

Gröna lösningar för en bättre ljudmiljö

Stockholms stad

Innehåll

Vägledning

4 Varför en handbok?
6 Inledning
10 Målbild
12 Rekommendationer
14 Styrande dokument
16 Hållbara lösningar
18 Mångfunktionella lösningar
20 Påverkan på människor
22 Återvunnet material
26 Vad, var och hur?
28 Material och form
30 Grönska och ljud
32 Meteorologi och ljud
36 Planering och process
44 För byggaktörer
46 Drift och underhåll
50 Val av växter
54 Samlad erfarenhet
62 Akustisk design
66 Blå åtgärder
68 Checklista gröna lösningar

Verktygslåda

72 Grön akustisk verktygslåda
74 Markbearbetning
82 Gräsbeläggning i spår
88 Låga gröna skärmar
94 Gröna bullerskyddsskärmar
100 Bullerskyddsvallar
106 Mer grönska i det befintliga
114 Gröna fasader
118 Gröna tak
126 Gröna bostadsgårdar

Exempel

130 Gröna åtgärder idag
144 Idéförslag gröna åtgärder
152 Referenser

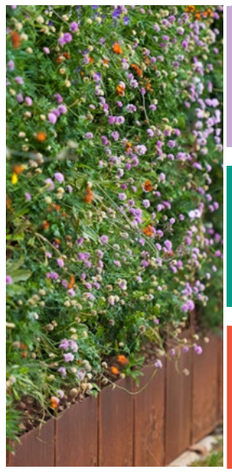
Framsida bild: C/O City. Fotograf: Johan Pontén
Innehåll bild: LAND Arkitektur. Fotograf: Ulf Lundin

Varför en handbok om gröna bullerlösningar

Grön bullerskyddsskärm
Lidingövägen Stockholm
Bild: LAND arkitektur
Fotograf: Ulf Lundin

Denna handbok syftar till att skapa intresse och öka kunskapen om hur man kan använda grönska och vegetation för att dämpa buller.
En vanlig missuppfattning är att grönska inte kan dämpa buller.
Om grönskan och jordsubstraten utförs på ett genomtänkt sätt, och mjukgör en annars hård yta, kan den dämpa ljud.

Handboken är indelad i tre delar



VÄGLEDNING

VERKTYGSLÅDA

EXEMPEL

Läsanvisning

Handboken är till för att ge handfasta rekommendationer för hur gröna lösningar bör utföras för att dämpa buller och samtidigt stärka ekosystemstjänster i staden som bidrar till biologisk mångfald, bättre luftkvalitet, mikroklimatreglering, dagvattenhantering och sociala ytor för rekreation.

Handboken är tänkt att fungera som en verktygslåda och ge inspiration och vägledning i hur man utför gröna åtgärder för att begränsa buller. Handbokens första del vägledning fokuserar på att planera, förverkliga och driftsätta gröna lösningar.

Handbokens andra del, verktygslådan, ger tekniska rekommendationer kring olika sorters typlösningar för att optimera ljuddämpning och göra lösningen praktisk och kostnadseffektiv.

Handbokens tredje del, exempel, visar befintliga gröna lösningar och beskriver dessa. I kapitlet ges även förslag på idéförslag för gröna bullerlösningar i Stockholm.

Upplägget möjliggör för läsaren att fokusera på den del eller typ av lösning som är mest intressant.

Gröna lösningar skapar en mer hållbar stad



Inledning

Gröna lösningar definierar vi här som konstruktioner med vegetation som kan byggas i urban miljö. Exempel som bullerdämpar är gröna tak, gröna fasader, gröna skärmar, vallar, grässpår eller annan markbearbetning. De har utöver att dämpa buller även andra fördelar som ekosystemstjänster och möjligheter att göra staden mer attraktiv. Traditionella bullerskyddsåtgärder kan istället utföras som gröna lösningar för att få mångfunktionalitet. Denna handbok handlar om hur man planerar och genomför gröna lösningar för en bättre ljudmiljö.

Buller, luftföroreningar och barriäreffekter från trafik kan ge negativa hälsoeffekter och det är viktigt att det finns rekreativa och rofyllda gröna miljöer som är tillgängliga för stockholmarna. Växtbeklädda lösningar bidrar både till minskade bullernivåer och ökad grönstruktur i staden, som ger synergieffekter i form av sociala fördelar, stärkta ekologiska samband, förbättrad luftkvalitet och dagvattenhantering. En grön lösning kan vara en grön fasad med växtvajer och klätterväxter. En grön bullerlösning skulle vara samma gröna fasad fast med underliggande absorbent för ljuddämpning. Gröna bullerlösningar är ett verktyg i arbetet att genomföra stadens översiktsplan med målet att åstadkomma en grönare stad. Samtidigt ger det nya möjligheter att jobba mot målen i Stockholms stads åtgärdsprogram mot buller.

Olika slags gröna lösningar har tidigare utretts inom staden, bland annat inom projektet C/O City. Utredningar med förbättrad ljudkvalitet som huvudsyfte har även genomförts inom projektet Urbana Akustikskärmar med målet att utveckla bullerskärmar som fungerar i en urban miljö. Det mest omfattande arbete som hittills gjorts för att studera effekter och utformning av ljudmiljön av olika gröna åtgärder, är inom det EU-finansierade projektet HOSANNA. Stockholms stad var en aktiv part i projektet som har genererat mycket kunskap inom området.

I HOSANNA presenteras goda exempel på hur gröna lösningar bör utformas för att dämpa buller på bästa sätt. Projektet C/O City presenterar en metodik för hur ekosystemstjänster kan planeras in vid projektering av nya bostadsområden. C/O City tar stöd i en del av den metodik som presenterats i HOSANNA.

