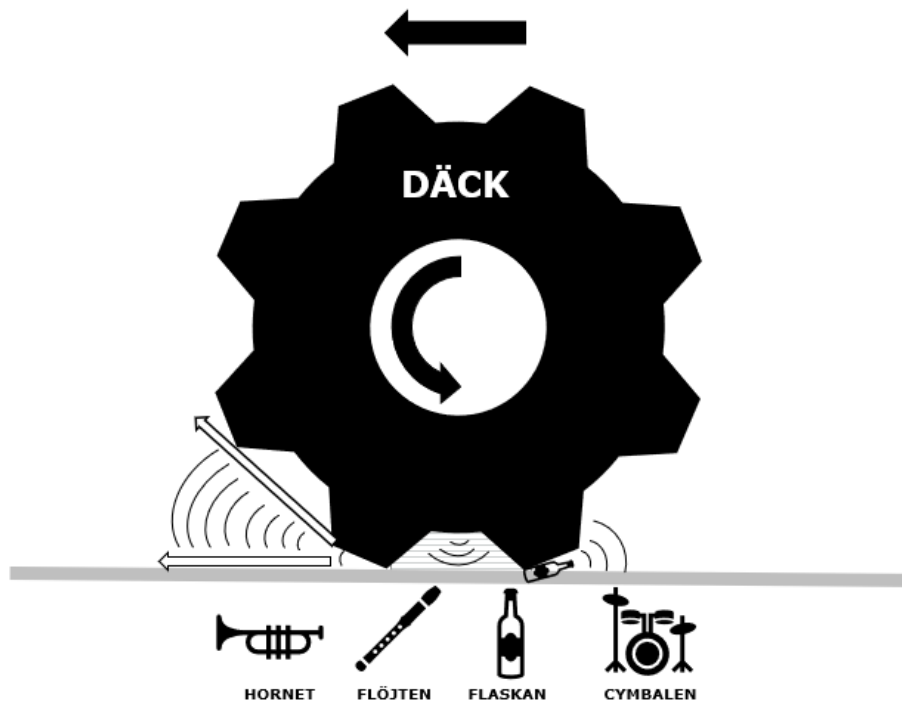
HAMMAREN – När däckets mönster träffar asfalten är det som hundratals små hammare som slår mot asfalten. Vibrationerna går i olika riktningar och smattrar. Tänk ljudet "thump-thump-thump" eller trumma fingrarna mot en musmatta.



SKOSULAN – När däckets mönster dras mot asfalten så fastnar det och lossnar och skapar ljud likt gympaskor som dras på ett golv i en gymnasal. Tänk det högfrekventa ljudet som man kan höra när skosulor dras mot golv.



SUGPROPPEN – När däckets mönster släpper från asfalten men klistrar fast sig kan det uppstå som ett ploppande ljud när luft trycks ut ur från den fastklistrade ytan. Ljudet är inte likt klappen eller skosulan, det är mer som ett plopp. Tänk ljudet när man har fingret i munnen och ploppar ut det från kinden.



LJUDFÖRSTÄRKANDE EFFEKTER I DÄCK-VÄG KONTAKTEN



HORNET – Den triangulära formen som skapas framför däckets mellan vägen och däckets är en form som förstärker ljud likt ett hornformat instrument.



FLÖJTEN -En flöjt fungerar genom att man blåser luft genom ett rör, när man håller för vissa hål så blir röret som luften går igenom olika långt vilket ger olika toner. I ett däck så finns mönster som skapar små hålrum. Varje sånt hålrum blir som en liten flöjt när luft pressas in och ut ur hålrummen.



FLASKAN – Längst in i den triangulära formen som skapas i hornet på hjulets bakre kant bildas en Helmholtzresonator. Den har samma effekt som sker när man blåser över en flaska. En resonator förstärker ljud baserat på flaskans volym. För däckets fall så är det ljud från hammaren och skon som förstärks.



CYMBALEN – När däckets trycks ned av bilens tyngd så blir det bredare närmast vägen, även om skillnaden är liten. Formen på däckets är därför inte helt rak utan går utåt längst ned. För att överdriva jämförelsen så blir däckets cymbalformat. Denna form förstärker vibrationerna i däckets sidor på samma sätt som en vibrerande telefon på en cymbal låter högre än på ett bord.



3

10

13

11

5

1

6

7

2

14

4

8

9

12

Förslag

Förslag

Nr	Plats	Åtgärd nu	Åtgärd senare
1	Park: Rålamshovsparken	Ljudskyddad möbel vid vattnet	Glas vid räcket innan Västerbron. Brofog kan åtgärdas med tystare fog.
2	Park: Humlegården	Bygg ihop byggnader med inglasade sittplatser	Ljudportal vid parkentré
3	Park: Svandammsparken	Flytta skyltad hastighet 30 km/h förbi parken	Fontän i dammen och ljudskyddade sittplatser med rygg mot vägen
4	Park: Droskan	Pergola över befintliga parkbänkar med inglasade kortsidor	Bygga ihop kiosker med skärmar och ställa sittplatser som är i skydd av kioskerna.
5	Park: Holmiaparken	Ljudskyddade sittplatser med parabolform med ryggen mot väg	Låga skärmar vid väggkant och göra om räcke vid vägen till låg skärm. Ändra fontänens ljud till behagligare.
6	Skolgård: Matteusskolan	Teaterkuliss-skärm på befintligt skyddsräcke. Ljudskyddade sittplatser.	Låg skärm vid parkeringsyta eller flytta busslinje.
7	Skolgård: Förskola Barnhusbron	Ljudskyddad sittplats för flera	Skärmkrön och absorberer på stödmur vid Klarastrandsleden
8	Skärm vid Nynäsvägen	Ljudinterferens med parallella skivor vid mittrefug.	Speciallösningar vid fasad
9	Skärm vid Huddingevägen	Skärmkrön i form av vertikala brädor	
10	Skärm vid Bromstensvägen	Skärmkrön i Y-form av snedställda brädor	
11	Skärm Drottningholmsvägen	Skärmkrön, runt och absorberande	
12	Skärm vid Väg 226, Bandhagen	Skärmkrön, H-form av parallella brädor	Låg skärm i buffertzonen
13	Judarskogen	Betongblock med ljudinterferens i väggren	Gummimattor som hänger under vägräcke
14	Tegelbacksområdet	Ljudskyddade sittplatser	Ljudinstallation under Centralbron

Rålambshovsparken

Förslag

I Rålambshovsparken hörs trafikbuller tydligt från Rålambsvägen, Västerbron och Lilla Västerbron. Är man i mitten av parken så upplevs det inte bullrigt och parken är också anpassad för aktiviteter vilket maskerar bullret. Närmast vägarna är bullret tydligare och lågfrekventa dunsar från bilar som kör över Västerbrons brofogar hörs tydligt genom parken. På den öppna grönytan upplevs inte bullret störande och inga åtgärder föreslås för dessa ytor.

Förslag nu: Ljudskyddad sittplats

Den lösning som föreslås är ljudskyddade sittplatser vid vattnet. Dessa bör utföras med en skärmande sida, antingen för att sitta eller ligga på. Det viktiga är att läget där huvudet är skärmas av från buller från Rålambsvägen eller Västerbron. Att ha skärmande sidor åt båda hållen ger en större effekt. Skärmen bör sticka upp ca 30 cm ovanför huvudet i sittande position. Gestaltningen kan med fördel liknas vid den sk. Stockholmssoffan. Viktigt i gestaltningen är att möbelen inte upplevs som störande för sikten mot vattnet från parken. Dämpningen bedöms vara 6 dB lokalt vid sittplatsen. Kostnad bedöms till ca 75 000 -120 000 kr per möbel. Gestaltning, transport och installation tillkommer.

Förslag senare: Glasskärm

Det finns goda möjligheter att skapa ljudskugga i lekparken från Västerbron genom att glasa in befintligt räcke vid gränsen mellan väg och park. Detta då stödmuren är hög. Det skyddar lekparken från buller utan att påverka trygghet eller gestaltning. Glaset bör byggas på den sida av räcket som är närmast parken. Detta för att minska risken för klotter. Glaset måste vara tätt för att ge avsedd effekt. Dämpningen bedöms vara 3 dB på totalnivån. Kostnad för material och installation uppskattas till 8000 kr/m. Skärmen är endast cirka 150 m lång vilket ger en total kostnad om 1 200 000 kr.

Förslag nu

Ljudskyddade sittplatser vid vattnet i parken



Ljudskyddade sittplatser

Förslag senare

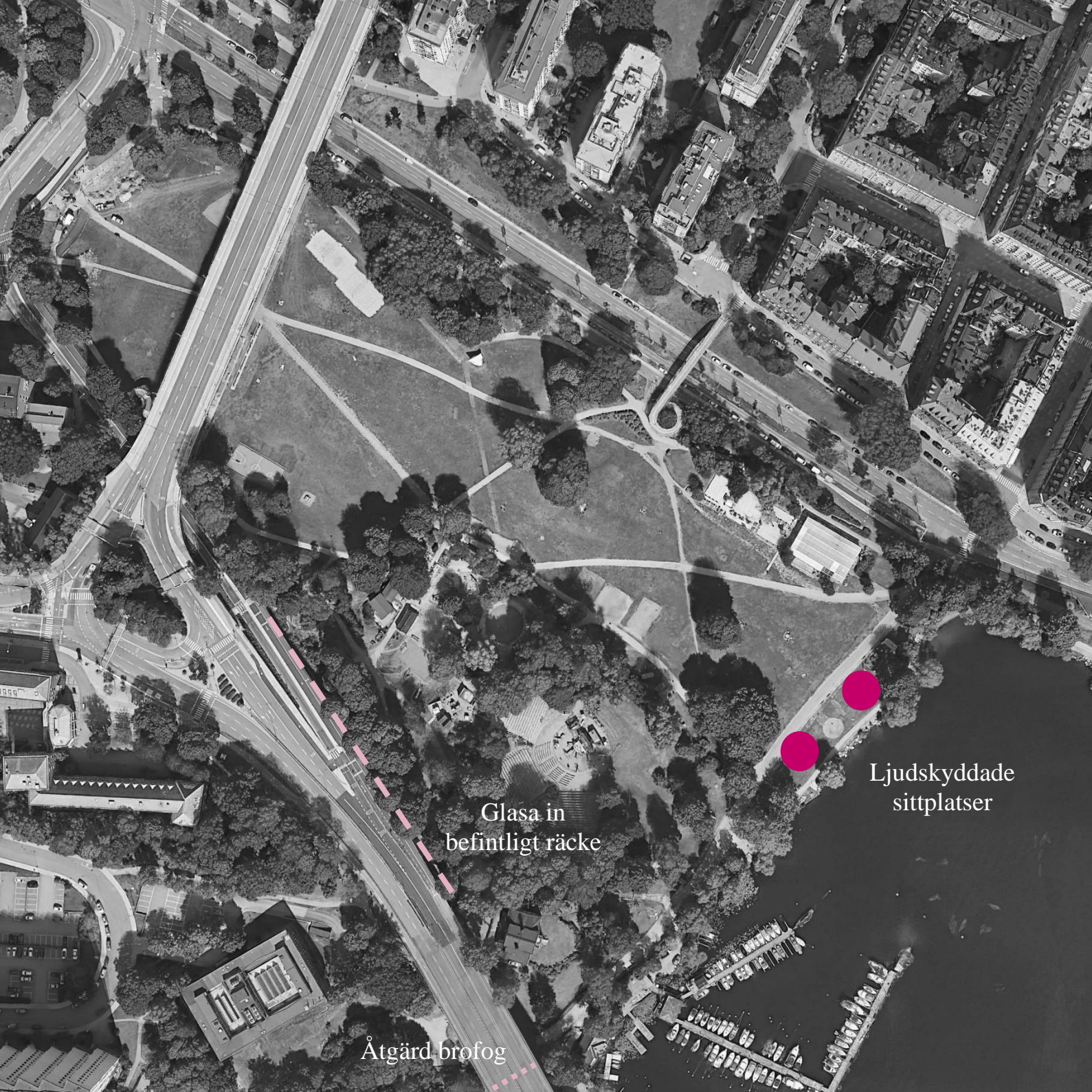
Glasa in räcke vid Västerbron längs lekparken



Glasskärm

Förslag senare: brofog

Västerbron planeras att renoveras. Vid renovering så bör ljuddämpade brofogar väljas. I nuläget hörs varje hjulpassage som ett tydligt duns i parken. Detta ljud kan tas bort genom att byta ut brofogar till sågtandade fogar. Åtgärd nu kan vara plastmattor som hängs under brofogen på brons undersida för att dämpa ljud i parken.



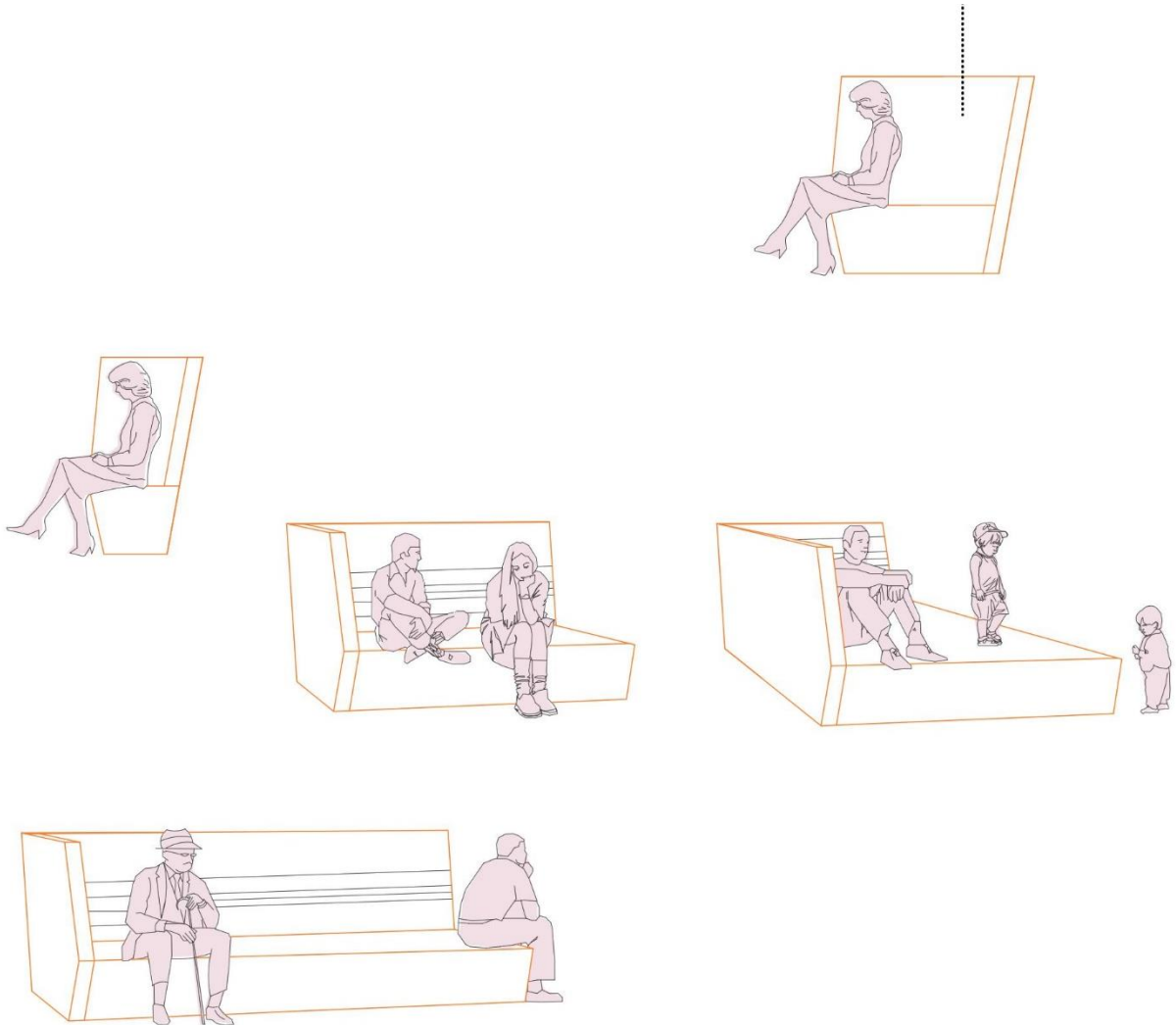
Åtgärd brofog

Glasa in
befintligt räcke

Ljudskyddade
sittplatser

ILLUSTRATION

” Ljudskyddade sittplatser med bänkens höga sida och ryggstöd som dämpar buller. Bänken kan konstrueras med absorber för en ökad bullerdämpande effekt.





ManneFirman

Rälambshovsparken.WAV

3 minutes ago

LJUDLÄNK



” Befintliga bänkar kan också skyddas med en pergola som har inglasade kortsidor. Kortsidorna bör vara 1,5 m breda.

Humlegården

Förslag

Humlegården är omgiven av vägar men har stor yta där man kan komma bort från bullret. Parkens kanter har en klassisk gestaltning och en skärm är olämplig. Vid parkleken i norra delen av parken, där det redan finns flera byggnader, kan det vara mer lämpligt att bygga genomsiktliga skärmar på befintliga konstruktioner. Detta ger bättre ljudmiljö i parken och på sittplatser. Det andra förslaget är att bygga ljudportaler vid parkens huvudsakliga entréer.

Förslag nu: Inglasning av befintliga konstruktioner

Det finns goda möjligheter att skapa ljudskugga lokalt vid sittplatser i parkleken. Detta skulle även skydda barnen i parken från buller utan att påverka tryggheten. De konstruktioner som avses glasas in är spaljé mellan byggnad och väderskydd samt bakre delen av väderskyddet.

För spaljén bör man överväga om konstruktionen håller eller behöver förstärkas för en tunn glasskärm. Klätterväxter på spaljén kan vara positivt för att minska risken för klotter. Kostnad för material och installation uppskattas till 20 000 kr/m för spaljé då det är ett litet och eventuellt komplicerat jobb. Skärmen blir ca 8 meter lång och 2 meter hög vid spaljén, vilket ger en total kostnad om 160 000 kr. Kostnaden är osäker och kan bli högre om förstärkt grundläggning och projektering krävs.