Ambitionen med denna handbok är att ge exempel på hur och var gröna lösningar kan implementeras i Stockholms stad, dessutom finns som inspiration en utblick såväl inom landet som internationellt.



Underlag till handboken är bland annat projekten C/O City och HOSANNA

85%
av befolkningen i Sverige bor i tätort

I stadens budget för 2018 anges ett uppdrag som lyder:
Miljö- och hälsoskyddsnämnden ska tillsammans med exploaterings -nämnden och trafiknämnden utreda hur växtbeklädda bullerskydd kan användas för att minska buller i anslutning till vägar.

Stockholms arbete med buller och gröna lösningar

Sedan tidigare pågår arbeten både inom bullerskyddsområdet och genom arbetet med förstärka grönstrukturen och utveckla ekosystemtjänster, som på flera sätt anknyter till uppdraget. Staden jobbar även generellt med att bygga urbana gröna lösningar i projektet *Grönare Stockholm*. Andra arbeten som staden utfört och som kan vara till hjälp vid planering och utformning av gröna lösningar är *Åtgärdsprogram mot buller i Stockholm stad 2019-2023*, *Stadens ljud*, *Tystare parker och friluftsområden*, *Guide till tystnaden* och *C/O City*. Stockholms stad har tagit fram en vägledning om Grön infrastruktur i *Grönare Stockholm Riktlinjer för planering, genomförande och förvaltning av stadens parker och naturområden*.

Sveriges arbete med buller och gröna lösningar

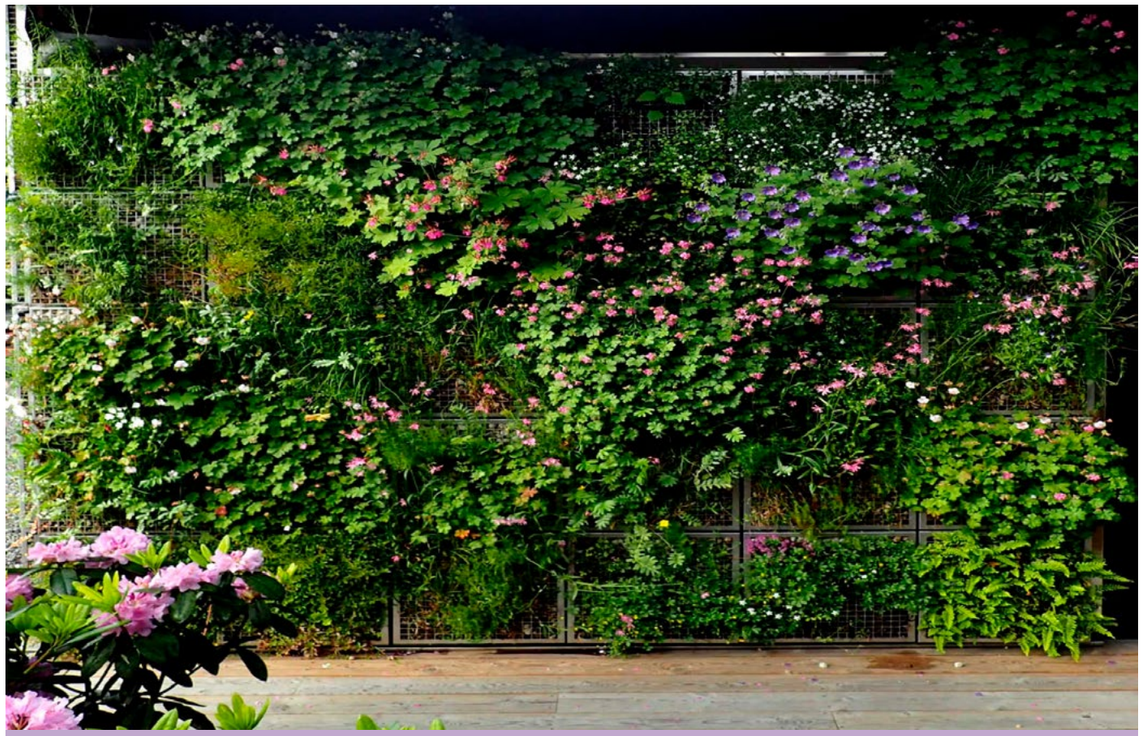
I Sverige finns en mängd olika underlag som kan ge inspiration och ytterligare stöd. Några av dessa beskrivs nedan.

Boverket har publicerat vägledande underlag för *God ljudmiljö och akustisk design* och *Mångfunktionella ytor* och även *Ekosystemstjänster i byggande och förvaltning* som finns på Boverkets webbplats i PBL kunskapsbanken. Boverket har även under 2018 administrerat bidrag till kommunala projekt för gröna urbana lösningar upp till 50% av den totala kostnaden. Naturvårdsverkets *Vägledning om regionala handlingsplaner för grön infrastruktur i prövning och planering* kan vara till hjälp vid planering av gröna lösningar. Mer information går även att hitta i Länsstyrelsen *Stockholms Regionala handlingsplan för Grön infrastruktur* och SMHIs *Klimatanpassa Nordiska städer med grön infrastruktur*.



Sverige var 2017 topp 3 i världen på att skapa ekosystem för innovationer och att främja grönt entreprenörskap

Sveriges Kommuner och Landsting har publicerat boken *Skapa goda ljudmiljöer* som bland annat beskriver gröna lösningar. Nacka kommun har tagit fram rapporten *Visualisera och värdera ekosystemtjänster i kommunal samhällsplanering*. Göteborgs stad har publicerat rapporten *Ljudmiljön i stadens offentliga rum* och projektet *Grönytefaktor och kompensationsåtgärder*. Chalmers har utöver HOSANNA även tagit fram en studie som heter *The Urban Sound planner* (SONORUS) med goda exempel. Boken *Environmental methods for transport noise reduction* som baseras på HOSANNA lyfter fler detaljer och ekonomiska aspekter.