För väderskyddet bör den låga delen under tak glasas in och även följa med ca 2 m på sidorna så att ljudet förhindras att passera runt om skyddet. Skärm vid väderskyddet bör övervägas att utföras i trä för att begränsa klotterrisken. Skärmen placeras i norrläge men påverkar dagsljuset något. Dämpningen bedöms vara 6 dB lokalt vid sittplats. Kostnaden för inglasning är ca 10000 kr/m för väderskyddet för arbete och material i glas. Totalt 100 000 kr. Kostnad är ca hälften om det görs i trä.

Förslag nu

Glasa in befintliga konstruktioner



Förslag senare: Ljudportaler

Ljudportaler kan installeras vid parkens entréer till det huvudsakliga gångstråket snett igenom parken. I dessa ljudportaler spelas ett lågt harmoniskt ljud lokalt för att påminna besökare att man lämnar trafikmiljön och kommer in i ett lugnare område. Det ska vara så svagt att det är knappt märkbart, för att ge eftersträvad effekt. Högtalare kan byggas in i bågar över grusvägar.





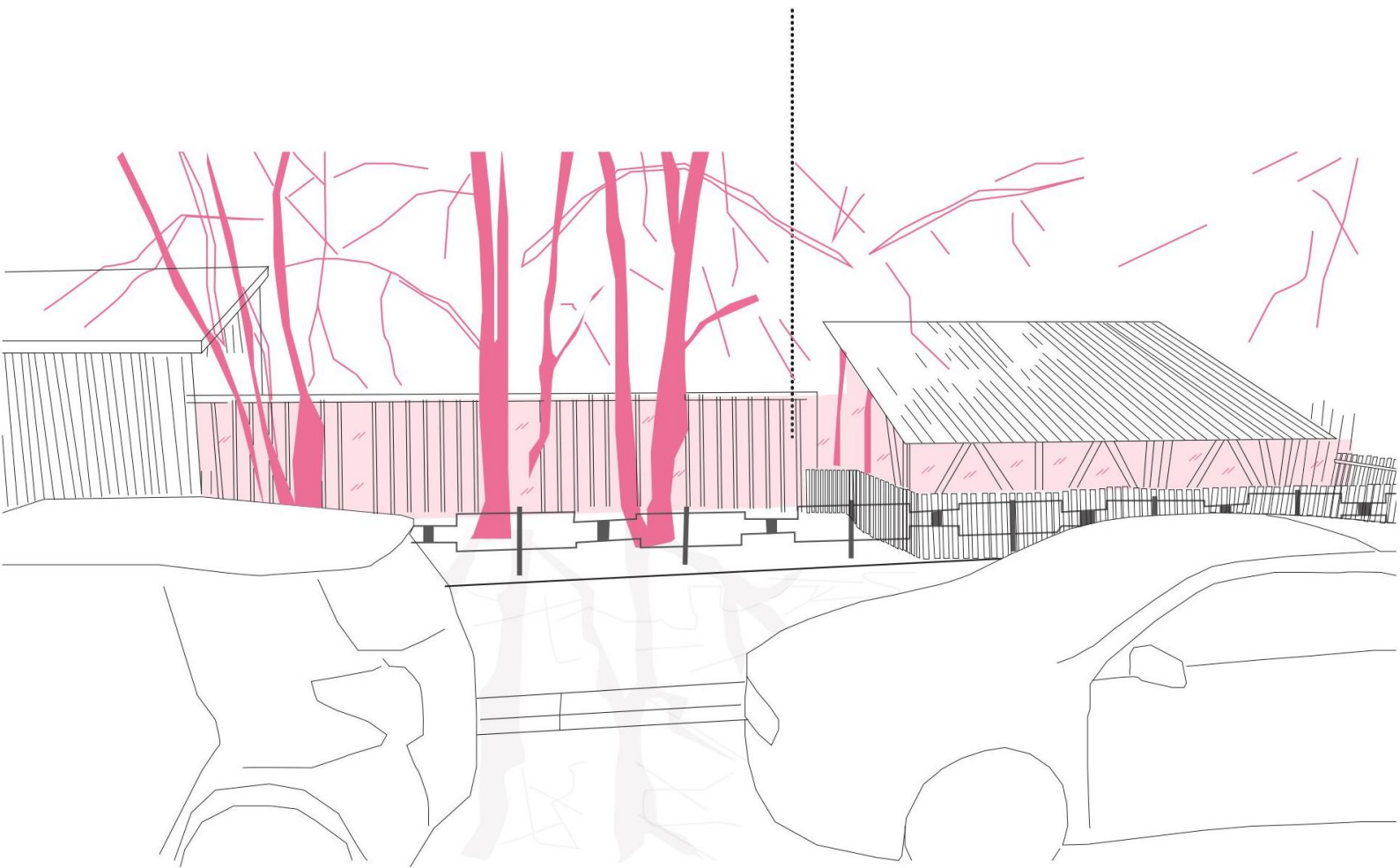
Ljudportal


Glasa in vid sittplatser

Ljudportal


ILLUSTRATION

” Parkens befintliga avgränsningar såsom skjul och spaljé utnyttjas för att montera en genomskinlig, bullerreducerande skiva





VIDEOLÄNK



ManneTriman
Humlegården.WAV
1 minute ago

LJUDLÄNK



” Att koppla ihop byggnaderna med skärmar skyddar både lekparken och grönytan i parken där människor vistas.

Svandammsparken

Förslag

Svandammsparken i Spånga ligger intill Sörgårdsvägen. Det är en vacker klassisk park men ljudmiljön påverkas av buller från bilar som accelererar i backen vid Sörgårdsvägen. Det är mycket trafik på vägen som är en genomfartsled i området. Det är inte aktuellt att bygga en skärm vid parken. I den befintliga dammen rekommenderas att installera en fontän med porlande vattenljud för att maskera trafikljud. Denna kan kompletteras med ljudskyddade sittplatser med skärmande baksidor mot vägen som fokuserar in fontänljudet till sittplatsen.

Det finns en skola invid parken med hastighetsbegränsning 30 km/h utanför skolan. En möjlighet är att begränsa trafikbullret genom att utöka hastighetsbegränsningen förbi parken.

Förslag nu: Flytta hastighetsskylt

Körsättet påverkar ljudet. Att möjliggöra för acceleration till 50 km/h i en uppførsbacke kan skapa mycket lågfrekvent ljud. Bilarna måste bromsa in uppe vid skolan. Flyttas hastighetsskylten ned innan parken så kan bilar och bussar köra konstant hastighet 30 km/h uppför backen längs parken. Kostnaden är för arbetet med flytt.

Förslag senare: Fontän

En fontän passar in i parkens miljö och kan bidra till en bättre ljudmiljö genom att maskera ljud från bilar samtidigt som den har flera syften. Kostnad för att installera en fontän är varierande.

Förslag senare: Ljudskyddad sittplats

Om en ljudskyddad sittplats utformas omslutande runt en bänk eller i form av en parabol så kan fontänljudet förstärkas och maskera trafikbuller ytterligare. Det kan också ge en speciell upplevd effekt då man kan fokusera in ljudet precis vid huvudet om skärmen riktas mot fontänen. Det finns färdiga parabolformade parkmöbler som kan inköpas och kostar ca 50 000 kr exkl. frakt.

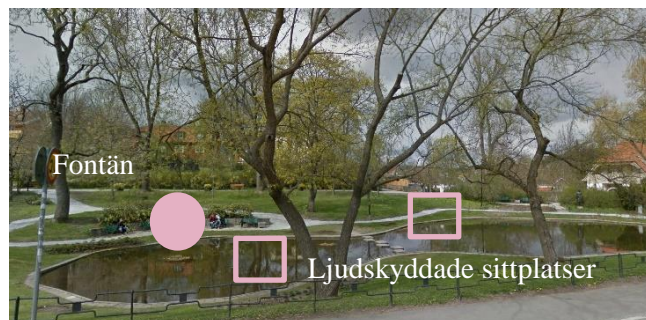
Förslag nu

Flytta hastighetsskylt



Förslag senare

Fontän
Ljudskyddade sittplatser





Fontän

Ljudskyddade sittplatser

Flytta hastighetsskylt



” Den öppna vyn är ibland viktigare än att dämpa bullret från en väg med 30 km/h



” En porlande fontän eller en lång skärm längs parkens kant mot vägen kan förbättra ljudmiljön avsevärt



Droskan

Förslag

Droskan är en park på Södermalm invid Folkungagatan. Parken är bullerutsatt av trafik från Folkungagatan. Den består av en lekpark, en fotbollsplan och en parkyta med bänkar och liten gräsyta. Förslaget i Droskan är att bygga pergolas över befintliga bänkar med en inglasad kortsida. En ytterligare åtgärd är att bygga ihop kioskerna med skärm.

Förslag nu: Ljudskyddande pergola

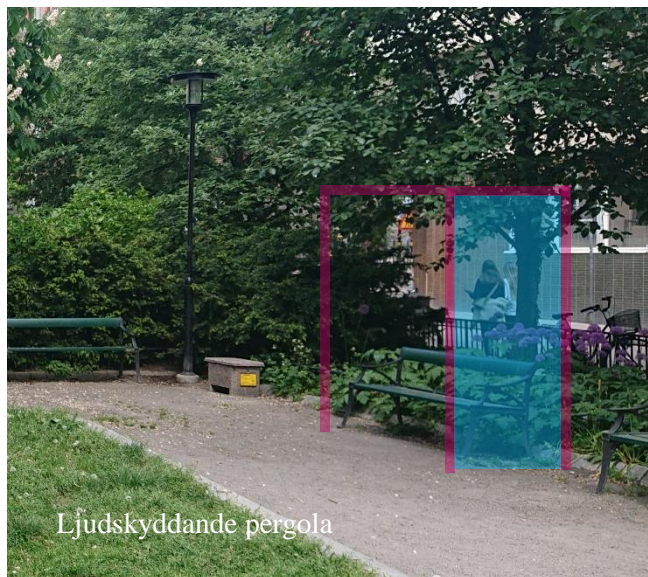
Detta förslag går ut på att bygga en pergola över befintliga parkbänkar i parkens östra kant. Kortsidorna på pergolan ska glasas in för att skärma bort buller från Folkungagatan. Kostnad är pergola, glasskiva och installation samt växter och växtbädd. Kostnaden kan variera stort beroende på val av material. Pergolan måste byggas ut på bredden för kortsidan till 1 meter så att den kan glasas in. Ljuddämpningen bedöms bli ca 6 dB närmast glaset.

Förslag senare: Använda byggnader som skärmar

Ett ytterligare förslag är att använda de befintliga kioskerna i parkens kant mot vägen och bygga ihop dessa med ett plank som går omlott som en passage in till parken. Detta gör att hela byggnadslängan kommer fungera som en bullerskyddsskärm utan läckage. Sittplatser kan placeras skyddat bakom byggnaderna och kan användas för kioskernas matgäster och parkbesökarna. För att minska intrycket av de nedklottrade kioskerna kan växtvajer fästas mot kioskens tak och bekläs med klätterväxter. Då kioskerna kan förlora några sittplatser är det lämpligt att det sätts upp skyltar på det tillkommande planket att sittplatser finns bakom kioskerna. Kostnad för skärmar i trä är ca 50 000 kr. För glas ca 100 000 kr. Bänkar, växtvajer och klätterväxter tillkommer.

Förslag nu

Ljudskyddande pergola runt bänkar



Ljudskyddande pergola

Förslag senare

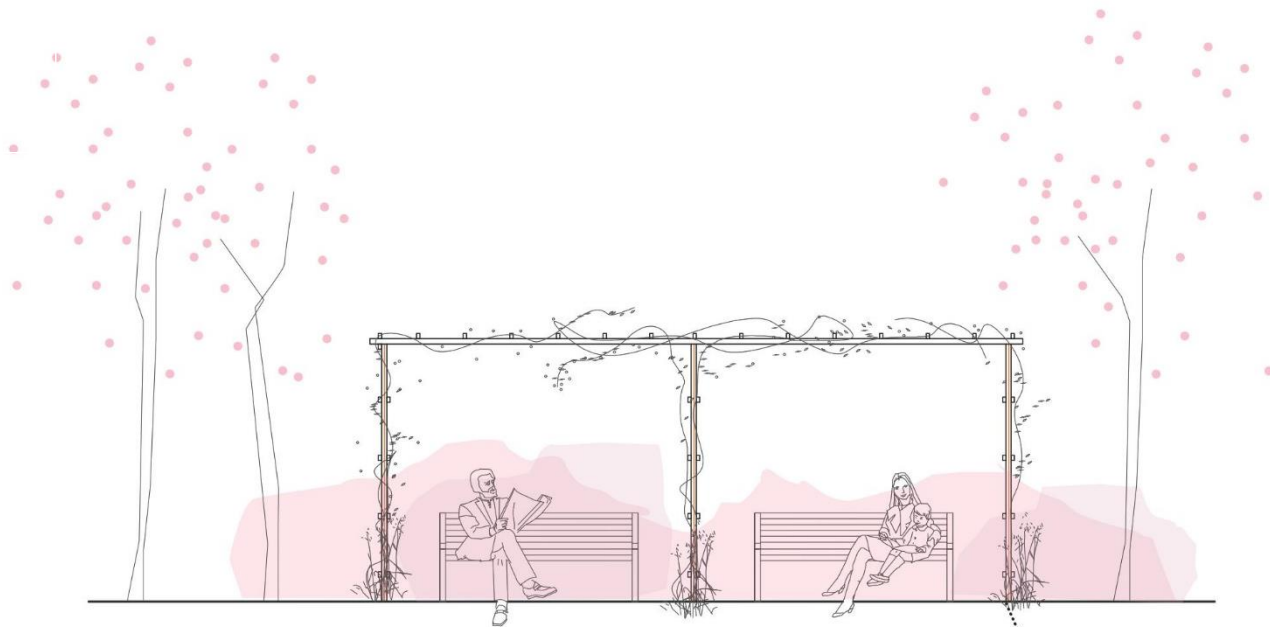
Använda befintliga byggnader som skärmar



Pergola med sidor av glas

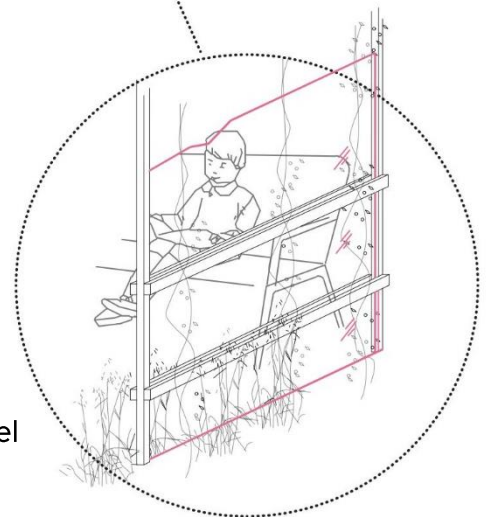
Skärmar vid öppning

ILLUSTRATION



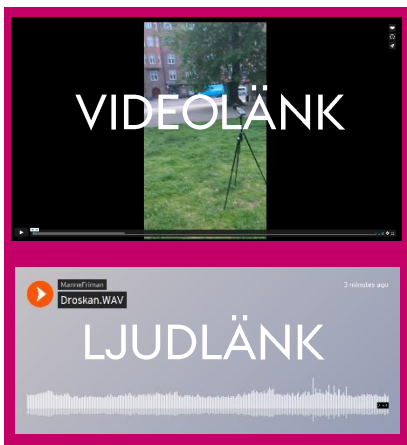
” Ljudskyddad pergola, vy framifrån

” Detalj, infästning
med ljuddämpande
Plexiglas i pergolagavel





Exempel på skärm för att koppla ihop kiosk till en lång skärm



”

En skärm mellan kioskbyggnaderna skapar en skärm längs hela parken. Då kan ljudskyddade sittplatser placeras bakom kioskerna.

Holmiaparken

Förslag

Holmiaparken ligger nära mycket trafikerade vägar och tunnelbanespår. Det finns närhet till mindre bullerutsatta rekreationsytor i Råambshovsparken. I Holmiaparken finns en porlande fontän som maskerar trafikbullret något. Denna park är intressant ur Soundscape-perspektiv då en mycket dålig ljudmiljö kan kontrolleras till en upplevd bra ljudmiljö. Ett förslag är ljudskyddade sittplatser nära fontänen med ryggen mot vägen. Ryggstöden kan vara formade som parabler för att fokusera in ljudet från fontänen. En låg bullerskyddsskärm har tidigare testats vid Holmiaparken i ett VINNOVA-finansierat projekt med positivt resultat. Det skulle kunna vara en lösning men riskerar skapa problem för trafiken. Ett förslag är att glasa det befintliga räcket mot Drottningholmsvägen.

Förslag nu: Ljudskyddade sittplatser

Ljudskyddade sittplatser skulle kunna utformas som genomsiktliga pergolas men måste glansas in baktill och på sidorna. Alternativ är mindre ljudskyddade möbler med parabolisk form som fokuserar in fontänljud. Dämpningen bedöms vara 6 dB i sittandes öronhöjd. Kostnad för en parabolisk ljudskyddande möbel är 46 000 kr exkl frakt.

Förslag senare: Glasa in räcke ned mot vägen

Som komplement till en låg skärm kan räcket ned mot Drottningholmsvägen glansas in för att dämpa buller som uppstår längre ifrån den låga skärmen.

Förslag senare: Designa fontänens ljud

Med ljudskyddade sittplatser som fokuserar in ljudet från fontänen så kan även översyn och anpassning av fontänens ljud v Fontänen skickar upp en hög stråle som pumpar upp vattnet som faller ner med plaskljud mot vattnet. Det låter ungefär som om du trampar i väldigt blöt mark, som slask. Det är inte nödvändigtvis ett dåligt fontänljud. Men ett porlande ljud, eller att dela upp strålen i flera mindre strålar, kan vara bättre. Detta går att göra med byte av munstycke på fontänen. Se exempelvis Maria Rådsten-Ekmans [studie](#) om fontänljud.

Förslag nu

Ljudskyddade sittplatser riktade mot fontän

Förslag senare

Glasa in räcke ned mot Drottningholmsvägen

Designa fontänens ljud

Låg skärm nära vägkant likt Vinnovaprojekt



Förslag senare: Låg skärm nära vägkant

En låg skärm, ca 1 meter hög och nära den närmaste vägen, kan ge god ljuddämpning i parken men kan innebära konflikter med trafik som ska köra in och ut på Gyllenborgsgatan. Den låga skärmen måste täcka hela parken och mer därtill för att ljud inte ska läcka in från sidan. Ljuddämpningen bedöms vara ca 4 dB på totalnivå. Kostnad är ca 7000 kr/m för tegelmur och 10 000-15 000 kr/m för glasskärm. Längden bör vara ca 65 m.

An aerial photograph of a city street with several architectural models overlaid. The models are semi-transparent, showing the underlying street layout and buildings. The models represent different urban design alternatives. One model shows curved seating areas, another shows a low screen, and a third shows a glass railing. The street has multiple lanes with white dashed lines. Buildings are visible on both sides of the street. The overall scene is in black and white.

Ljudskyddade böjda sittplatser

Alternativ låg skärm

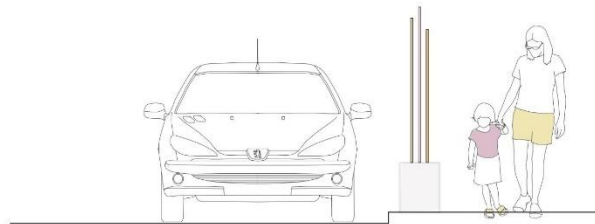
Alternativ inglasat räcke

ILLUSTRATION



Omlottskärm med viss genomsläpplighet & optiskt spel i de överlappande partierna

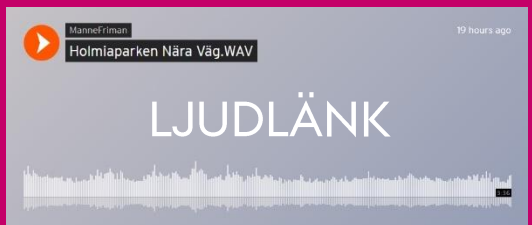
” Glasskärm omlott med färger likt byggnadsfasaderna



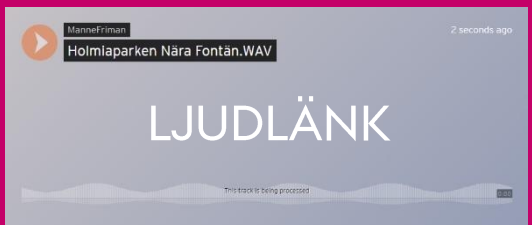
Snitt gata/trottoar



Nära vägen



Vid fontänen



Att koppla ihop byggnaderna med skärmar skyddar både lekparken och grönytan i parken där människor vistas.

Matteusskolan

Förslag

Matteusskolan ligger vid Vanadisvägen som trafikeras av både personbilar och bussar. Skolans form fångar in buller och förstärker ljudet med reflektioner. Skolan är kulturklassad varpå gestaltning måste beaktas noggrant. Öppningen vid skolgårdens grindar behöver behållas för eventuella utryckningsfordon.

Förslag nu: Teaterkuliss-skärm

Ett förslag till temporär bullerskyddsåtgärd är att bygga en låg skärm på befintligt räcke nära vägen. Utförandet föreslås vara en 1,5 m hög plywoodskiva som sågas ut och målas till att föreställa en kuliss av skolans form. Den bör ställas på betongsuggor för att ha marginal till vägen och krockskydd samt vara öppen vid skolgårdens grind. Konstruktionen kan utföras med en 15 mm plywood som fästs i betongsugga och skyddsräcket. För bättre dämpning kan den utföras med dubbel plywood på båda sidor om skyddsräcket. Då får även båda sidorna tillgång till den målade kulissen.

Effekten för lågfrekvent ljud och ljud från bilar som är längre från vägen blir begränsad så ljudet som går igenom är mindre viktigt så länge den är tät. Fokus är på att dämpa däckbuller som är högfrekvent och att dämpa ljudnivån i den höjd där barnen är.

Om konstruktionen ser sliten ut efter ett tag, blir vandaliserad eller innebär problem för snöröjning eller liknande kan den plockas ned. Fördelen med lösningen är att den är billig och lätt kan tas bort. Kostnad för 80 m plywood är ca 10 000 kr. Betongsuggor ca 1000 kr styck och behövs ca 1 per 2,5 m vilket är 32 000 kr. Målning och installation ca 100 000 kr. Ljuddämpningen är högst närmast skärmen och minst närmast skolbyggnaden. Ljuddämpningen från Vanadisvägen bedöms till ca 3 dB där skärmen inte är öppen.

Förslag nu

Teaterkuliss-skärm

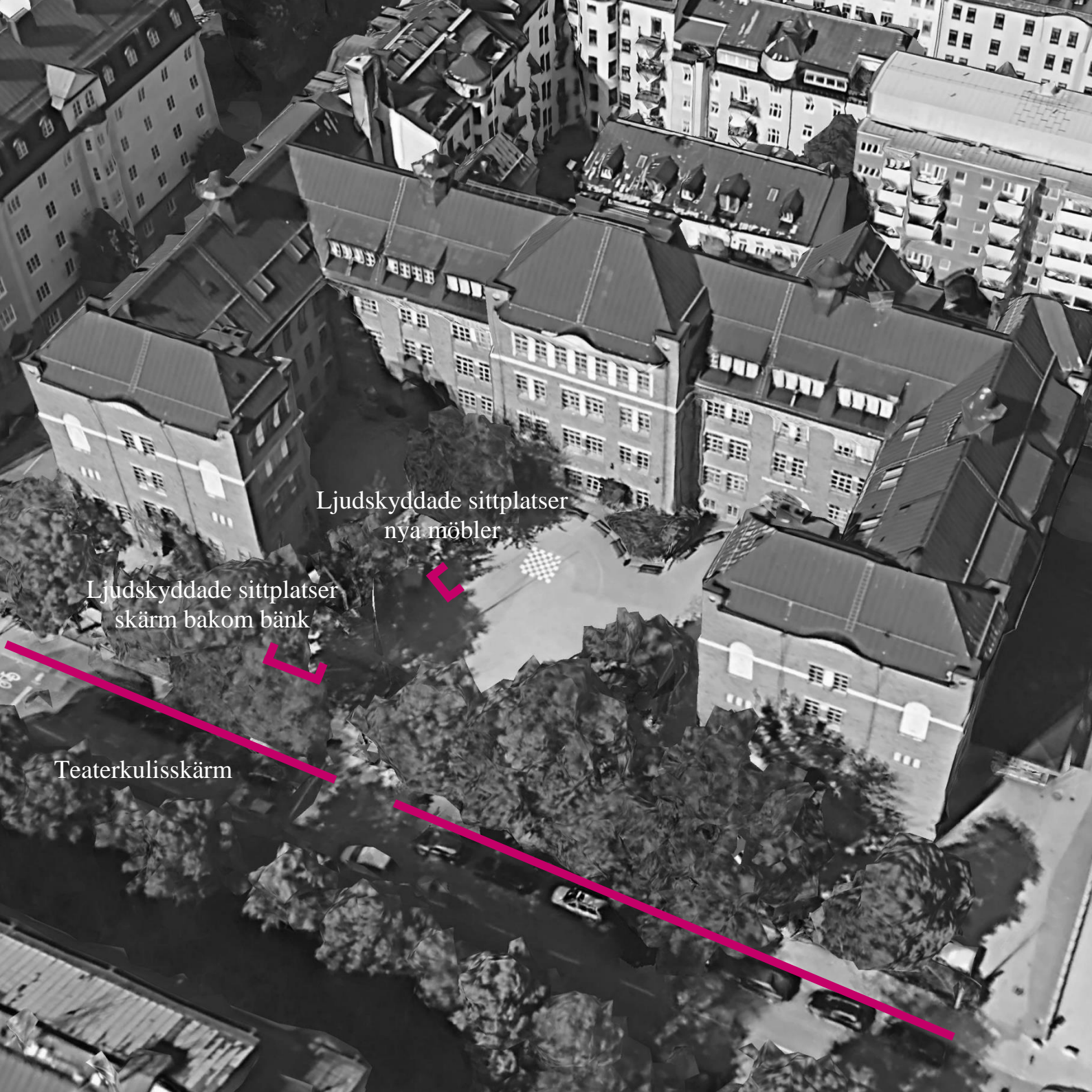
Ljudskyddade sittplatser på skolgården



Förslag nu: Ljudskyddade sittplatser

För att möjliggöra platser på skolgården med acceptabel ljudmiljö så rekommenderas ljudskyddade sittplatser. Dessa kan utföras antingen genom att bygga in befintliga bänkar med en pergola som inglasas eller genom att placera möbler som skapar en ljudskyddad plats. Förslagsvis kan bänkarna närmast vägen skyddas och måste då skärmas av både i rygg och på sidor. Alternativt kan ljudskyddande möbler ställas in i mitten på skolgården. Dessa bör vridas 45 grader från Vanadisvägen så att de inte får raka reflektioner in från skolbyggnaden.

Ett annat alternativ är klätterväggar nära lekplatser som också fungerar som lokala skärmar. En tegelmur med inbyggda ljudskyddade sittplatser skulle kunna byggas vid parkeringsytorna utanför skolan.



Ljudskyddade sittplatser
nya möbler

Ljudskyddade sittplatser
skärm bakom bänk

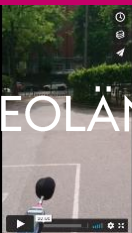
Teaterkulisskärm

ILLUSTRATION



” Ger en lekfullhet till platsen samtidigt som det kopplar till skolans gestaltning.

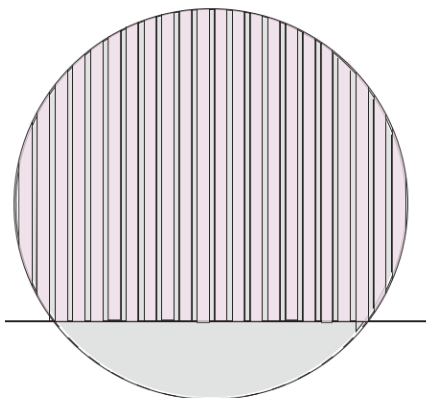
VIDEOLÄNK



Männeläsmän
Matteusskolan.WAV

18 minutes ago

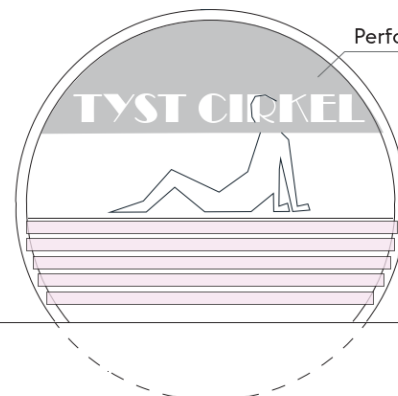
LJUDLÄNK



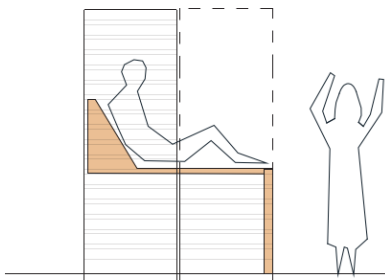
BAKSIDA.
CEMENTRING MED LOCK. CEMENTRING GES EN TRÄINKLÄDNAD, MÅLAS I SAMMA
KULÖR SOM NYA FÖRESLAGNA PARKSOFFOR.



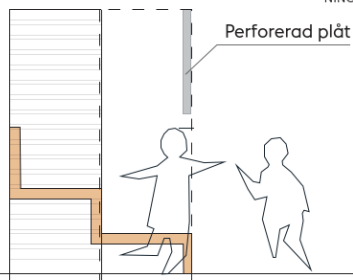
SIDA.
MED TRÄINKLÄDNAD



FRAMSIDA.
FÖR ATT YTTERLIGGARE AVSKÄRMA KAN EN PERFORERAD PLÅT TÄCKA AV ÖPP-
NINGEN. EVENTUELLT KAN MAN LÅTA SKRIVA NÅGOT I PLÅTEN.



SIDA.
DJUP- EN ELLER TVÅ RÖRDELAR. EXEMPEL PÅ HÄNG/SITTMÖJLIGHETER



” Lokala bullerskyddade sittplatser kan ge en plats där man kommer undan från bullret.

Förskola Barnhusbron

Förslag

En privat förskola är belägen vid en bostadsfastighet nära Barnhusbron på Kungsholmen. Byggnadens form är kupolformad och fångar in ljud från andra sidan vattnet där Klarastrandsleden och järnvägstrafiken ger upphov till buller. Marken vid skolgården ägs av en BRF och åtgärder kan endast utföras utanför i grönområdet. En större ljudskyddad sittplats i grönområdet närmast skolan rekommenderas.

Längs Klarastrandsleden finns en glasskärm som bedöms ge god dämpning men den avslutas i samma höjd som förskolan ligger. I svängen in mot Blekholmstunneln finns en låg stödmur som kan få bättre ljuddämpning genom komplettering med ett krön och absorpent.

Förslag nu: Ljudskyddad sittplats

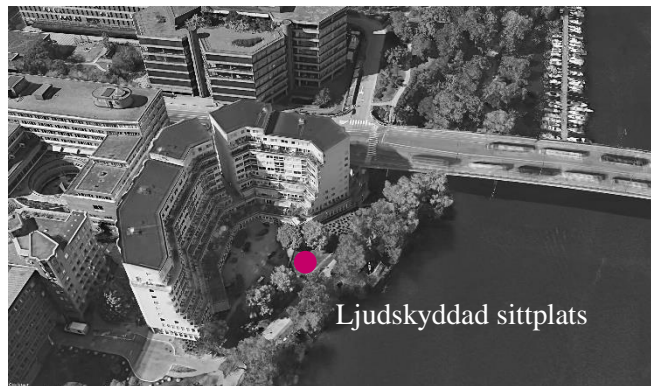
En samlingsplats med slutna sidor mot Klarastrandsleden som kan användas som bullerskydd och väderskydd för både förskolan och andra, liknande ett väderskydd för grillplatser. Ljuddämpningen uppskattas till 6-8 dB om hela baksidan mot Klarastrandsleden görs tät i väggar och tak. Den kan utföras antingen som väderskydd eller mer som en paviljong för att passa platsen. Kostnad är ca 250 000 kr för material, frakt och montering.

Förslag senare: Krön på stödmur

Det kan vara av konstruktionsskäl som glasskärmen vid Klarastrandsleden slutar där förskolan börjar. För att skydda förskolan och grönområdet på andra sidan vattnet kan den befintliga stödmuren få bättre ljuddämpande effekt genom att fästa ett absorberande runt krön på toppen av stödmuren mot vattnet och mellan körriktningarna. Stödmuren bör även bekläs med vädertålig absorpent. Dämpningen bedöms vara 3 dB. Kostnad bedöms till ca 5 000 kr/m för krön och 3000 kr/m² för absorpent. Installation och kostnad för nedstängning av körfält tillkommer. Även glasskärmen kan förbättras med krön och stödmur mot spår med absorpent.

Förslag nu

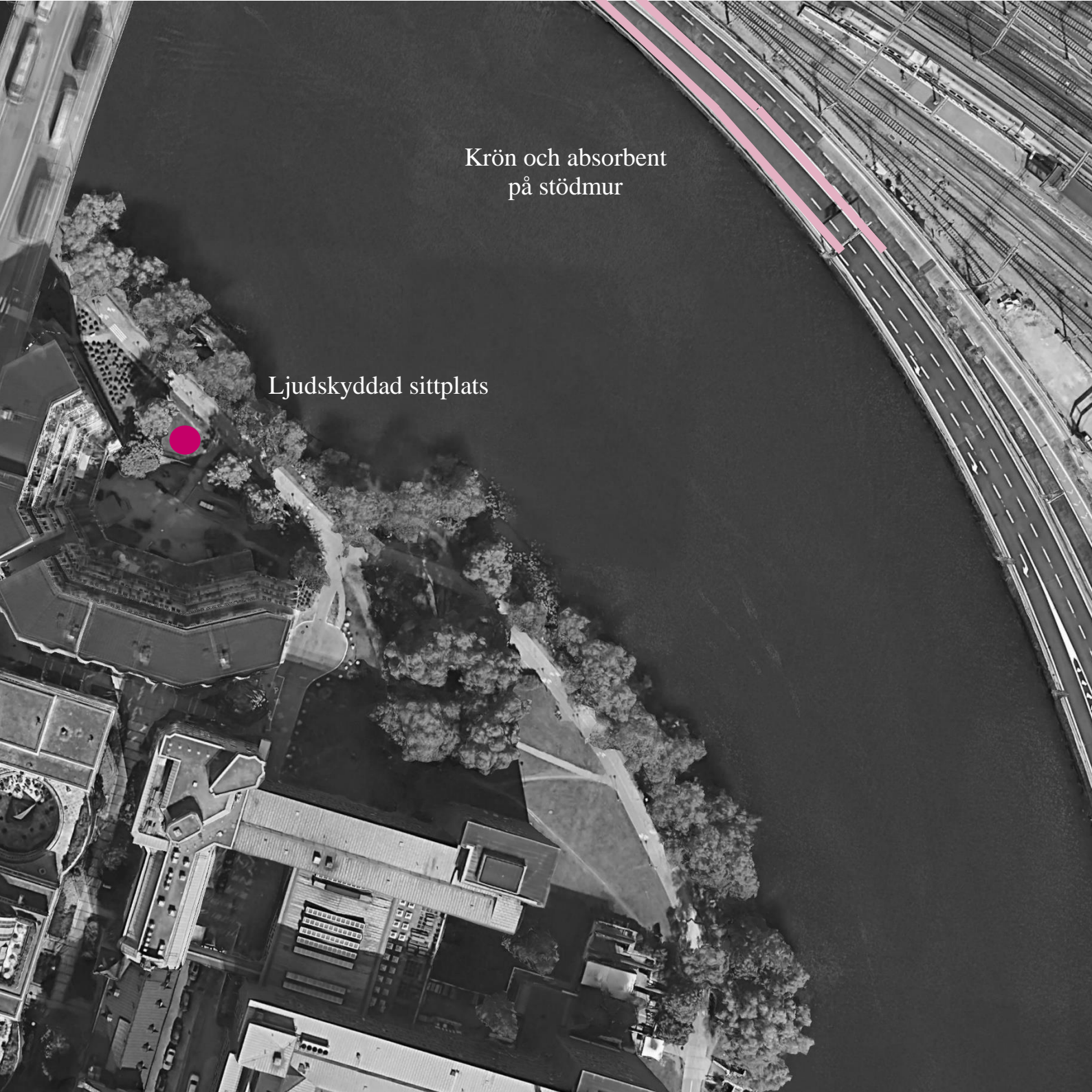
Stor ljudskyddad samlingsplats



Förslag senare

Krön på stödmur vid Klarastrandsleden





Krön och absorpent
på stödmur

Ljudskyddad sittplats



Förskolegården nedanför Barnhusbron

VIDEOLÄNK

Manneströman 4 minutes ago
Barnhusborn.WAV

LJUDLÄNK

The overlay features a pink border. The top section is a video player showing a park scene with a path, trees, and a building. The bottom section is an audio player interface with a grey background, a white play button icon, and a waveform visualization.