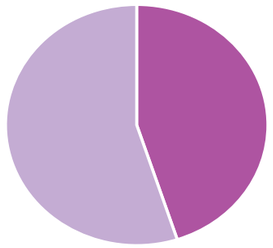
Fasad med växtkassetter. Bild: Urban green

Internationella studier om buller och gröna lösningar

Det finns en stor mängd internationella studier om gröna lösningar som t.ex. danska *Greensurge*, norska *On-air* och flera från Tyskland, Japan, Frankrike och Holland. Erfarenheterna av studierna presenteras översiktligt i denna handbok med länkar till rekommenderade källor i *Referenser*.

Handboken har tagits fram genom stadens bullerskyddsgrupp där berörda förvaltningar medverkar. Genom gruppen sker ett kontinuerligt arbete för att begränsa buller från trafiken i Stockholm och utgör även ett forum för erfarenhetsutbyte och samverkan inom bulleområdet. En styrgrupp med representanter från exploateringskontoret, miljöförvaltningen, stadsbyggnadskontoret och trafikkontoret har knutits till arbetet.

Arbetsgrupp
Magnus Lindqvist, Miljöförvaltningen
Elisabeth Ström, Trafikkontoret
Inger Åberg, Exploateringskontoret
Frida Ahlberg, Praktikant stud. Landskapsarkitekt
Hanna Cederskog Danielsson, Stadsbyggnadskontoret
Manne Friman, ÅF Ljud och vibrationer



45% av Stockholms invånare har över 55 dBA vid någon bostadsfasad

Målbild

Stockholm har följande målbild för gröna lösningar:

” Stadens byggda miljöer behöver bli grönare till exempel med genomsläppliga markmaterial, dagvattenfördröjning och inslag av gröna tak och väggar, gröna bullerskydd och träd i gatumiljöer. Gröna ytor bör utformas för att rymma flera funktioner utifrån behovet på platsen och sin storlek. Strategierna i översiktsplanen ska tillämpas i samordnade planeringsprocesser. Det kan handla om fickparker, stadsdelsparker, offentliga stråk längs stadens vatten och grönare skolgårdar. Det kan också omfatta bullerskyddsåtgärder av platser i strategiska lägen.

- Grönare Stockholm

Rekommendationer



> Stadsmiljöer ska utvecklas så att det inte uppstår olägenheter för människors hälsa med hänsyn till buller och luftföroreningar. Skydds- och reningsåtgärder ska i första hand inriktas på källan. Barns utomhusmiljö ska särskilt beaktas med hänsyn till luft och buller.
>
> - Översiktsplan Stockholm

Förslag till rekommendationer för gröna lösningar i Stockholm

I alla nybyggnadsprojekt planeras för att skapa god ljudmiljö där gröna lösningar är ett verktyg som kan användas. Gröna bullerlösningar ses ur ett helhetsperspektiv med utgångspunkt att kombinera olika åtgärder. Flera olika typer av lösningar ger ökad bullerdämpande effekt och stärker möjligheter till synergieffekter. Även i befintliga stadsmiljöer kan gröna lösningar utvärderas som möjlig lösning på bullerproblem. Gröna bullerlösningar behöver genomföras med hänsyn till platsens förutsättningar:

1. På platser där det finns större ytor som vid större parker och rekreationsområden i ytterstaden bör förutsättningar för storskaliga gröna lösningar, som bullervallar och/eller skärmar, utredas som lösning.

2. I tät stadsbebyggelse bör mer yteffektiva gröna lösningar utredas, som exempelvis gröna tak, gröna fasader, grön markbeläggning och gröna skärmar. Mångfunktionella lösningar och återvunnet material bör beaktas i planering.

3. Hur en grön lösning kan utformas för att dämpa buller bör alltid beaktas för stadens projekt med gröna lösningar.



Grönt tak vid Gallerian, Stockholm. Bild: AMF Fastigheter

140 000

Bostäder ska byggas till år 2030 i Stockholm enligt mål i Översiktsplanen. Det kräver förtätning av staden vilket betyder mindre grönyta och fler invånare som delar på grönytan. För att samtidigt skapa en god stadsmiljö med mer grönyta har staden tagit fram Grönare Stockholm.

Styrande dokument

Styrande dokument till stöd för gröna lösningar i staden är bland annat Översiktsplanen, Miljöprogrammet, Grönare Stockholm och Åtgärdsprogram mot buller 2019-2023. I Stockholms översiktsplan finns kartläggning av grön infrastruktur. Det finns även vägledningar och rekommendationer om hur städer bör få in grönska i stadsutvecklingen bland annat i EU projektet UrbangreenUP som visar exempel på sådana lösningar.

Stadens mål om grönytor

Stockholm stad har infört krav på hur grönyta ska planeras för kvartersmark där staden säljer marken till nytt bostadsbyggande. Detta för att få in ekosystemstjänster på mark där staden inte har rådighet. Detta är ej kopplat till buller men kan med genomtänkt planering även förbättra ljudmiljön i staden. Målen i Översiktsplanen, Miljöprogrammet och Grönare Stockholm finns för att invånarna i Stockholm ska ha tillgång till parker och natur och att staden ska ha en livskraftig grönstruktur med rik biologisk mångfald.

Översiktplanen
Grönare Stockholm
Stockholms Miljöprogram
Åtgärdsprogram mot buller

Bostäder byggs ofta nära starkt trafikerade vägar eller spår. När det krävs bullerskydd så kan dessa utföras mångfunktionella och gröna. Det kan då även ge en bättre upplevd ljudmiljö och kombineras med fler funktioner.