Skärm vid Nynäsvägen

Förslag

Vid Nynäsvägen i höjd med Globen finns bostäder nära vägen. Dessa bostäder har tidigare, cirka 1990, fått bidrag för installation av ljudreducerande fönster. De utsätts för höga trafikbullernivåer och bedöms trots fönsteråtgärder ha bullernivåer inomhus långt över idag gällande riktvärden. Höjdskillnaden mellan vägen och bostadsbyggnaden är stor, vilket gör effekt av en skärm låg. Istället är en möjlig lösning att skapa interferens av ljudet eller att bygga speciallösningar vid fasad.

Förslag nu: Ljudinterferens

Då vägen har 70 km/h skyltad hastighet så är däckljud dominerande förutom vid låga hastigheter vid köbildning. Då avståndet är kort till bostad är fortfarande frekvenserna 800-1000 Hz dominerande vid fasad. Genom att fokusera på dämpning vid dessa frekvenser kan en ljuddämpning med upp till 6 dB erhållas. Detta kan man göra t.ex. genom att bygga parallella stående skivor på befintlig refug. Djupet mellan skivorna är det som avgör ljudinterferensen där 8-11 cm motsvarar 800-1000 Hz. Skivorna bör vara ca 1 meter höga och djupet justeras för att få dämpning från bilar längre från refugen. Skivorna skulle kunna utföras i t.ex. cortenstål för att vara underhållsfria. Samma princip kan användas uppe på slutningen vid bostadsgårdens gräns mot vägen. Dämpning vid fasad bedöms vara begränsad, cirka 3 dB, på grund av höjdskillnader.

Förslag senare: Speciallösning vid fasad

Inglasade balkonger med skyddade vädringsfönster kan ge en förbättrad ljudmiljö inomhus. Alternativt kan fönster byggas in med utanpåliggande konstruktion bestående av skjutbara glasrutor samt fönsterluckor. Luft tas in från sidan av konstruktionen genom en absorberande ljudfälla. Fönstret och fönsterluckan kan öka ljuddämpning med 10-15 dB inomhus.

Förslag nu

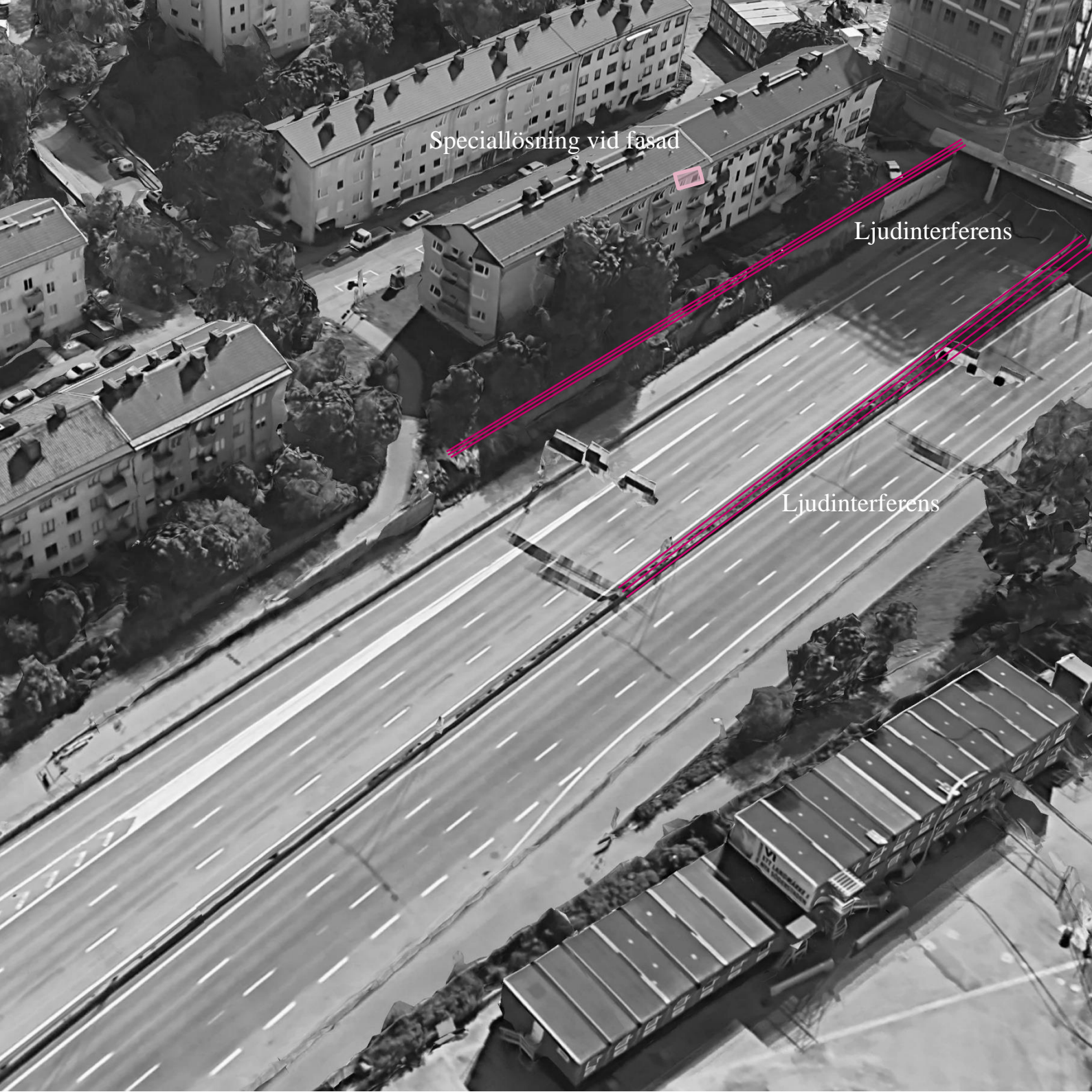
Låga parallella skivor för ljudinterferens

Förslag senare

Speciallösningar vid fasad

Speciallösningar
inglasad balking
eller fönsterluckor





Speciallösning vid fasad

Ljudinterferens

Ljudinterferens

Skärm vid Huddingevägen

Förslag

Längs med stora delar av Huddingevägen finns befintliga bullerskyddsskärmar av varierande kvalitet. Delvis är de placerade på stödmur eller vall vilket ger en brant infallsvinkel från ljudkällan, främst däcksbuller, då hastigheten är hög. Ett skärmkrön, dvs. en form på skärmens topp utformad för att dämpa ljud, kan öka skärmens ljuddämpande effekt.

Förslag nu: Skärmkrön

Skärmkrön är vanligt i andra delar av världen. Dels för att det är väl dokumenterat om den ökade ljuddämpningen som krönet tillför men också för att krön på höga skärmar är effektivt. Vid Huddingevägen så finns de höjdskillnader som är nödvändiga för att krön ska ge god effekt. Skärmen är gammal och att bygga på ett krön kan bli komplicerat för konstruktionens hållbarhet. Det är också en fråga om gestaltning så att krönet passar in på platsen. Förslaget på denna plats är att bygga på ett krön i samma trä och färg som befintlig skärm. Förslagsvis en liggande träkonstruktion uppe på skärmen som man sedan fäster tre brädor i på högkant för att skapa ljudinterferens för däckljud och flera brytpunkter för ljudet. Hålrummen som skapas mellan brädorna på högkant bör vara 8,7 cm djupt och 11 cm djupt. Krönet bygger alltså på som mest 13 cm i höjd på skärmen inklusive brädan i botten. Alternativt kan brädan i mitten höjas med stag för att ljudet ska ta en omväg motsvarande 17,2 cm och skapa ljudinterferens. Kostnad för material och installation uppskattas till 1000-2000 kr/m. Skärmen som kan byggas på är ca 800 m lång vilket ger en kostnad om 800 000 - 1 600 000 kr. Krönet måste slitsas i sektioner så att vatten kan rinna av och bör med fördel utföras med lutning mot slits. För att underlätta underhåll kan det vara lämpligt att utföra allt i plåt likt ett väderskydd för skärmar.

Förslag nu

Skärmkrön på befintlig skärm

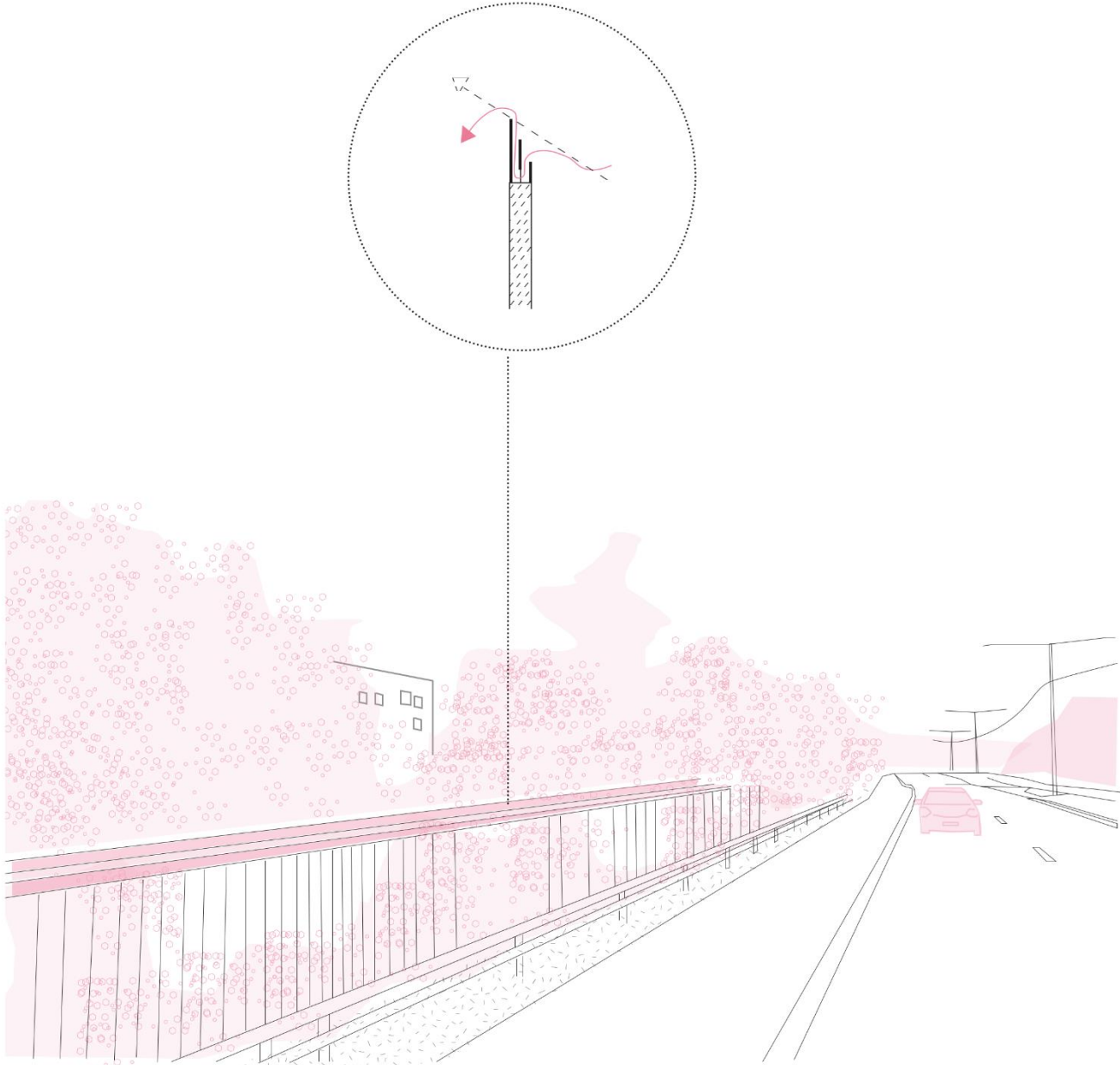


Huddingevägen kan med fördel utföras med
lågbullrande vägbeläggning

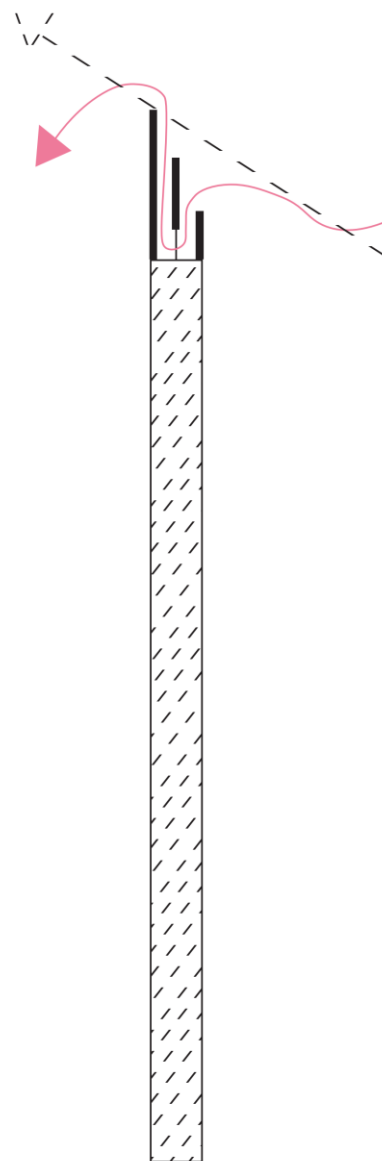
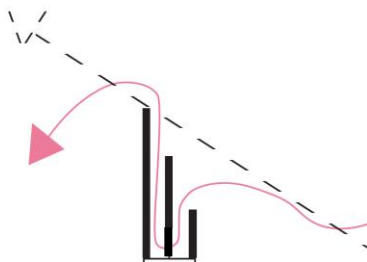
Krön på befintlig skärm



ILLUSTRATION



” Skärmkrönet illustreras här med tre bräddor på högkant.
Bräddan i mitten höjs upp för att ljudet ska
ta omväg och skapa ljudinterferens.
Bräddan i mitten kan också slutas mot botten.
Måste inte vara trämaterial, kan även vara plåt eller plast.



Skärm vid Bromstensvägen

Förslag

Bromstensvägen i Spånga är starkt trafikerad. Nära vägen finns en befintlig bullerskyddsskärm mot bostäder. Närheten till vägen gör att ett skärmkrön kan bli effektivt då infallsvinkeln gör att mycket ljud bryter vid krönet.

Förslag nu: Skärmkrön

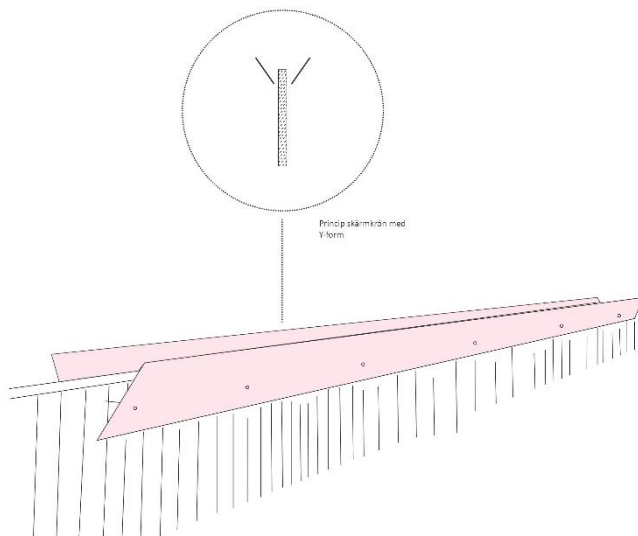
Vid Bromstensvägen rekommenderas ett Y-format krön genom att fästa in två lutande brädor nära krönet. De bör sticka upp 15 cm ovanför befintlig skärm med lutning ut mot vägen. För att hantera skyfall bör de inte sluta tätt mot skärmen, ljudet som kommer igenom öppningen blir mer dämpat än ljudet som kommer över krönet. Extra brytpunkter ökar ljuddämpningen och absorberande ytor ökar ljuddämpningen ännu mer.

Infästning bör ske med skruvar genom skärmkrönets brädor och in i befintlig skärm, gärna så att de är genomgående till brädan på andra sidan. Ovansidan av brädan på skärmkrönet kan även fästas mot den andra brädan av skärmkrönet med stag.

Kostnad för material och installation uppskattas till 1000-2000 kr/m. Skärmen är ca 800 meter lång vilket ger en total kostnad om 800 000 - 1 600 000 kr.

Förslag nu

Skärmkrön på befintlig skärm





Skärmkrön

Skärm vid Drottningholmsvägen

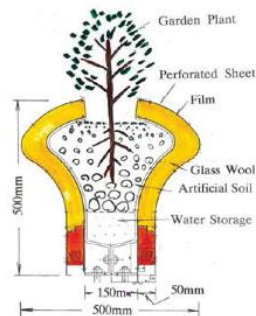
Förslag

Drottningholmsvägen (väg 261) är hårt trafikerad. Längs med vägen nära bron finns bostäder och en befintlig bullerskyddsskärm. Skärmen är vackert gestaltad med grönska och sektioner i glas. Ett skärmkrön kan öka ljuddämpningen men behöver anpassas till skärmens gestaltning.

Förslag nu: Skärmkrön

På denna skärm rekommenderas ett rundat absorberande krön. Detta kan fås genom att fästa en 30 cm bred plåt platt på krönet, på denna plåt fästs en välvd plåt som bekläs med både packad mineralull och sedan mindre packad mineralull. Ytterst fästs ett väderskydd som skyddar absorbenterna. Dessa kan med fördel bekläs med de befintliga klättrväxterna ovanpå så att de växer över krönet. Denna form kan även fungera som ett filter för luftföroreningar där växter och absorbent agerar filter. Kostnad för material och installation uppskattas till 1000-2000 kr/m. Skärmen är ca 700 m lång vilket ger en total kostnad om 700 000 - 1 400 000 kr. Dämpning ≤ 2 dB

Alternativ till mineralull kan vara en form för plantering med håligheten fylld med jord som absorbent. Detta kräver dock att krönet håller fast jorden men ger fördelen att det går att plantera i krönet.



Förslag nu

Skärmkrön på befintlig skärm





Skärmkrön

Skärm vid Väg 226

Förslag

Längre söderut på Huddingevägen (väg 226) i Bandhagen finns en skärm vid Fjugestagränd. Den ljuddämpande effekten av skärmen bedöms vara begränsad då den är för låg i jämförelse med vägens bredd och höjden på bostäderna. Mellan skärmen och bostäderna finns en grön gårdsyta som ligger lägre än vägen, vilket möjliggör ljudskugga.

Förslag nu: Skärmkrön

Ett skärmkrön kan öka ljuddämpningen genom att ha fler krön än ett där ljudet behöver bryta. Ett sätt att göra detta är att fästa brädor liggande parallellt i höjd med skärmens krön. Det kan vara mellanrum mellan skärmen och krönet vilket ger ett avstånd mellan krönen där ljudet behöver bryta flera gånger. Detta kan öka ljuddämpningen för skärmen och förbättra ljudmiljön vid gårdsytan. Det krävs dock en högre skärm eller en låg skärm i mitten för att kunna dämpa ljud från de bortre körfälten.

Kostnad för material och installation uppskattas till 5000 kr/m. Skärmen är ca 300 meter lång vilket ger en total kostnad om 1 500 000 kr.

Förslag senare: Låg skärm mellan vägar

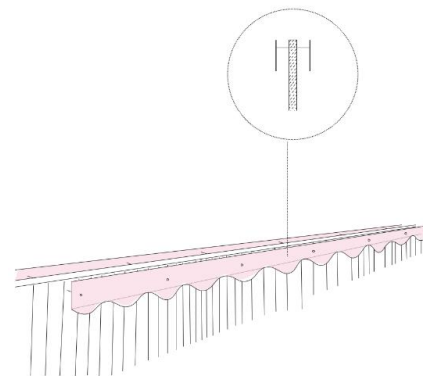
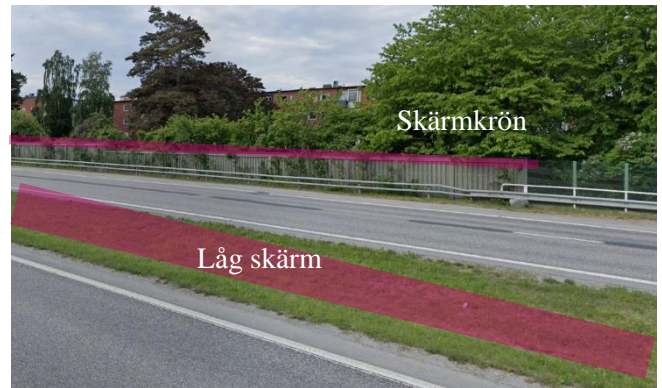
Viss ljuddämpning kommer fås vid fasad men för att få fullgod effekt måste det bortre körfältet också skärmas. Detta kan utföras t.ex. genom att bygga en 1,5 m hög gabionmur i buffertzonen mellan körriktningarna men då krävs skyddsräcken för trafiksäkerheten.

Skyddsräcke med inbyggd absorbent och skärm som kostar ca 5000 kr/m för material och installation. Resonatorer med ljudinterferens kan grävas ned i marken.

En låg T-formad tegelmur har nyligen byggts i Helsingborg och de positiva erfarenheterna från det projektet kan användas här om skydd kan byggas.

Förslag nu

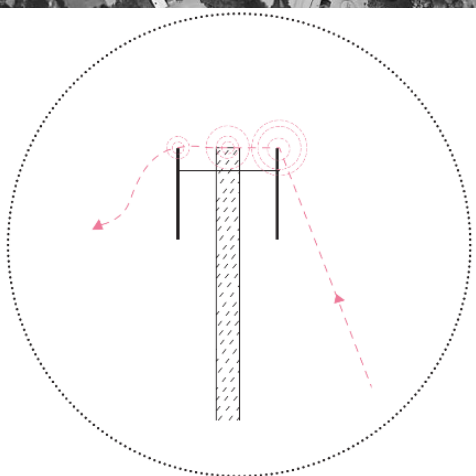
Skärmkrön på befintlig skärm





Skärmkrön

Låg skärm



Naturområde Judarskogen

Förslag

Drottningholmsvägen har mycket trafik som går genom Bromma (Väg 275). Vägen går delvis längs med Naturområdet Judarskogen, som är utpekat som ett tyst område i Guide till tystnaden.

Förslag nu: Resonatorer i marken

Resonatorer av ihåliga betongblock kan grävas ned invid väggrenen. Dessa kan utformas så att de hanterar dagvatten samtidigt som de skapar interferens för däckbuller. Ljudet dämpas genom att toppen är formad som flera kvartvåglängds-resonatorer likt förslaget för skärmkrönet vid Huddingevägen. Med rätt infallsvinkel så kommer ljudvågorna tryckas uppåt i luften vid interferensen vilket gör att ljudet riktas bort från känsliga områden. Den uppmätta ljuddämpande effekten är som högst 4 dB.

Kostnad för material om man köper resonator uppskattas till 1000 kr/m inklusive frakt. Området längs med Judarskogen är ca 900 m långt vilket ger en total kostnad om 900 000 kr om hela sträckan längs naturområdet ska åtgärdas. Dämpning upp mot 4 dB. Samma effekt kan fås genom att gräva ned ihåliga betongblock om man slitsar hål uppåt. Dessa bör då läggas med lutning som gör att vatten kan rinna av.

Förslag senare: Gummiduk under vägräcke

Ett alternativ är att hänga en gummiduk med hög ytvikt i underkant på befintliga vägräcken så den hänger ned mot mark. Detta skapar en låg bullerskyddsskärm av vägräcket. Vid snöröjning så trycks duken upp. Det bör observeras att om något installeras på ett vägräcke så är inte säkerhetsegenskaperna intakta. Vikten ska vara lägre än 20 kg vilket innebär en mycket tunn duk. Det är också viktigt att bultar som fäster duken inte lossnar om räcket böjs vid en krock. Rekommenderat material är tjock gummimatta med hög ljuddämpning.

Förslag nu

Resonatorer i väggrenen



Förslag senare

Gummiduk hängande under vägräcke



Ljud böjs upp om resonatorer finns i marken. Hålrum som ljudet tränger ner i och sedan studsar upp i kan få ljud att släckas ut och styras undan om djupet på hålet är rätt



275

Kadebyvägen
Bergslagsvägen

Tegnbyvägen
Kobboföskavägen

Ringsjövägen
Aloppevägen

Stolpevägen
Beckombergsvägen

nylundsgrens-väg

Grubbkärsvägen
Fågelvägen

Friemsvägen
Tallgatan

Fritidsvägen
Gubboföskavägen

Balgängsvägen
Backskärån

Fågelviksvägen
Skallösvägen
Öbacksvägen

Nockebyhov

Ryssmurvägen
Årslättsvägen
Rånösvägen
Kvansstadvägen
Hämsövägen

Åkeshovs-Gårdsväg

Drötningsholm

Tegelbacken

Förslag

Den offentliga platsen Tegelbacken avser området längs med kajen vid Klara Mälarstrand, Järnvägsparken och upp mot Rosenbadsparken. Det är ett vackert gångstråk där också många turister passerar mellan Rosenbad och Stadshuset. Området är dock mycket bullerutsatt från Centralbron med vägar och järnväg samt trafik vid Tegelbacken. Det är komplicerat att lösa bullret då ljudet kommer främst ovanifrån från vägtrafik på Centralbron.

Förslag nu: Ljudskyddad sittplats

Möjligheten att göra ljudskyddade sittplatser är komplicerat vid Centralbron då ljudet kommer från många håll och ovanifrån för Centralbrons trafik. Detta innebär att formerna på ljudskyddade sittplatser riskerar att fånga in ljudet snarare än skärma bort det. Tre platser ha ändå pekats ut som möjliga. Den mest lämpliga platsen är vid Klara Mälarstrands kajplats nära turistbåtarna. En trappformad sittmöbel med höga sidoskärmar i tre riktningar och öppningen vriden bort från Centralbron. Inspiration kan hämtas från sittplatsen vid Grand Hotel.

Vid Rosenbadsparken finns flera bänkar som kan skyddas med en enkel skärm som är 1 meter bred och 1,5 meter hög vid sidan om bänken. Dessa ställs i riktning mot Centralpalatset för bästa effekt. T.ex. kan den gröna skärmen vid Fredhällsparken, som ska rivs, styckas upp i sektioner och placeras med en sektion per bänk. De kan sedan smyckas med blommor likt skärmen vid Lidingövägen.

I Järnvägsparken finns ringar av tegel, buller kommer från sidan och ovanifrån. Förslagsvis byggs ett tak av tegel där man kan sitta ljudskyddat vid en välvd bas likt bilden till höger. Med rätt form så kan man höra varandra viska från hörn till hörn då ljudet klättrar längs taket som vid Whispering Gallery i New Yorks Central Station. Gummimattor som hängs på broarnas räcken kan dämpa bullret avsevärt men behöver gestaltas på lämpligt sätt.