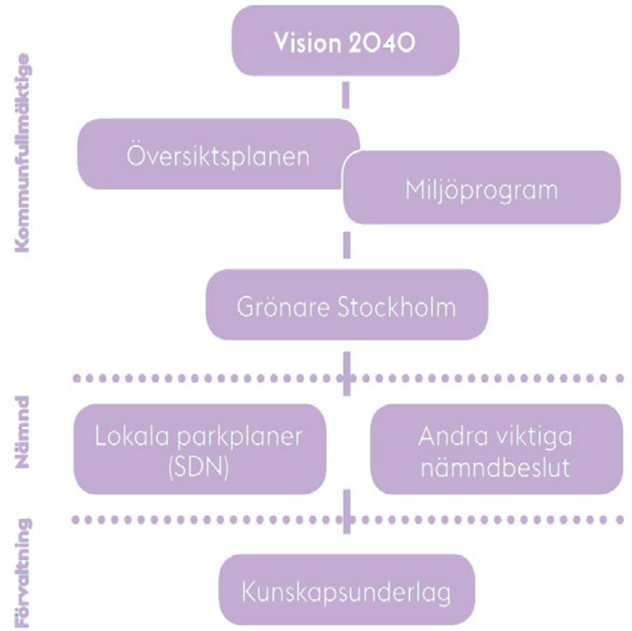


Bild: Grönare Stockholm



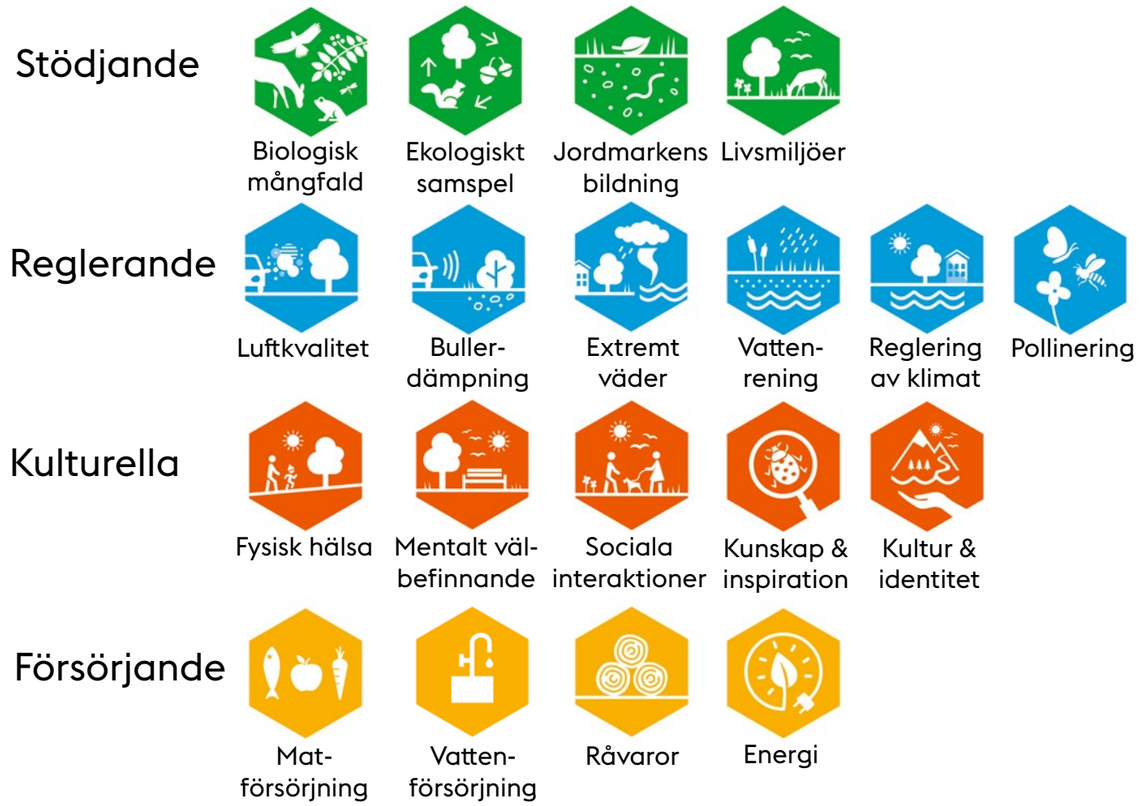
Hållbara lösningar

Gröna lösningar är hållbara och hjälper mot flera av de miljöproblem som uppstår i en tät stad. Ljudmiljö, luftkvalitet, biologisk mångfald, dagvattenhantering och möjlighet till rekreation förbättras. Stockholm arbetar för att gröna ytor ska utformas med flera funktioner där det är möjligt.

Hållbara lösningar

Hållbara städer och samhällen samt ekosystem och biologisk mångfald är globala mål för hållbar utveckling. Ekosystemtjänster är funktioner hos ekosystem som gynnar oss människor, t.ex. mindre buller. Stadens översiktsplan är vägledande för ett hållbart byggande. Målet är en energieffektiv utformning av bebyggelse, material med så låg miljöpåverkan som möjligt samt anpassningar till klimatförändringar. Gröna lösningar bidrar till att nå stadens mål för klimatanpassning genom bland annat infiltration och fördröjning av dagvatten och temperaturreglering vid varma somrar och kalla vintrar. Stadens mål om buller i styrande dokument och Åtgärdsprogram mot buller 2019-2023 kan även eftersträvas genom att använda vegetationsklädd mark, grönska på väggar och tak samt gröna bullerskärmar. Miljöpåverkan av gröna lösningar kan minimeras genom att använda överblivna massor från byggnation vid anläggning av vallar och återvunnet material som substrat.