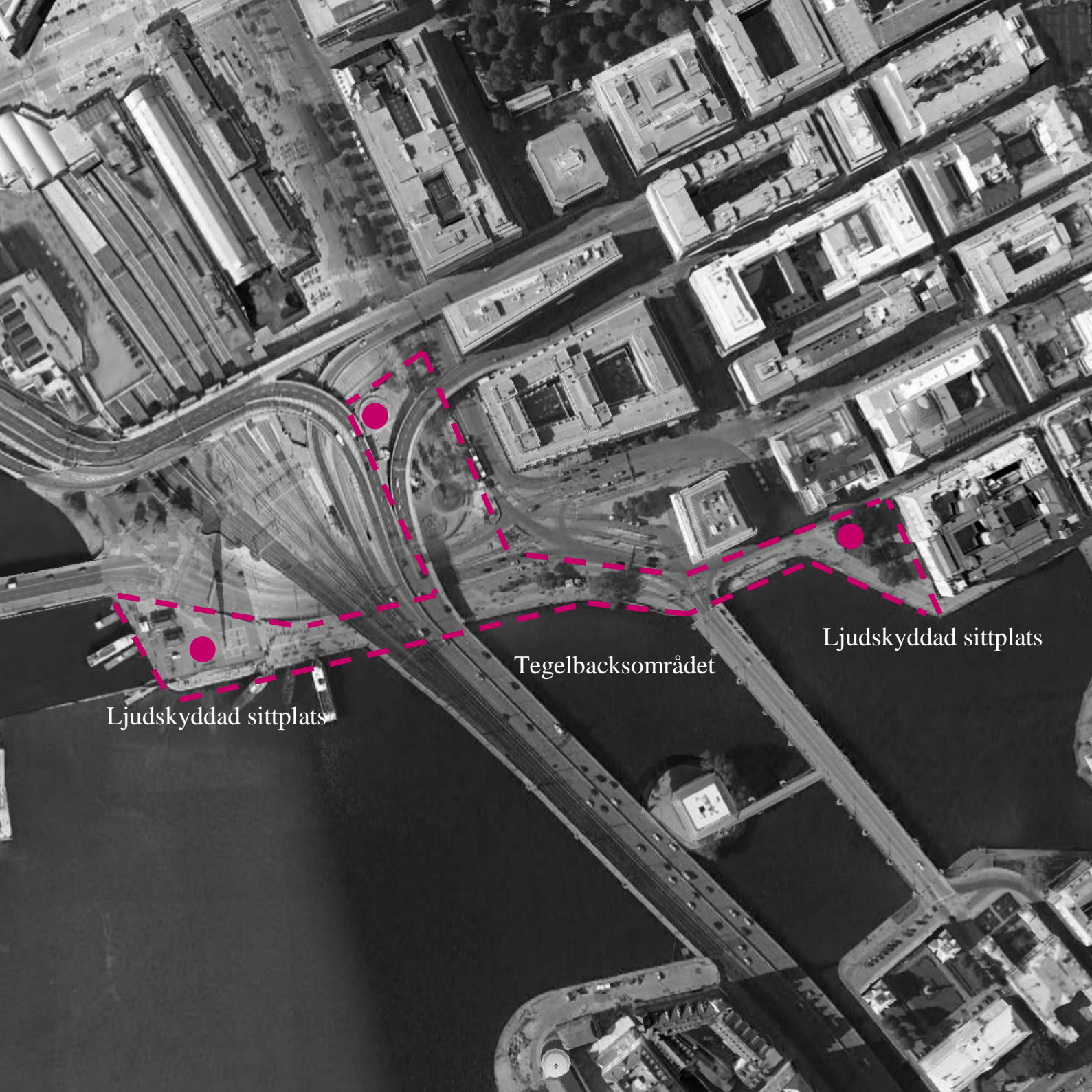
Förslag nu

Ljudskyddad sittplats



Förslag senare

Ljudinstallation under centralbron

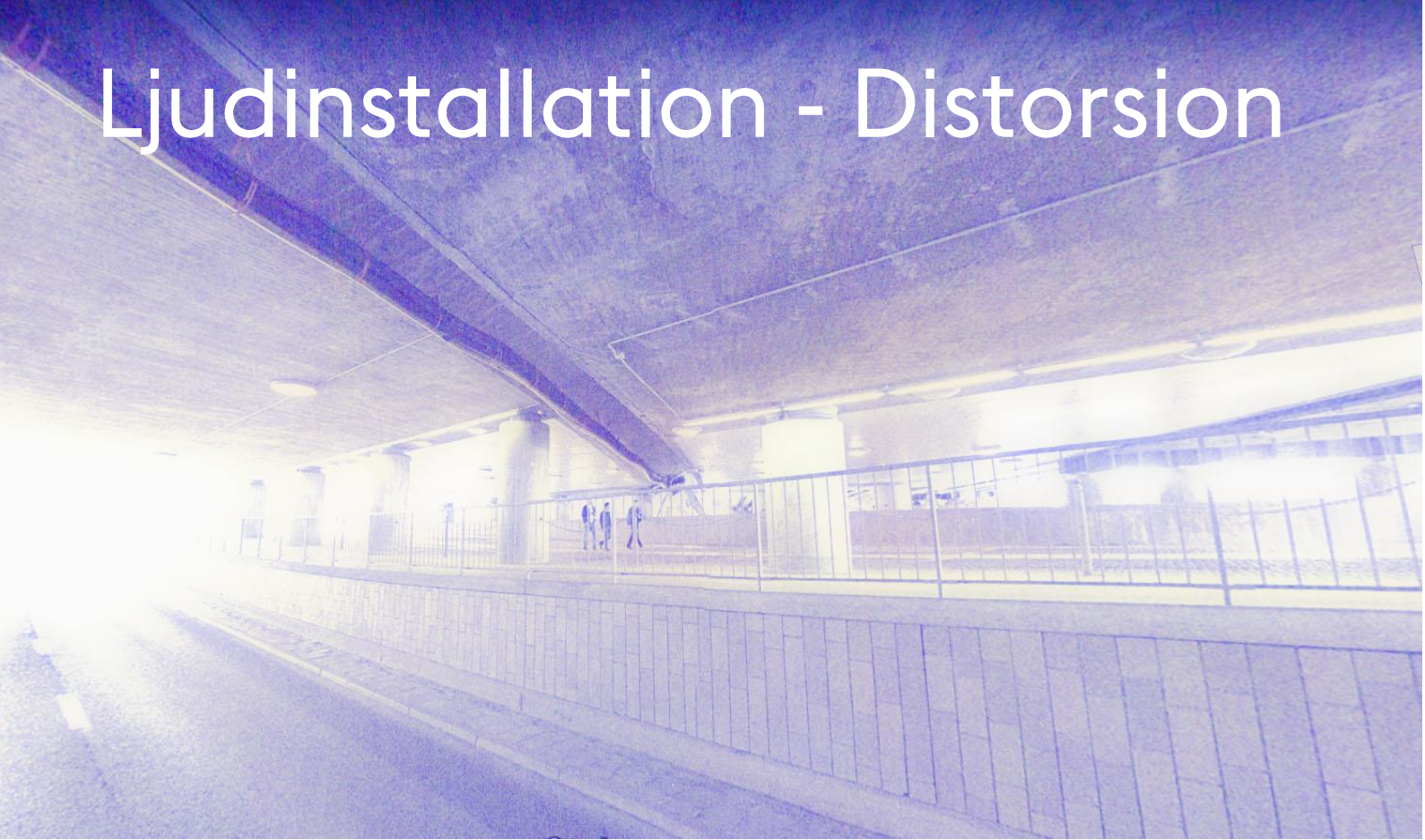


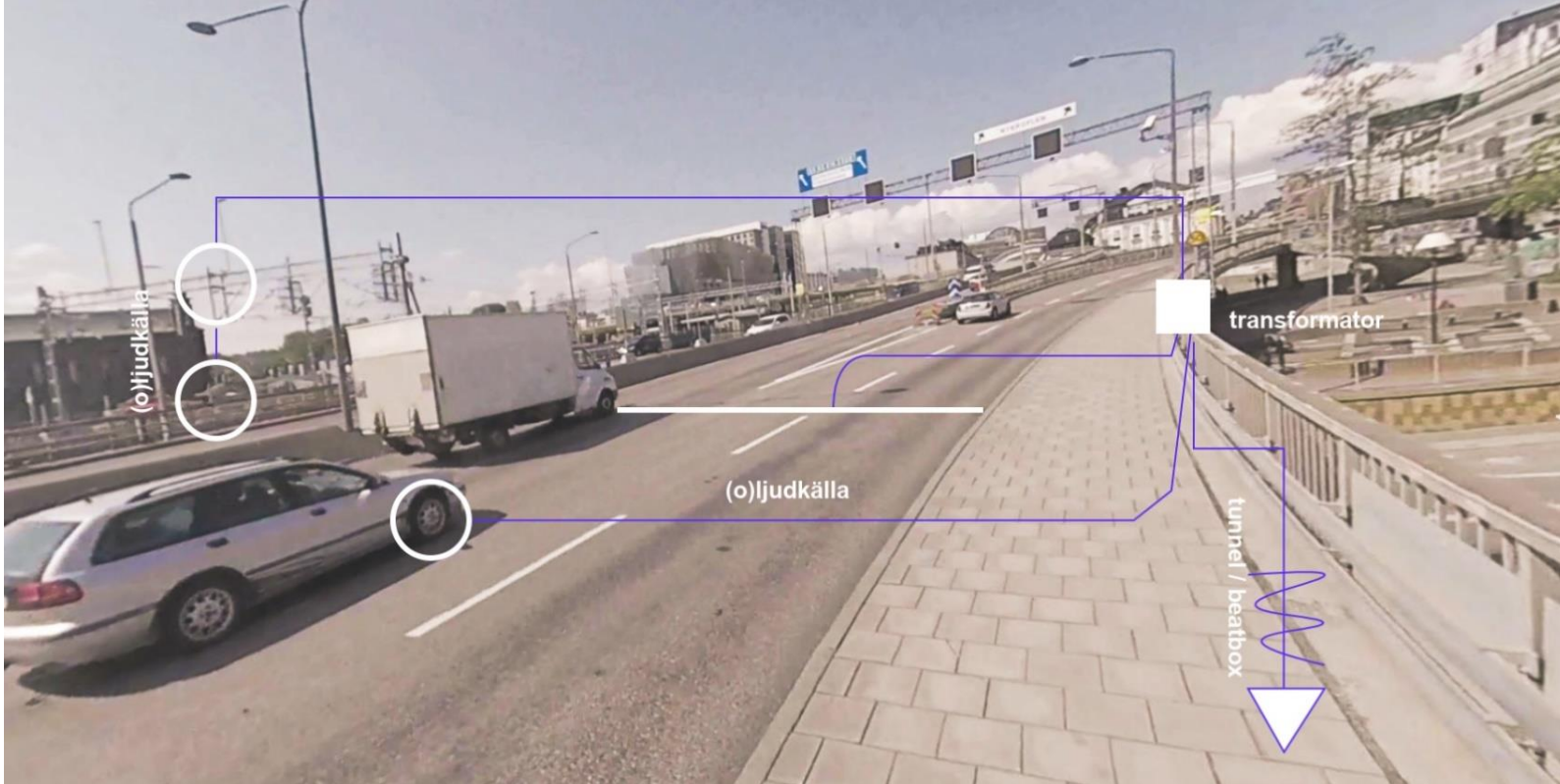
Ljudskyddad sittplats

Tegelbacksområdet

Ljudskyddad sittplats

Ljudinstallation - Distorsion





” En ljudinstallation under Centralbron kan skapas för att få invånarna att lyssna på stadens ljud.

Genom att transformera ljudet från fordonen som går över Centralbron och skicka ned ljuden med en distorsion så kan man skapa en plats för en unik upplevd ljudmiljö.

Stadens ljud blir till musik genom:

Gitarren som är vajrar som hänger under bron och fästs i mark.

På vajern fästs rör som förstärker vajerns ljud från trafikens vibrationer. Dessa kan även spelas på av förbipasserande för att skapa interaktivitet.

Basgången och sången är trafikljud som transformeras i realtid och förändras till harmoniska stämmor av trafikljudet.

Trumman är däckens dunsar över brofogarna.

Tågen sätter rytmen.

Olika låtar hela tiden av stadens puls.

Lågbullrande vägbeläggningar

Vad är "Tyst asfalt"?

Lågbullrande vägbeläggningar, också känt som Tyst asfalt, är vägytor utformade för att dämpa ljud. Det är ett mycket effektivt sätt att begränsa ljudets spridning då det dämpas vid källan. Kontakten mellan däck och väg är den dominerande ljudkällan från bilar som kör i konstant hastighet över 30 km/h. Buller dämpas vid alla hastigheter men lågbullrande beläggning är mest effektivt vid höga hastigheter där däckbuller dominerar över motorljudet. Åtgärden dämpar inte bara ljudet vid en specifik plats utan generellt i hela stadsmiljön vilket ökar nyttan. Dock finns det svårigheter med dessa vägbeläggningar och de kan också vara kostsamma. I Sverige så använder vi vägbeläggningar som ska tåla vinter och dubbdäck. Det innebär hårda ytor och större stenstorlek i asfalten. Ur bullersynpunkt är detta ett av de sämre valen. Liten stenstorlek, jämn yta och porös vägbeläggning med håligheter är mest ljuddämpande.

Exempel på lågbullrande vägbeläggningar är:

- Porös asfalt i enkelt lager (dränasfalt)
- Porös asfalt i dubbelt lager (dubbeldränande)
- Stone mastic asphalt (för dubbdäck men slät)
- Tunna vägbeläggningar
- Poroelastisk vägbeläggning
- Mindre stenstorlek

De mest effektiva ljuddämpande vägbeläggningarna är poroelastisk vägbeläggning eller porös asfalt som är dubbeldränande. Tyvärr har just dessa typer visat på kort varaktighet och försämrad effekt över tid. Men positiva exempel finns, som sträckan på E4 vid Husqvarna, där ljuddämpningen hållit i 6-7 år. På grund av höga kostnader och svårighet att dränera vatten i stadsmiljö är mindre stenstorlek den typ som passar bäst i staden.

Gott exempel Stockholm:

Vid Hornsgatan har man lagt en mindre stenstorlek och förbjudit dubbdäck. Ljuddämpningen har från initiala mätningar något år efter omläggning visat på 3 dB lägre ljudnivåer. Det återstår dock att detta följs upp för att följa beständigheten. Omläggningen och dubbdäckförbudet utfördes på grund av dålig luftkvalitet. Dubbdäck leder till högre partikelspridning då de sliter på vägen. Det är därför positivt för både buller och luftkvalitet att utföra denna typ av åtgärd. Dubbdäck är det största problemet med lågbullrande vägbeläggningar då de sliter sönder vägen och den ljuddämpande effekten. Dubbdäck är också bullrigare än friktionsdäck. Friktionsdäck är till och med tystare än sommardäck. Så att förbjuda dubbdäck och använda mindre stenstorlek är bra för att minska slitage på vägar och ger dubbel förtjänst genom dess ljuddämpning. Samtliga större vägar som ska få ny beläggning bör utredas för möjligheten till mindre stenstorlek för att dämpa buller.

Gott exempel Oslo:

I Oslo gav staden bidrag till bilägare som lämnade in dubbdäck och bytte mot friktionsdäck mellan 1999-2000. Bidraget var 250 kr per däck och samtidigt införde man avgift på 1000 kr per vinter för invånare som körde med dubbdäck i staden. Det gjorde att 34 000 Oslobor bytte till friktionsdäck och andel som körde friktionsfritt i Oslo steg från 50% till 78%. Försöket upprepades 2004-2005. I Stockholm var det år 2016 45% som körde dubbfritt. En övergång till dubbfria däck genom t.ex. bidrag vid däckbyte, marknadsföring av de tystaste däckfabrikaten eller som reducerad parkeringsavgift kan vara metoder som ger positiva effekter för ljudmiljön och ge samhällsekonomiskt nytta samtidigt som det innebär bättre luftkvalitet och minskat vägsnitage. Det ger också bättre möjlighet att använda mindre stenstorlek på vägar.



” Vägbeläggnigen påverkar hur ljudet låter. Gatsten låter ca 3 dB högre än vanlig asfalt. Vägbeläggnig med mindre stenstorlek som försöket vid Hornsgatan med 8 mm låter ca 3 dB lägre än vanlig asfalt. Ljudskillnaden mellan gatsten och Hornsgatan är två fördubblingar.





Verktygslådor

Verktygslåda	Effekt på ljudmiljön (Högst effekt på ljudmiljön till vänster lägst effekt till höger. Kostnad som låg \$ till hög \$\$\$\$\$)							
	Makroskala	Bullerfria zoner \$\$\$\$	Geo-fencing \$\$\$\$\$	Omdirigering av trafik \$\$\$\$	IOT-Trafik \$\$\$\$\$	Främjad kollektivtrafik \$\$\$\$\$	Tullar och trängselskatt \$\$\$\$\$	Omfattande cykelnät \$\$\$\$\$
Stadsplanering	Bullerkart-läggning & åtgärds-program \$\$	Planering Placering Utformning \$	Tillgång till tyst sida \$	Tysta innergårdar \$	Tysta stråk och parker \$\$	Urban morfologi \$	Parametrisk design \$	Buffertzon från väg \$\$\$
Fasadförbättringar	Byte av fönster \$	Tilläggsruta \$	Inglasning av balkong \$	Ljuddämpad ventilation \$	Glasruta på fasad \$	Fönsterluckor \$	Täta räckan på balkong \$	Täta lister & dreva fönster \$
Trafikreglering	Omdirigering av trafik \$\$\$	Förbud mot trafik nattetid \$	30-zon \$\$	Sänkt hastighet \$	Grön våg \$\$	Avsmalning av väg \$\$	Minirondell \$\$	Förbud dubbdäck \$
Nära ljudkällan	Tyst asfalt \$\$\$	Tystare däck \$	Elbilar \$\$	Tyst asfalt \$\$	Slipad asfalt \$\$	Låga skärmar \$\$	Resonator i vägen \$\$	Nedsänkta körspår \$\$
Skärmar	Lutande skärmar \$\$\$	Gröna skärmar \$\$\$	Biobarriär \$\$\$	Sonic crystals \$\$\$	Låga skärmar \$\$\$	Vägräcke med skärm \$\$\$	Absorberande skärmar \$\$\$	Diffuserande skärmar \$\$\$
Skärmförbättring	Skärmkrön \$\$	Förlänga eller höja skärm \$\$	Aktiv ljuddämpning \$\$	Använda ljudkuggan \$	Absorberande diffuserande \$	Täta gamla skärmar \$	Träd bakom skärm \$\$	Gör grön för luft \$\$
Vallförbättring	Skärm på krön \$\$\$	Förläng eller höj \$	Brant nära ljudkällan \$	Uppbyggd med stödmur \$\$	Refraktion på ytan \$	Använda ljudkuggan \$	Trappformad lutning \$	Grönska som dämpar vind \$
Ljudskyddad sittplats	Stormvattenrör görs till möbel \$\$	Bänk med högt ryggstöd \$	Mobil vägg vid befintlig bänk \$	Sittplatser som vägnära skärm \$\$	Placera sittplats i tyst plats \$	Skydd bakom huvudet \$	Möbler som förstärker samtal \$\$	Möbler som förstärker naturljud \$\$
Ljudmiljö	Tysta stråk och parker \$\$	Fontäner \$\$\$	Tysta sittplatser \$\$	Lägga till ljud \$\$	Lägg till grusvägar \$\$	Mänskliga ljud från funktioner \$\$	Locka småfåglar \$	Vegetation \$\$
Gröna lösningar	Gröna skärmar \$\$\$	Vallar \$\$\$	Låga gröna skärmar \$\$\$	Gröna spår \$\$\$	Gröna tak \$\$\$	Markbearbetning \$\$	Gröna befintligt \$\$	Gröna fasader \$\$
Innovativa lösningar	Akustiska metamaterial \$\$	Sonic crystals \$\$\$	Resonator på skärm \$\$	Refraktor \$\$\$	Interferens \$\$	Resonatorer \$\$	Ljuddämpade brofogar \$\$	Aktiv ljuddämpning \$\$\$



Verktygslådor

Exempel för inspiration

I detta avsnitt beskrivs olika typer av verktygslådor med fokus på ljudmiljö. Förslagen i verktygslådorna baseras på exempel från studier, forskning och verkliga exempel med mätningar. De angivna ljuddämpningarna är översiktliga då effekten varierar beroende på plats, höjd och avstånd samt hur stort område som dämpas. Därför är även kostnadsuppskattningar väldigt grova i sammanfattningen då det bör relateras till hur många som påverkas av ljuddämpningen och andra eventuella fördelar med åtgärden. Även kvantiteterna påverkar kostnaden.

För att kunna ge en fingervisning om vilka kostnader som kan förväntas så är dollartecken skrivna i den sammanfattande tabellen. Antal tecken betyder:

\$ - tiotusentals kronor

\$\$ - hundratals kronor

\$\$\$ - miljontals kronor

\$\$\$\$ - tiotals miljoner kronor

\$\$\$\$\$ - hundratals miljoner kronor

Graderingen motsvarar ungefär vad det brukar kosta att göra denna typ av åtgärd och motsvarar ”en enhet”. Observera att det kan bli missvisande för vissa typer av åtgärder, då t.ex. tyst asfalt kan skapa ljuddämpning för väldigt många och en bättre ljudmiljö allmänt men till en mycket hög kostnad. Kostnaden ska ses som uppskattning och motsvarar ungefär vad det brukar kosta. Det kan variera stort i olika situationer och ge många andra nyttor beroende på åtgärd. För mer korrekta kostnadsuppskattningar rekommenderas att läsa i referenserna där kostnad anges i euro per löpmeter eller kvadratmeter för vissa typer av åtgärder.

Referenser

Local noise action plans – EU projekt Silence

Novel solutions for quieter and greener cities – EU Hosanna

The Urban sound planner - EU Sonorus

Optimised noise barriers - Veijdirektoratet

Skapa goda ljudmiljöer – SKL

Innovative noise reduction EU CEDR Call 2012-2017

Environmental noise barrier: A guide to their acoustic and visual design



**Bullerfria
zoner**



Geofencing



**Smarta
transporter**



**Tullar och
Trängselskatt**

**Verktygslåda
Makroskala**



**Omdirigering
av trafik och
tung trafik**



**Omfattande
cykelvägsnät**



**Främjad
kollektivtrafik**



IoT-trafik

Verktygslåda Makroskala

Makroskala

Makroskala avser i detta fall en nivå som täcker en hel stad och som påverkar ljudmiljön generellt över större områden.

Bullerfria zoner

Ett begrepp i åtgärdsprogram mot buller i Europa är bullerfria zoner. Där kategoriseras staden upp i olika delar och vissa zoner tillåts vara bullriga medan andra zoner skyddas från buller. Åtgärden kan användas på ett strategiskt plan för att avgöra avstånd till tysta områden för invånarna och ge skäl till att t.ex. stänga av vägtrafik runtom en central stadspark. På motsvarande sätt som tyst sida ger oss valet att inte vara bullerutsatta kan detta ge oss valet att gå till en tyst park.

Geofencing

Geofencing handlar om teknik som används för att skapa digitala zoner i staden som moderna bilar kan kopplas mot. Det kan t.ex. användas för att förbjuda lastbilar vid gågator där risk för terroristattentat finns men också ge möjlighet att styra trafik och ljudmiljön i staden.

Smarta transporter

Smarta transporter avser bytet från tunga fordon till mindre eldrivna lastbilar som utgår från ett närliggande logistikcentrum. Det kan minimera andelen tung trafik som kör i staden och då även minska lågfrekvent buller och förbättra luftkvalitet.

Tullar och trängselskatt

Olika utformning av tullar och trängselskatt kan användas för att minska trafiken och som styrmedel för mer miljöanpassade fordon, risken finns dock för högre hastigheter vilket är till nackdel för ljudmiljön. Ett mellanting med minskad trafik utan köbildning och ett jämt flöde är bäst för ljudmiljön.

Omdirigering av trafik

Om möjligheten finns kan man göra påbud så trafik kör en väg där mindre risk för bullerstörning finns. Det kan till exempel vara relevant vid skolgårdar eller parker och för omdirigering av busslinjer. Det kan vara komplicerat att få till om det inte finns en mer logisk rutt för trafiken.

Omfattande cykelvägnät

Ett mer omfattande cykelvägnät som gör det lättare att välja cykeln kan betyda att det blir mindre trafik i staden.

Främjad kollektivtrafik

Kollektivtrafik bör främjas av miljöskäl inklusive minskat buller. Subventionerade biljetter eller gratis kollektivtrafik kan innebära att fler väljer det alternativet som annars skulle tagit bil. Bullerkällan blir då samlad till en linje men förutsätter att dessa fordon är relativt tysta som t.ex. moderna tåg eller elbussar. Det får oavsett detta plats fler trafikanter i kollektivtrafikens fordon vilket reducerar antal bilar.

IoT-Trafik

Internet of things (IoT), sakernas internet, handlar om att produkter är kopplade mot internet. För fordon kan detta betyda kontrollerat trafikflöde och avstånd till andra bilar, vilket minskar buller. Det kan också begränsa ljudemission inom avgränsade zoner.



Tyst sida



**Tysta
innergårdar**



**Bufferzon
från väg**

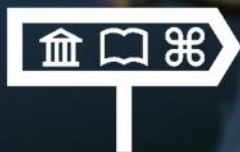


**Planering
Placering
Utformning**

Verktyslåda stadsplanering



**Urban
Morfologi**



**Tysta stråk
och parker**



**Bullerkartläggning
& Åtgärdsprogram**



**Parametrisk
Design**

Verktygslåda stadsplanering

Stadsplanering

Stadsplanering avser i detta fall hur staden planeras med avseende på buller. Strategier för buller, användning och utformning.

Tillgång till tyst sida

Tyst sida är det mest lyckade initiativet till god ljudmiljö i Sverige och Stockholm har varit en föregångare inom området. Tyst sida avser att bostäder planeras genomgående till en sida med mycket lägre bullernivåer. Detta ger möjligheten att skapa god ljudmiljö både ute och inomhus, vädra mot en tyst sida och att placera bostadsrum mot den sidan. Resultatet från Trafikbuller och planering och miljömedicinska studier visar på att risken för olägenhet minskar väsentligt när tyst sida finns.