Ekosystemtjänster med mångfunktionella egenskaper





Mångfunktionella lösningar

Bild: C/O City

Gröna lösningar för bättre ljudmiljö bidrar med grönstruktur i staden och i sin tur med ekosystemtjänster. I C/O City- dokumentet ”Grönytor för god ljudmiljö” anges att gröna bullerlösningar bland annat bidrar med ljuddämpning, miljöaspekter och sociala aspekter.



Bullerdämpning

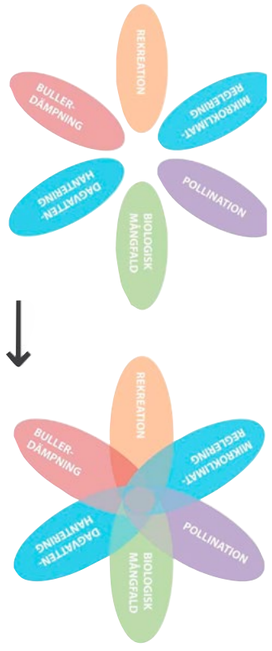
Studier som HOSANNA och C/O City visar att exempelvis vegetationsbeklädda tak och väggar ger ljudreduktion i urban miljö och att hårdgjorda miljöer kan leda till ökade bullernivåer. Det är främst substratet, det vill säga odlingsmaterialet, som ger störst bullerdämpande effekt och inte själva växtligheten. Vegetationen i sig kan omdirigera ljudet vilket innebär påverkan på reflektion, diffraktion och spridning av ljud. När ljudet når växtmaterialet ändras riktningen på ljudet vilket åstadkommer en spridning av ljudet från källan som minskar den del som når mottagaren.

Problematiken i den täta staden, utöver det direkta ljudet från bullerkällan, är ljud som reflekteras på stadens hårdgjorda ytor. I ett gaturum där fasader kantar båda sidor av en trafikerad väg reflekteras ljudet mellan fasaderna och ljudutbredningen sker även vertikalt. Genom att anlägga absorberande vegetation på ytor som skulle bidra till reflektion minskar bullerspridningen.

Miljö

Hårdgjorda ytor i staden skapar bland annat ökad dagvattenavrinning, höjda temperaturer under varma sommardagar och försämrade förutsättningar för ekologiska spridningsvägar. Grönytor är temperaturreglerande vilket betyder sänkning av temperatur under sommaren och isolerande under vintern. Grönytor fungerar även som luftrenare och kan bidra till biologisk mångfald med möjligheter till pollination och habitat för djur. Dagvattenhantering och skydd mot översvämning, vindskydd och naturresurser är andra fördelar.

Förlust av biologisk mångfald är en av samhällets största utmaningar. Gröna bullerlösningar kan med genomtänkt design och växtval bevara, bidra till och stärka den biologiska mångfalden. En mångfald av arter och livsmiljöer skapar goda förutsättningar för hållbara ekosystem. Till exempel är pollinatörer beroende av växter som blommar olika tider på året. Varje art av pollinerande insekter är beroende av olika blommande växter, en mångfald av blommande växter ger alltså förutsättningar för olika pollinatörer.





Människan

Världshälsoorganisationen WHO presenterade under 2018 en ny vägledning om hur buller påverkar människors hälsa. De skärpte tidigare riktvärden för acceptabla ljudnivåer, då omfattande hälsostudier visar att buller påverkar människors hälsa negativt genom bland annat förkortad livslängd.

Buller och hälsa

WHO har en metod för att räkna ut hälsorisk. Enheten som det räknas i kallas DALY vilket motsvarar ett år mindre livsspann för en person. I Sverige så påverkar trafikbuller människors hälsa negativt motsvarande totalt 41 033 förlorade livsår. Anledningen är ökad risk för stroke, hjärtinfarkt, störd sömn, stress och högt blodtryck.

Trafikverket har gjort beräkningar som visar att buller från transportsystemet varje år orsakar cirka 48 000 fall av högt blodtryck, cirka 950 fall av hjärtinfarkt och drygt 1 000 fall av stroke. Beräkning baserar sig på populations- och exponeringsdata för år 2011. Detta enligt en studie utförd av Centrum för Arbets- och Miljömedicin vid Region Stockholm.

> Enligt den Europeiska miljöbyrån EAA drabbas 43 000 av hjärtsjukdom och 10 000 av för tidig död på grund av för höga bullernivåer i Europa

Sociala aspekter och rekreation

Vegetation bidrar med utemiljöer för rekreation och skapar även möjlighet till kulturella och estetiska upplevelser vilket ger ökad trivsel. En utsikt som består av grönska kan påverka och minska upplevelsen av buller.

Gröna bullerlösningar kan även användas som verktyg för akustisk design, där fokus ligger på att introducera önskade ljud och maskera och reducera oönskade ljud. Gröna ytor kan skapa rekreationsmöjligheter i staden, något som har positiva effekter på vår hälsa.



bullerexponerade ökar i Sverige



Sand



Kompost



Scoria



Leca



Pimpsten (mindre fraktion)



Pimpsten (större fraktion)



Tegelkross



Biokol

Olika material som kan blandas med jordsubstrat. Bild: Grönatakhandboken

Återvunnet material

Gröna lösningar kan utföras på ett miljövänligt och hållbart sätt. Därför rekommenderas att använda återanvänt material. Exempel på detta är att använda överblivna massor för att bygga gröna vallar. Barriärers konstruktioner kan utföras i återvunnen plast, trä eller gummi. För att gröna skärmar, tak och fasader ska utföras med högsta ljuddämpning rekommenderas att använda ett återvunnet substrat med egenskaper som en absorbent istället för jord som är hårdare. Många material som tidigare ansetts vara lämpligt att återanvända bör inte återinföras i samhället. Det kan medföra farliga ämnen vid kontakt med materialet eller att dagvattnet som går igenom material för med sig ämnen som helt bör uteslutas ur samhället.

För att efterlikna en absorbent kan återvunnet avfall lagras med ett substrat av porös jord blandad med växtkulor, perlit, kokosnötfiber och hydrogel. Rekommenderat är material som har låg öppen porositet (gångar), relativt hög densitet för typen av substrat och relativt högt dämpningsförhållande. Substratets ljuddämpande förmåga försämras då inte heller lika mycket av bevattning (1,5 ggr) som det gör för vanlig jord (7,0 ggr). Kombinationen mellan återvunnet material och substrat förbättrar substratets dämpande förmåga med 20-40%. En blandning av material kan ge ökad ljuddämpning

3 typer av återvunna material för konstruktion av skärmar:

1. **Träfiberförstärkt cement**
2. **Återvunnet plastvirke**
3. **Ihålig PVC-skärm**

Använd om möjligt återvunnet material till att bygga bärande konstruktion för grön skärm eller biobarriär om det ej medför att giftiga ämnen återförs i samhället. Detta gäller även substrat. Ihåliga plastskärmar kan dimensioneras till Helmholtz-resonatorer, dvs hålrum som släcker ut vissa frekvenser. Dessa hålrum fylls med minerallull och är mycket effektiva för att dämpa buller. Icke-homogena material dämpar lågfrekvent ljud bättre. Kombinera substratets lager med återvunnet avfall. Växtval påverkar även dämpningen. Stora blad ökar substratets absorption

Återvunnet avfall med låg densitet i lager närmast vegetation:



Återvunnet avfall med hög densitet i lager längst från vegetation:





Vertikal trädgård på Södermalm. Bild: Butong

Grässpår för spårvagn
Norra promenaden, Norrköping
Bild: SMHI

Vad, var och hur?

Gröna lösningar kan utföras på olika sätt för att dämpa buller. Det är främst substratet som dämpar ljudet genom att fungera som absorbent. För skärmar krävs en tät reflekterande yta för att ljud ej ska gå igenom.

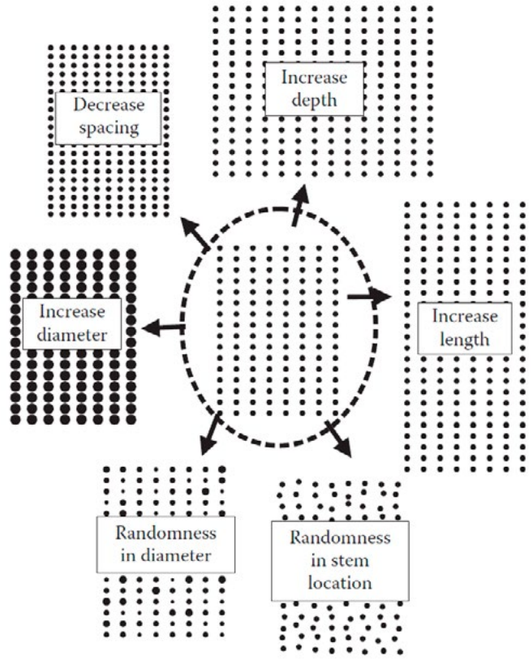
Olika sätt att använda gröna lösningar mot buller

Att i första hand dämpa ljudet vid källan är stadens mål i åtgärdsprogrammet mot buller år 2019-2023. Gröna lösningar kan användas nära källan genom gräsbeläggning vid spår eller ha låga gröna skärmar nära vägar. Detta skapar även gröna stråk.

För att skydda bullerkänsliga områden som parker eller bostadsgårdar kan gröna skärmar eller vallar användas. Dessa kan optimeras på olika sätt för att dämpa buller effektivt i form, yta, substrat, val av växter och material. Med fördel kan mindre områden som sittplatser i parker skyddas lokalt med mindre omfattande åtgärder för att skapa en bullerskyddad mindre zon. Detta minimerar barriäreffekt och kostnad. För att skydda tysta sidor vid bostadsbyggnader, som oftast är mot innergården, så kan gröna fasader och tak användas för att dämpa det ljud som sprids över byggnaden.

Vegetation kan användas för att dämpa ljud genom trädplantering. Träden påverkar ljudutbredningen genom att ha effekt på vind och temperatur nära träden. Det påverkar även sikten till ljudkällan och kan skapa positivt upplevda ljud från lövbrus och ditlockade fåglar.

Substratet under träden absorberar ljud och grenarna sprider ut ljudenergin vilket kan ändra ljudriktningen. Ljuddämpningen av trädbälten är låg men kan ökas genom att ha stor diameter för stammar, minska avståndet mellan träden, öka djupet och längden av bältet, slumpartade diameter eller position vilket är naturligt. Detta är baserat på beräkning och behöver verifieras med mätning. För att få någon ljuddämpning krävs djupa trädbälten vilket betyder att träd istället bör vara komplement till skärm.