Tysta innergårdar

Tysta innergårdar och uteplatser är på samma sätt viktigt för att ha möjligheten till att välja en god ljudmiljö. Både tyst sida och tysta innergårdar och uteplatser är reglerat i trafikbullerförordningen varför det integreras i stadsplaneringen.

Bufferzon från väg

På grund av brist på byggbar yta och de numera generösa riktvärdena i trafikbullerförordningen så är buffertzon något som idag används i mindre utsträckning.

Planering, placering och utformning

Boverket har tagit fram vägledande material för hur man ska planera staden med avseende på buller. Ibland är påhängda tekniska lösningar och mindre genomtänkta lägenhetsplanlösningar det som väljs trots möjligheter till mer genomarbetade lösningar. Detta kan motverkas om kommunen i tidigt skede utreder lämpligheten för bostäder på platsen med avseende på buller och vilken placering och utformning bostäder behöver ha för att åstadkomma en god ljudmiljö.

Urban morfologi

Urban morfologi är vetenskapen om processen av stadens utformning. Om man ser på staden ur ett helikopterperspektiv där bostadskvarter endast är kuber och trafiken linjer så kan man flytta och ändra kuberna så att de anpassas för att skapa god ljudmiljö. En planhandläggare kan styra utformningen av en detaljplan för att skapa en god ljudmiljö för området.

Tysta stråk och parker

En kommun kan skydda stråk och parker från buller. Tänk t.ex. om ett utpekad gångstråk genom hela staden utpekas som skyddsobjekt från buller. Trafiken hålls bort från dessa stråk och parker och pekats ut som tysta.

Bullerkartläggning och åtgärdsprogram

Kommunövergripande bullerkartläggning med analys av bullerexponering, hot-spot analys som ringar in platser där problemen är störst, kartläggning av buller vid skolor och i parker är det viktigaste verktyget för att en kommun ska kunna skapa god ljudmiljö med ett strategiskt underlag. Åtgärdsprogrammet ska baseras på dessa analyser som sedan prioriteras av kommunen.

Parametrisk design

Parametrisk design handlar om hur datorn kan ta fram byggnadsformer baserat på olika parametrar, bland annat buller. Det är idag möjligt att låta AI ta fram bästa möjliga former baserat på olika parametriska villkor som buller, dagsljus, vind, luft m.m. Man får då fram ett antal förslag som är optimerade för att uppfylla krav på dessa parametrar som man sedan kan vidarearbeta.



**Byte av
fönster**



**Addera
tilläggsruta**



**Ljuddämpade
ventilationsdon**



**Täta lister &
dreva fönster**

**Verktygslåda
fasadförbättringar**



**Täta räcken
låg vädring**



**Inglasning
av balkong**



**Fönsterluckor
mot buller**



**Glasruta
på fasad**

Verktygslåda

fasadförbättring

Fasadförbättring

Ljudmiljön inomhus i bostaden är viktig för att minimera risken för bullerstörning.

Byte av fönster

Kommuner i sin egenskap som väghållare erbjuder ofta bidrag till fönsteråtgärder där ljudnivåer är för höga. Det är ett effektivt sätt att öka ljuddämpningen.

Tilläggsruta

Om inte hela fönsterpaketet behöver bytas, kan en tilläggsruta på insidan av fönstret vara tillräckligt för att öka ljuddämpningen.

Ljuddämpande ventilationsdon

I samband med fönsteråtgärder är det även viktigt att över förekomsten av ventilationsdon som annars kan bli den svaga punkten. Det kan göras genom byte till ljuddämpande ventilationsdon som oftast innehåller en absorbent. Man kan också åstadkomma en ljudfälla genom att bygga en kanal där ljudet måste passera flera gånger.

Täta lister och dreva fönster

För gamla fönster så läcker ibland ljudet igenom springorna. Tvåglasfönster kan få avsevärt bättre ljuddämpning med nya plastlister som gör att fönstret stängs helt tätt. Genom att dreva längs med fönstret dämpas läckage runtom. För byggnader med självdrag kan ventilationen behöva ses över.

Täta räcken

Ofta kan ljudets infall dämpas genom att göra balkongräcken täta för att möjliggöra utevistelse på balkong vid lägre ljudnivå och minska bullret vid fasaden innanför. Absorbenter i balkongtak kan ytterligare förbättra effekten. Om möjligheten finns kan då vädring göras närmare golvet där dämpningen av det täta räcket är som mest effektiv.

Delvis inglasning av balkong

Inglasning av balkonger gör att innanför liggande fasad skyddas från buller, man kan då välja att öppna inglasningen i ett bullerskyddat läge. Inglasning av balkonger ger också möjlighet till en tyst uteplats.

Fönsterluckor mot buller

I extremt bullerutsatta lägen där bättre fönster inte är tillräckligt så kan ljuddämpande fönsterluckor vara ett alternativ. Fönsterluckorna dras för fönstren med en anordning som går igenom fasaden. Detta kan användas för att dämpa buller t.ex. nattetid. En lösning som prövats i Danmark är en tät glasskiva utanpå befintligt fönster som släpper in luft på sidorna genom ljudfällor där man också kan dra för fönsterluckor. Tunga gardiner som är till för att dämpa buller är en mer ekonomisk lösning.

Glasruta på fasad

En annan lösning är en liten glasruta som sitter fast monterad utanpå fasaden framför ett vädringsfönster. Åtgärden blir en konstruerad teknisk lösning som enbart har till uppgift att möjliggöra fönster på glänt.



Grön våg
-2-3 dB



Tempo30-zon
-2 dB



Sänka hastighet
Skytt, ATK, hinder
-1-2 dB



Minirondell
-1 dB

Verktygslåda
Trafikreglering



Förbud
dubbdäck
-1 dB



Förträngning
som chikaner
-1-2 dB



Leda om trafik
till annan väg
-1-6 dB



Förbud trafik
nattetid (tung)
-1-6 dB

Verktygslåda trafikreglering

Trafikreglering

Bilar blir tystare och med större andel elbilar blir däckbuller allt viktigare. I staden är en stor del av trafikbullret lågfrekvent ljud när bilar accelererar. Vid konstant hastighet är däcken dominerande bullerkälla för nyare bilar. En lösning för att dämpa ljudet vid källan är att påverka bilarnas körsätt genom trafikreglering.

Grön väg

Grön väg syftar till att stoppljus är sammankopplade för att skapa ett så jämt trafikflöde som möjligt. Därmed får trafikanten grönt ljus vid varje stopp så ofta som möjligt. Detta minskar accelerationsljud när man väntar vid korsningar eller stannar i köer vilket får bilar att rulla med konstant hastighet och därmed låta så lite som möjligt. Ljuddämpande effekten är ca 2 dB.

30-zon

Det tystaste läget för trafik är låg, konstant hastighet upp till 30 km/h. Stillastående trafik på tomgång med accelerationer låter mer. För att möjliggöra att trafiken flyter på i 30 km/h kan det krävas en del fysiska åtgärder. T.ex. få stoppljus eller övergångsställen, fysiska hinder som chikaner eller anpassade låga vägbulor var 50:e meter, trånga gator och vegetation. Samtliga åtgärder behövs inte samtidigt, den ljuddämpade effekten är mellan 3-4 dB.

Sänkt hastighet

Hastigheten påverkar hur mycket däcken låter, en sänkning med 10 km/h motsvarar 1-2 dB förändring. Ett komplicerat sammanhang är att högre hastighet ger högre ljudenergi vid 1000 Hz vilket gör att fönstrens förmåga att dämpa ljud ökar med högre hastighet men ljudnivån blir samtidigt högre. En möjlighet är att anpassa bullerskyddsskärmar för att dämpa dessa frekvenser vid vägar med högre hastighet.

Rondell och minirondell

En rondell istället för en korsning med stoppljus ger ett bättre flöde av trafiken och kan minska ljud med upp mot 4 dB. I staden finns ibland möjligheter att byta ut korsningar mot minirondeller.

Förbud dubbdäck

Dubbdäck kan öka ljudnivån med 3-6 dB och har ett annorlunda ljud som är mer påtagligt smattrande. Dubbar låter när de dras mot asfalten. Friktionsdäck däremot kan ofta vara aningen tystare än sommardäck pga mönstringen och att de ofta är mjukare.

Förträngning som chikaner

Att göra vägen trängre gör att bilister sänker hastigheten. Detta kan göras med cykelfält, trottoarkant, låga skärmar eller chikaner. Chikaner är utbuktande partier i körfältet som man behöver svänga runt. Det är dock viktigt att dessa upprepas utmed hela den berörda sträckan då en vanlig reaktion är att bilister försöker ”köra ikapp” den förlorade tiden direkt efter och då skapar accelerationsljud. På rätt sätt och med ett avstånd mellan varje chikan som är avstämt mot hastigheten kan dämpning uppnås.

Leda om trafik till annan väg

Om möjlighet finns att leda om trafik eller bussar till en annan väg kan det innebära ljuddämpning. Halvering i trafik innebär 3 dB minskning.

Förbud nattetid

Att förbjuda (tung) trafik nattetid kan minska höga maximalnivåer och därmed risken för sömnstörning av buller.



Tyst asfalt
3-7 dB



Tystare däck
2-6 dB



**Nedsänkta
körspår**
~1-2 dB



Slipad asfalt
2-3 dB

**Verktygslåda
nära ljudkällan**



**Resonatorer
i vägen**
~3 dB



Diamantslipning
3-7 dB



Elbil
0-3 dB



Låga skärmar
3-6 dB

Verktygslåda nära ljudkälla

Nära ljudkällan

Den bästa åtgärden är att dämpa ljudet nära källan. Då behövs inga höga skärmar och ljudmiljön blir bra överallt.

Tyst asfalt

Tyst asfalt, eller lågbullrande vägbeläggning, har fått ett dåligt rykte på grund av tidigare försök. Misslyckanden ligger oftast i tillverkarens, entreprenörens eller underhållets okunskap, men det finns även lyckade exempel. Stockholms stad har bytt vägbeläggning på Hornsgatan till 8 mm stenstorlek istället för 16 mm, något som dämpade ljudnivån med 3 dB. Tyst asfalt vid Husqvarna har haft beständigt resultat på 6-7 dB dämpning i över 6 år. Entreprenörens erfarenhet, bra sammansättning av materialet och välskött underhåll är anledningen. För stadsgator rekommenderas mindre stenstorlek och material som ger god beständighet. En dämpning på 3 dB motsvarar en halvering av trafiken, att byta standardbeläggning i staden kan alltså innebära samma effekt som att ta bort hälften av bilarna.

Tystare däck

Tystare däck finns idag tillgängligt på marknaden. Som kommun kan man föregå med gott exempel och använda tystare däck på kommunens fordon och även ställa krav vid upphandlingar. En ljuddämpning på ca 4 dB ger att däcken kan vara 50% dyrare och fortfarande vara en samhällsekonomisk nytta. Det finns tysta däck i olika prisklasser.

Nedsänkta körspår

Den primära ljudkällan är där däcken nuddar asfalten. En låg nedsänkning i körspåren innebär alltså en skärmning av ljudet. Detta är svårt att få till med avseende på underhåll, t.ex. då vatten samlas där och isfläckar kan bildas men även för städning och snöröjning. En lösning kan vara att göra nedsänkningen dränerande t.ex. med porös dubbeldränerande asfalt.

Slipad asfalt

En jämn asfalt är en tystare asfalt. Detta kan uppnås genom att slipa ned stenar som sticker upp. Stenar som sticker upp krossas vid slipningen.

Resonatorer i vägen

Tester har utförts av Chalmers där man lagt resonatorer i vägbeläggningen när vägen asfalterades. Dessa var avstämde för att dämpa däckbuller och den porösa asfalten släppte igenom ljudet. Vägen dämpade då däckbullret, men åtgärden är inte beprövad och innebär höga kostnader.

Diamantslipning

Vägslipning med diamantförsedda slipmaskiner har stor potential för att dämpa ljud. De industriellt tillverkade diamanterna skär bort stenar som sticker upp snarare än att krossa dem vilket ger en jämnare yta och därför ett tystare resultat. Att slipa asfalt är något som görs för att hålla vägen i skick och skjuta fram kostsamma underhåll. I Sverige lägger vi normalt ny asfalt istället men den är inte så jämn som slipad asfalt. Dämpning mellan 3-7 dB.

Elfordon

Elfordon är tystare i stadsmiljö men låter lika mycket vid högre hastigheter på grund av däck/vägbanebullret.

Låga skärmar

Låga skärmar nära vägen kan rätt utförd ge bra bullerdämpning. Studier och mätningar visar på dämpning mellan 4-8 dB. Nackdelen är problem för snöröjning och risk vid påkörning.



**Diffuserande
skärmar**



**Gröna skärmar
5-8 dB**



**Lutande skärm
5-8 dB**



**Biobarriär
5-8 dB**

**Verktygslåda
Skärmar**



**Absorberande
skärmar**



**Sonic crystals
5-8 dB**



**Vägräcke med skärm
4 dB**



**Låga skärmar
3-6 dB**

Verktygslåda skärmar

Skärmar

Bullerskyddsskärmar är en vanlig åtgärd. Det finns potential i att utveckla deras effekt och utseende. Skärmar kan utföras mångfunktionella och förbättra luftkvalitet, utföras med solpaneler, grönska eller med form som släcker ut ljud.

Diffuserande skärmar

En skärm med ojämn yta, som är försedd med exempelvis spaljéer, gör att ljudet inte reflekteras rakt. Det ojämna mönstret sprider ut ljudenergin, diffuserar det i olika riktningar. Detta kan dämpa ljud vid mottagaren genom att minska reflektioner.

Gröna skärmar

Gröna skärmar kan bidra till landskapsbilden och ge en mångfunktionalitet och tillföra ekosystemtjänster. Gröna skärmar är oftast också absorberande då substratet som grönska växer i är mjukt och dämpar ljudets reflektioner.

Lutande skärmar

Lutande skärmar används ofta i Europa för att minska reflektioner mellan hårda ytor, med skärmens vinkel kan man få ljudet att reflekteras upp mot himlen istället för mot ett bostadsområde. Det kan också användas flera lutningar i en annars ganska vertikal skärm för att vinkla upp ljudet i en ovanför liggande absorbent. Skärmen är då genomsiktig, absorberande och diffuserande.

Biobarriär

En biobarriär består av en några meter hög och ihålig A-form i plast som fylls med jord. Formen blir som en väldigt brant vall. Jordens tyngd ersätter grundläggningen vilket annars utgör en stor del av skärmkostnaden. Den görs grön genom att plantera vegetation i jorden och fungerar som en smal vall..

Absorberande skärmar

En absorberande skärm är lämplig om ljudkällan är nära så det uppstår reflektioner mellan fordon och skärm eller om det finns risk för reflektioner som påverkar bostäder. Därför görs de flesta skärmarna i Stockholm och Trafikverket numera absorberande.

Sonic crystals

Sonic crystals är ett begrepp som handlar om att placera pelare i ett rutnät för att dämpa ljud vid vissa frekvenser. Ett rutnät med pelare som står ca 17 cm ifrån varandra, i fyra rader och samma höjd som en skärm ger samma dämpning som en skärm fast utan den barriäreffekt som en skärm ger för landskapet. Det betyder mindre vindlast vilket förenklar grundläggningen.

Nackdelen är att ljuddämpningen är fokuserad till det frekvensområde som motsvarar våglängden mellan pelarna. Mätningar visar dämpning på ca 6-8 dB från trafik om man fokuserar på de frekvenser där däckbuller dominerar, mellan 800-1000 Hz.

Vägräcke med skärm

För situationer där låga skärmar innebär en trafikfara så kan ett vägräcke med 1 m hög skärm vara lämpligare. Det finns produkter som är CE-märkta och kraschtestade. Exempel finns från Danmark med en dämpning på ca 4 dB.

Låga skärmar

Låga skärmar nära vägen kan fungera i stadsmiljö där hastigheten är lägre. Exempel på en låg T-formad tegelmur med ett utstickande krön av sedum har testats i Helsingborg med dämpning på ca 6 dB i huvudhöjd. Dämpningen avtar med höjd över mark. Det finns även exempel på låga skärmar vid tåg med dämpning mellan 6-12 dB. Den stora fördelen är att ljudet fastnar under tågdroppen och mellan skärmen som gärna får vara absorberande eller vara urgröpt. En annan fördel med låga skärmar vid spårtrafik är möjligheten att placera dem närmare källan än vad som är möjligt vid vägtrafik.



Skärmkrön
1-3 dB



**Förläng
eller höj**



**Täta gamla
skärmar**



**Gör grön
för luft**

**Verktygslåda
Skärmförbättring**



**Addera träd
bakom skärm**



**Absorberande
Diffuserande**



**Använd
ljudskuggan**



**Aktiv
ljuddämpning**

Verktygslåda skärmförbättring

Skärmförbättringar

Bullerskyddsskärmars ljuddämpande effekt eller mångfunktionalitet kan förbättras även för befintliga skärmar.

Skärmkrön

En beprövad teknik internationellt är att fästa utstickande krön på en skärm. Anledningen är att ett vanligt krön på en skärm inte är optimalt för att dämpa ljud. Dämpning kan ökas genom att tillföra flera brytpunkter på krönet, vinkla krönet mot ljudkällan för att reflektera tillbaka ljudet, vassa kanter, göra krönet mjukt m.m. Mest effektiva lösning är ett T-format krön med absorberande ovansida. Även Y-formade krön är effektiva på att dämpa ljudet. Skärmen måste klara den ökade lasten och lösningen är effektivast där det är brant vinkel för infall från ljudkällan mot skärmens krön.

Förläng eller höj

När bullret ökar så kan en gammal skärm vara otillräcklig. En skärm kan höjas eller förlängas för att öka effekten av skärmen.

Täta äldre skärmar

För äldre skärmar tillverkade av träplank kan sprickor och håligheter uppstå i träet. Detta gör att ljud kan läcka igenom. Även sättningar i mark kan orsaka öppningar nedtill som släpper igenom ljud. För att bibehålla skärmens dämpande effekt är det viktigt att se till att den är helt tät så ljud inte läcker igenom någonstans.