Olika sätt att plantera träd för att öka ljuddämpning. Bild: Hosanna [8]

Material och form

Grön bullerskyddsskärm
Lidingövägen Stockholm
Bild: LAND arkitektur
Fotograf: Ulf Lundin

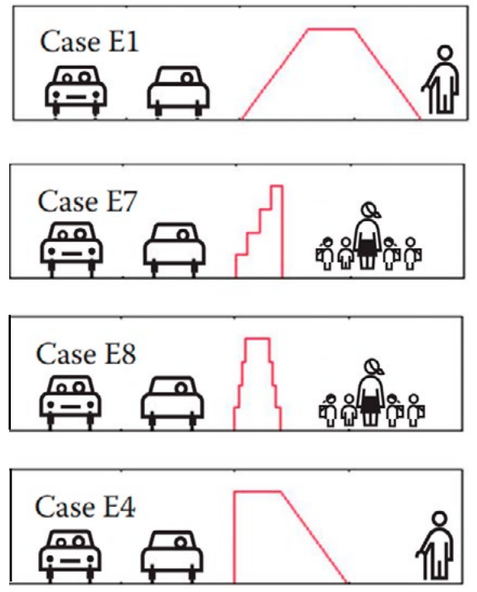
Olika sorters typlösningar med rekommendationer om utförande beskrivs i kapitel Verktygslåda. Kortfattat gäller följande:



Substratet som växterna placeras i bör vara poröst och ett djupt lager. För gröna tak gäller >10 cm substrat och för Gröna väggar >20 cm substrat eller delvis luftspalt. För en bullerskyddsskärm är det viktigt att det finns en hård kärna så att ljud inte passerar igenom skärmen. Kärnan bör ha >15 kg/m2 i ytvikt. Exempel är den gröna skärmen vid Lidingövägen i cortenstålkonstruktion som syns i bilden ovan. Om klängväxter används på växtvajer så bör en akustisk absorbent fästas på innanför liggande yta. Skärmen bör inte ha för små öppningar till substratet då finns en risk att den absorberande effekten minskar. Se exempel i bilden ovan där det är mycket öppningar och stor del är öppen till innanför liggande substrat och växtmatta.

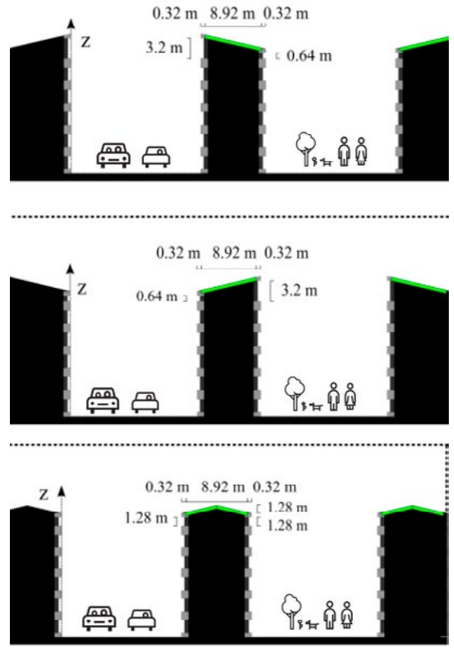
Växtkassetter används med fördel då dessa kan bytas ut vid behov av omplantering och modulsystem gör automatisk bevattning enklare. Dessa kan användas som moduler till att bygga skärmar, gröna fasader, på befintliga skärmar, som låga skärmar nära källan eller för att täcka glipan under skyddsräcken vid väg för att skapa en låg bullerskyddsskärm.





Vallar bör vara vertikala nära källan och gärna ha trappstegsform. Det platta krönet kan utformas med skåror för att skapa en diffuserande effekt upptill. Bild: HOSANNA [8]

Gröna tak ger bättre ljuddämpning om de utformas lutande men är komplicerat. Bild: HOSANNA [8]



Grönska och ljud

Grönska och dess jordsubstrat kan dämpa ljud jämfört med hårdgjorda ytor. Olika sätt att dämpa ljud är avskärmning, absorption och diffusion. När ljud avskärmas så reflekteras det. Reflektion av ljud sker när ljudvågor når en hård yta och ljudet studsar tillbaka (skärmar). Absorption är när ljudvågor sprider sig i mjuka material och omvandlas till värme (väggabsorbenter). Diffusion är när ljudvågor sprids då de träffar ojämna ytor eller objekt som inte ger en jämn reflex. Ljudets styrka fördelas då i de olika spridningsriktningarna.

Gröna bullerskydd har dessa tre egenskaper:
1. Avskärmning vid hård yta som stenar i gabion eller konstruktion i en skärm. För högfrekventa ljud kan reflektion ske även vid växters stammar och grenar.
2. Absorption i mjukt substrat dämpar ljudet. Växter gör substratet mjukare. Det är framförallt mjuk jord jämfört med hård yta som gör att vegetation dämpar ljud.Högfrekventa ljud kan även absorberas och omvandlas till värme i vegetationens blad.
3. Diffusion genom att löv, grenar och ojämna ytor sprider ljud i olika riktningar och bidrar till att det dämpas för frekvenser över 2000 Hz.

Bladytan har större påverkan på ljudet än växtens art. Även bladytans vinkel mot ljudkällan har påverkan. Stor bladyta mot ljudkällan dämpar ljud mer. Observera att dämpningen av stammar, grenar och blad är liten jämfört med skillnaden mellan hård och mjuk markyta. Ett trädbälte har inte stor ljuddämpande funktion men den mjuka marken jämfört med hård mark påverkar ljudet. Man kan däremot påverka ljudet spridning och riktning med vegetation. Vegetation kan påverka ljud genom att förändra vindprofil och substratet kan påverka luftens temperatur och luftfuktighet. På detta sätt kan man styra riktningen för ljudets utbredning, och hur ljudet böjer sig vilket kallas refraktion. Med välplanerad grönska kan ljud riktas bort från bostad och skärmars ljuddämpande effekt kan förbättras.