Gör grön för luftkvalitet

För luftkvalitet så kan befintliga skärmas göras gröna t.ex. genom att fästa hönsnät i en lutande vinkel från mark till skärmkrön som sedan bekläms med klätterväxter. Detta fångar upp luften i turbulens mellan grönskan och skärmen och bladen dämpar partikelspridning. Det kan också ha en positiv effekt på ljuddämpningen genom att minska vindhastigheten. Andra alternativ är att fästa växtkassetter på skärmen för att öka absorptionen eller att göra om en gammal skärm till fundament i en biobarriär.

Träd bakom skärm

En parameter som sällan beaktas vid bullerskyddsskärmar är att de tvärt stoppar upp vinden, detta skapar turbulens som för med sig ljudet över skärmen och sedan direkt ned bakom skärmen vid området som avses skyddas. För lägen med förhärskande vindriktning från ljudkällan mot mottagaren kan en ökning i ljuddämpning fås genom att plantera träd bakom skärmen. Trädkronorna motverkar att vinden för med sig ljudet direkt bakom skärmen och styr istället vinden upp i ett högre luftlager.

Absorberande och diffuserande

Där reflektioner är ett problem kan befintliga skärmar göras absorberande eller diffuserande med absorbenter och spaljéer.

Använd ljudskuggan

Precis bakom skärmen så är ljuddämpningen som högst, det området kallas för ljudskuggan. En sittplats kan få mycket god ljudmiljö genom att placeras nära skärmen i ljudskuggan.

Aktiv ljuddämpning

Ljud kan släckas ut genom att spela upp samma ljud i motfas. Vid ett skärmkrön är ljudet förutsägbart och kan därför släckas ut med hjälp av högtalare och en mikrofon framför och bakom skärmen som avgör vad högtalaren ska spela.



**Skärm
på krön**



**Förläng
eller höj**



**Brant nära
ljudkällan**

**Verktygslåda
Vallförbättringar**



**Trappformad
lutning**



**Uppbyggd
med stödmur**



**Refraktion
på ytan**



**Använd
ljudskuggan**



**Grönska sänker
vindhastighet**

Verktygslåda

Vallförbättringar

Vallförbättringar

Vallar och skärmar kan normalt utformas mer optimalt för bättre effekt. Studier som EU-projektet Hosanna beskriver exempel och hur det kan utföras på bättre sätt.

Skärm på krön

Föreställ dig att ljudet rullar upp för kanten på en vall och sedan över. En låg skärm på vallens krön kan stoppa ljudet från att ta sig över vallens krön. Den kan också effektivt öka skärmverkan genom att höja vallens brytpunkt och krön. En lämplig billig lösning är gabioner, stenfyllda nätburar. En biobarriär kan vara lämpligt för att smälta ihop med vallen men kräver bredd.

Förläng eller höj

En vall kan höjas eller förlängas t.ex. genom att bygga gabioner som stödmur och fylla på med massor. Det måste då vara utrett att marken klarar den extra lasten.

Brant nära ljudkällan

Vallar är ofta flacka med 1:3 i lutning. Det är den högsta punkten på vallen som är brytpunkten, den ska helst vara så nära källaren eller mottagarens om möjligt. Det är lämpligast att placera den brytpunkten så nära vägen som möjligt vilket man kan göra genom att bygga upp vallen på en stödmur av t.ex. gabioner med en ankarvikt inne i vallen.

Trappformad lutning

Enligt Hosanna så ökar vallens ljuddämpning om ytan utförs i en trappform. Flera brytpunkter ökar ljuddämpningen. I Hosanna visas även exempel på mini-vallar som kan användas i staden på samma sätt som låga skärmar.

Uppbyggd med stödmur

En stödmur kan vara en betongmur som vallen lutar mot. Muren bör då lutas mot vallen för att stå emot lasten och ha en ankarvikt inne i vallen som är kopplad till muren. Ett exempel på dettas planeras i Västra Ursvik med en hög stödmur mot E18 där vallen på den tysta sidan kommer användas som motionsspår/park.

Refraktion på ytan

Refraktion är böjning av ljudvågor, detta kan användas för att böja bort ljudvågor upp mot himlen. Ett exempel på hur det kan ske är genom att bygga små lådor utan lock där ljudet kan åka ned och studsas upp för att sedan trycka upp andra ljudvågor i luften. Formen kan också användas mångfunktionellt genom att t.ex. plantera växtlighet i lådorna. I en vall kan det vara skivor som man sticker ned i vallens sida mot vägen och som sticker upp några centimeter. Det blir då också en trappform på vallen.

Använd ljudskuggan

Genom att placera sittplatser eller läktare på den tysta sidan av vallen, möjliggörs ljudskyddade sittplatser.

Grönska sänker vindhastigheten

Att plantera grönska på en vall kan vara positivt för landskapet men också för att minska vind som för med sig ljud.



**Bänk med högt
tätt ryggstöd**



**Mobil vägg vid
befintlig bänk**



**Stormvattenrör
görs till möbel**



**Placera
sittplats i
tyst plats**

**Verktygslåda
ljudskyddad
sittplats**



**Möbler som
förstärker
naturljud**



**Möbler som
förstärker samtal**



**Skydd bakom
huvudet**



**Sittplatser som
vägnära skärm**

Verktygslåda

Ljudskyddad sittplats

Ljudskyddad sittplats

Åtgärder som dämpar ljudnivån för större ytor riskerar skapa en otrygghet eller inte passar in i landskapet. En alternativ lösning kan vara att skydda en mindre yta och där få en upplevd stor förändring av ljudmiljön. Ljudskyddade sittplatser handlar om hur man kan skydda en bänk lokalt där man sitter.

Bänk med högt tätt ryggstöd

I sin enklaste form så är en ljudskyddad sittplats en bänk med ett högt tätt ryggstöd som är vänt mot ljudkällan. Man sitter frånvänd ljudkällan och ryggstödet fungerar som en lokal skärm. Tester i Danmark vid en motorväg visar på 10 dB dämpning. Den kan utföras på många olika sätt, t.ex. som en inglasad pergola. Det är viktigt att den utformas så den inte fångar in ljud.

Mobil vägg vid befintlig bänk

En mobil vägg, t.ex. en sektion av en grön skärm kan placeras bakom en befintlig bänk för att därigenom skapa en ljudskyddad sittplats. Den mobila väggen kan ha alla möjliga former, rundade runt bänken för att sluta in i ett rum, som en våg som går ovanför som ett tak eller som en förlängning av bänkens ryggstöd i en solfjäder.

Stormvattenrör görs till möbel

Ett förslag som undersökts för en park i Stockholm är att göra om ett stormvattenrör, dvs ett stort runt betongrör, till en sittplats. Har man ljudkällan från ett håll kan röret vinklas så öppningarna är parallella med vägen. Annars måste en sida göras tät. Insidan kan med fördel kläs med absorberande material som träullit för att öka dämpningen i sittplatsen. Förankring fås genom att gräva ned en del av röret i marken.

Placera sittplats i tyst miljö

Bullerkartor kan användas för att avgöra lämpligt läge där det är god ljudmiljö vid utplacering av nya sittplatser i parkmiljö.

Möbler som förstärker naturljud

Ofta finns positiva ljud i stadens parker och torg men de maskeras ibland av trafikbullret. Genom att utforma sittplatser som kupolformade parabler så kan positiva ljud från fontäner, vatten, vegetation eller människor förstärkas och fokuseras medans trafikljud skärmas bort.

Möbler som förstärker samtal

På samma sätt kan en sittplats utformas för två personer, där samtalet förstärks genom att möbelns form fokuserar ljudet där människornas huvuden är. Detta kan ge en annorlunda upplevelse när man sitter på ett torg om det även skärmar bort trafikljud.

Skydd bakom huvudet

Om ljudkällan kommer från ett håll så kan det räcka med ett litet lokalt skydd bakom huvudets position vid bänken. Detta kan vara ett litet rundat huvudstöd som är fäst i bänkens ryggstöd eller utformad som en stor hård hatt bakom huvudet.

Sittplatser som vägnära skärm

En pop-up park formad med många sittplatser kan placeras nära en väg för att även fungera som en låg skärm mot vägen.



**Fontäner på
park & torg**



**Vegetation som
låter i vinden**



**Locka till sig
småfåglar med
bon och mat**



**Addera
grusvägar**

Verktygslåda Ljudmiljö



**Tysta
sittplatser**



**Tysta stråk
och parker**



**Adderat
ljud**



**Mänskliga ljud
från funktioner**

Verktygslåda ljudmiljö

Ljudmiljö

God ljudmiljö betyder inte tystnad. I en park uppskattar vi att höra fåglar, vegetation och fontäner. Även ljud från människor till viss del. Men ofta behöver stadens ljud balanseras där det i de flesta fall är trafikbullret som behöver sänkas. Ljudmiljön kan kontrolleras och utformas till det som passar platsen och i vissa fall även stärka platsens funktion.

Fontäner på parker och torg

Fontäner är en klassisk och effektiv lösning för att skapa god ljudmiljö. Även om frekvenserna i ljudet från en starkt brusande fontän egentligen påminner mycket om bruset från vägtrafik så är upplevelsen normalt något positivt. De kan användas för att effektivt maskera trafikbullrets frekvenser. Porlande fontäner är mer lugnande än brusande fontäner. I vissa miljöer med mycket trafikljud så kan en brusande fontän vara att föredra då en porlande fontän kanske blir svår att uppfatta. Det finns skärmar med rinnande vatten på för att avskärma ett torg från en trafikerad gata. För att få en jämn nivå av vattnet kan fler vatteninstallationer användas eller sittplatser formade för att fånga in ljudet. Vattnet kan vara brusande nära en väg som ett vattenfall vid entrén och porlande längst ifrån vägen som en liten bäck. Längs gångarna i parken kan strömmar av vatten, med stenar i, skapa porlande ljud. Vattenlek i lekplatser kan tillföra positiva ljud från både vattnet och glada barn.

Vegetation som låter i vinden

Löv som rasslar i vinden förknippar vi med en god ljudmiljö. Det kan även vara höga grässtrån eller annan vegetation med tunna grenar. Vegetation kan även användas för att visuellt skärma en ljudkälla vilket gör att vi inte upplever den lika störande.

Locka till sig småfåglar med bon och mat

Fågelsång är något vi upplever som positivt. Om man lockar till sig fåglar till den plats man önskar genom att bygga fågelbon och bygga platser med fågelmatning anpassat för småfåglar, ökar chansen till närvaro av fåglar.

Lägga till grusvägar

Material som vi går på som en grusväg kan skapa positivt upplevda ljud som kopplar till en lantlig miljö. Vissa cykel- och gångvägar i en park kan lämpligtvis göras som grusvägar.

Tysta sittplatser

Tysta sittplatser i områden som är utpekade som tysta eller ljudskyddade sittplatser som skapar en god ljudmiljö lokalt kan vara bra verktyg för att just uppmärksamma invånarna på att man aktivt jobbat med ljudmiljön på platsen.

Tysta stråk och parker

Det finns redan många tysta platser och platser med god ljudmiljö. Det är därför viktigt för en kommun att informera invånarna om dessa platser. Ett bra exempel är Guide till tystnaden som visar på både tysta parker i staden och i rekreationsområden.

Lägga till ljud

Lägga till ljud med högtalare kan göras med försiktighet i en lagom knappt märkbar nivå som får oss att uppleva ljudmiljön som bättre. Det går att förstärka naturliga existerande ljud med högtalare eller förändra en miljö t.ex. i en tunnel.

Mänskliga ljud från funktioner

I vissa miljöer som torg och stadsparkar kan mänskliga ljud upplevas som positiva för ljudmiljön. Det kan vara en uteservering på ett café, schackspel eller en mindre lekpark som skapar en levande miljö. Dessa funktioner kan placeras med avseende på ljud.



Markbearbetning



Gröna skärmar



Gröna fasader



Gröna spår

**Verktygslåda
gröna lösningar**



Gröna tak



**Låga gröna
skärmar**



Vallar



**Gröna befintligt
och innergårdar**

Verktygslåda

gröna lösningar

Gröna lösningar

Stadens ljud förstärks av dess hårda ytor. Ett sätt att dämpa bullret i staden är att göra den mjukare med jord och vegetation.

Markbearbetning

Markbearbetning för att dämpa ljud kan utföras på olika sätt. Ett skrovligare landskap dämpar ljud mer än ett platt. Nedgrävda resonatorer i marken kan fungera som osynliga ljudbarriärer. Konstruktioner i rutnät kan dämpa ljud och även fungera som planteringslådor. Markbearbetning kan ske i olika stora skalor från skrovlighet som en leråker till ett landskap av vallar

Gröna skärmar

En grön skärm kan dämpa mer ljud än en traditionell skärm men också bidra till landskapet. Exempel är den gröna skärmen vid Lidingövägen men det finns också skärmar med t.ex. pilträd, modulbyggda gröna skärmar eller skärmar med klätterväxter på.

Gröna fasader

Gröna fasader kan vara effektivt om fasaden är en yta där ljud reflekteras in till t.ex. en bostadsgård. Då kan ljudmiljön förbättras. Det kan också vara positivt för fotgängare om fasader närmast marken är gröna då de absorberar ljudet istället för att reflektera och förstärka det. Generellt som lösning på fasader är dock effekten begränsad, upp till 2 dB, och dessutom kostsam.

Gröna spår

Gröna spår kan dämpa ljud från tåg med 3-4 dB jämfört med asfalterade ytor. Detta kan vara en lämplig åtgärd för spårvagnar då åtgärden att rulla ut färdiga gräsmattor är en kostnadseffektiv lösning. Kostnad för underhåll behöver beaktas.

Gröna tak

Gröna tak bör i likhet med gröna fasader användas platsspecifikt som bullerskyddsåtgärd. Bäst effekt nås om kvarteret är slutet så att ljudet endast kommer över taket. Vid sådana situationer kan ett grönt tak dämpa ljud med 3-8 dB beroende på form och utförande, vilket kan vara mycket kostnadseffektivt.

Låga gröna skärmar

Låga skärmar får bäst effekt om de även är absorberande varför gröna låga skärmar är bra ur ljuddämpande synpunkt men även estetiskt. Gabioner fyllda med sten och jord i mitten kan vara grunden till en sån lösning. Då låga skärmar bör vara nära ljudkällan så måste planering för underhåll och val av växter beaktas i planeringsskedet.

Vallar

Vallar är den vanligaste gröna bullerskyddsåtgärden. Ändå finns det mycket potential i att förbättra den ljuddämpande effekten vilket redovisas i ovanstående kapitel. Lutningen, krönets närhet till källan och skärm på krön är de viktigaste faktorerna.

Gröna befintligt och innergårdar

Att göra befintliga konstruktioner gröna kan låta komplicerat, men exempelvis absorberer mot en vägg och växtväjer med klätterväxter som skapar en grön fasad eller skärm kan mycket väl vara åtgärder som inte kräver stora investeringar. Grönska på bostadsgårdar kan med fördel ökas för att minska reflektioner.



**Sonic
crystals**



**Resonator
på skärm**



**Refraktor
böjer ljud**



**Aktiv
ljuddämpning**

**Verktygslåda
innovativa
lösningar**



Interferens



**Akustiska
metamaterial**



Resonatorer



**Ljuddämpade
Brofogar**

Verktygslåda innovativa lösningar

Innovativa lösningar

Det finns många spännande produkter och smarta lösningar för att dämpa buller. I och med 3D-printern så har många akustiskt fungerande material forskats fram. Material med en form som har särskilda akustiska egenskaper, t.ex. en öppen ring som kan ta bort fläktbuller eller skärmkrön som släcker ut ljud vid speciella frekvenser från trafiken.

Sonic Crystals

Sonic crystals, pelare i en matris, kan användas för att dämpa ljud med en form. Det kan t.ex. vara böjbara små pinnar i vägbanan eller påbyggnad på ett skärmkrön. Det kan även vara en labyrint av pelare vid en lekplats eller liknande och utföras i vilket material som helst t.ex. bambuträd eller genomsiktliga plaströr och designas som en konstinstallation.

Resonator på skärm

Krön på skärmar som släcker ut ljud har använts i bl.a. Japan. Oftast genom att man leder ljudet så det tar en omväg och sedan släcker ut andra ljudvägar. Resonatorer kan anpassas till vägbuller eller tågbuller och kan användas på skärmens krön.

Refraktor som böjer ljud

En resonator kan också refraktera, böja ljudet, i olika riktningar. Om man vinklar en kvartvåglängsresonator upp ca 21 grader från jämt plan så kommer interferensen böja ljudvägens vågfront i riktning upp i luften. Det ger en uppmätt dämpning på 4 dB. Denna teknik kan man använda på skärmkrön, på stödmur, betongfundament, på marken eller till och med nedgrävda.

Aktiv ljuddämpning

Aktiv ljuddämpning handlar om att med högtalare skicka ut motljud för att släcka ut oönskat ljud. Det är svårt att kontrollera i öppna miljöer men om man har en skärm med krön som ljudet måste över är det mer förutsägbart. Det går att göra tysta zoner, ge skärmar extra dämpning eller användas i kontor vid skärmar mellan skrivbord. Finns lyckade exempel från Australien.

Interferens

Ljud kan släcka ut sig självt när samma ljud spelas upp i motfas. Det går att använda passivt genom att leda om ljud i en omväg som motsvarar halva våglängden för de frekvenser man vill dämpa. Exempel på utförande är på ett skärmkrön eller i luftdon.

Akustiska metamaterial

Akustiska metamaterial är material med former som dämpar ljud på speciella vis. Sedan 3D-skrivarens framfart så har forskningen tagit fram många material med olika ljuddämpande egenskaper. Vid Boston University tog man fram en öppen ring med en spiralform i kanterna som man kan sätta in i rör för att ta bort tonala ljud, något som bara aktiv ljuddämpning klarar.

Resonatorer

Helmholtz resonatorer, likt en tom flaska, kan användas som basfallor för att dämpa bort lågfrekvent ljud i skärmar. En brunn som är djup motsvarande en kvarts våglängd gör att ljudet vänder och släcker ut ljudet som passerar ovanför.

Ljuddämpade brofogar

Det finns ljuddämpade brofogar med sågtandade eller vågformade ovandelar som dämpar ljud.