När ljudet diffrakteras (böjer sig över eller träffar en kant) ett grönt bullerskydd som en grön skärm eller ett grönt tak så dämpas ljudet av absorptionen. Ett lutande grönt tak dämpar därför ljudet bättre än ett platt grönt tak, då ljudet absorberas mer när det böjer sig över byggnaden mot den tysta sidan. Vegetationen dämpar högfrekventa ljud och substratet dämpar mellanfrekvens ljud. Substratet får även mer dämpning när det kombineras med växter som gör jorden mjukare och som helst ska ha stora blad för att öka spridningen och dämpningen. Substratets ljuddämpande förmåga minskas dock när det är blött vilket gör dränering viktigt men även val av substrat. Konstgjorda substrat är ofta bättre än vanlig jord dels på grund av dess förmåga att ta upp vatten utan att avsevärt förlora ljuddämpande effekt.

Gröna bullerskydd har en subjektivt ljuddämpande effekt då sikten till ljudkällan påverkar hur vi upplever ljudet och vegetationen täcker ofta mer sikt och ger ett positivt synintryck. De naturliga ljuden från vind som blåser i vegetation upplevs som positiva ljud, vilket även kan maskera buller. Det är en anledning till att man reagerar mer på buller när träd har fällts som synliggör en väg eller ett spår.

3 sätt att dämpa ljud

- Avskärmning (Ljud reflekteras bort)
- Absorption (Ljud absorberas i mjuka ytor)
- Diffusion (Ljud sprids från ojämna ytor)



Grönt tak med solpaneler, Grönatakhandboken. www.gronatakhandboken.se. Bild: Jonatan Malmberg

Meteorologi och ljud

Meteorologi är mycket relevant för ljud då det avgör hur stor skyddande skuggzon ett bullerskydd får och hur ljudet sprider sig över tak och faller ner som bullerregn. Grönska har en stor effekt på meteorologin och därför även ljudet.

Vinden och temperaturens inverkan på ljud blir tydlig en sval sommarkväll när ljud från långt håll kan upplevas högre än vanligt. Det beror delvis på att bakgrundsnivån av buller blir lägre på kvällen och att vi lättare stör oss på buller då. Men de fysiska effekterna av hur medvind förstärker ljud och hur temperaturskikt i luften kan påverka hur ljudet utbreder sig och ändrar riktning har stor effekt på vilken ljudnivå som uppstår vid mottagaren. Detta ljud som faller ned kallas ofta bullerregn.

Gröna lösningar har en potential att åtgärda denna problematik genom att träd kan påverka vind, och substrat kan påverka temperaturskikt genom att jorden behåller värme länge. På detta sätt kan gröna lösningar planeras för att ändra ljudets riktning bort från mottagaren.

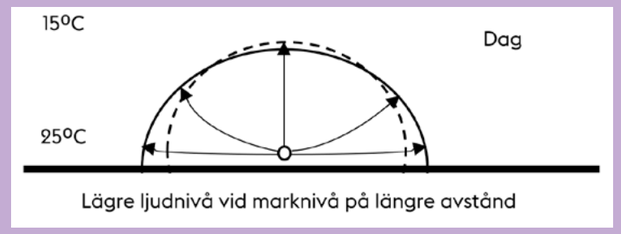
Trädkronor påverkar vindprofil och även temperaturgradienter vilket kan styra ljudutbredningen. Det krävs dock noggrann planering då fel placering kan innebära att man förstärker ljudet på en ljudkänslig plats.

Att kombinera grönska med traditionella bullerskyddsåtgärder kan förbättra åtgärdens bullerdämpande effekt. Några gröna lösningar för att påverka vind och temperatur är träd direkt bakom en bullerskyddsskärm, träd i gatukanjoner, substrat på tak som kan kombineras med olika takutformning och trädbälten som kan påverka vinden och ändra temperaturen så att ljud nattetid dämpas. Barrträd är att föredra bakom skärmar då de är höga och smala.

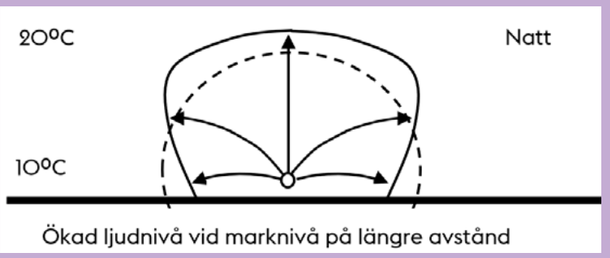
Dessa effekter går ej att påvisa med den beräkningsmodell som används i dagens bullerutredningar i Sverige, inte heller den negativa effekt som vind har på skärmar och vallars bullerdämpande effekt. Det bör dock beaktas i bullerutredningar för att få en lösning som fungerar bra i verkligheten. Grönska kan även påverka den upplevda ljudmiljön vilket sällan beaktas i bullerutredningar.

Träd kan dämpa vindhastighet och temperatur och därmed ljudnivå för bostäder i medvindsfall om de placeras med eftertanke, se bild åt vänster. Vegetation och substrat kan användas på detta sätt för att manipulera ljudvågornas riktning för att förbättra bullerskyddsskärmars effekt eller dämpa effekten av bullerregn på innergårdar med gröna tak. Effekten blir störst nattetid och i medvindsfall, då bullerstörning oftast är som störst.

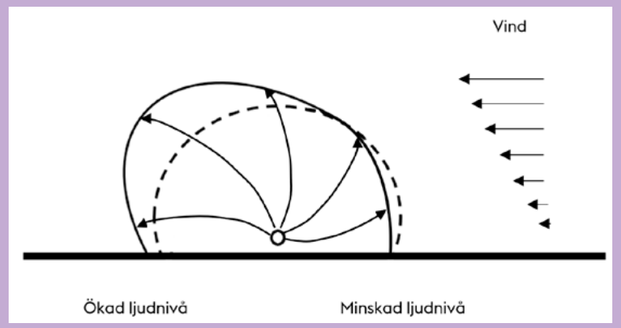
Ljud böjer sig upp om temperaturen avtar med höjden som på soliga dagar. Det innebär lägre ljud.

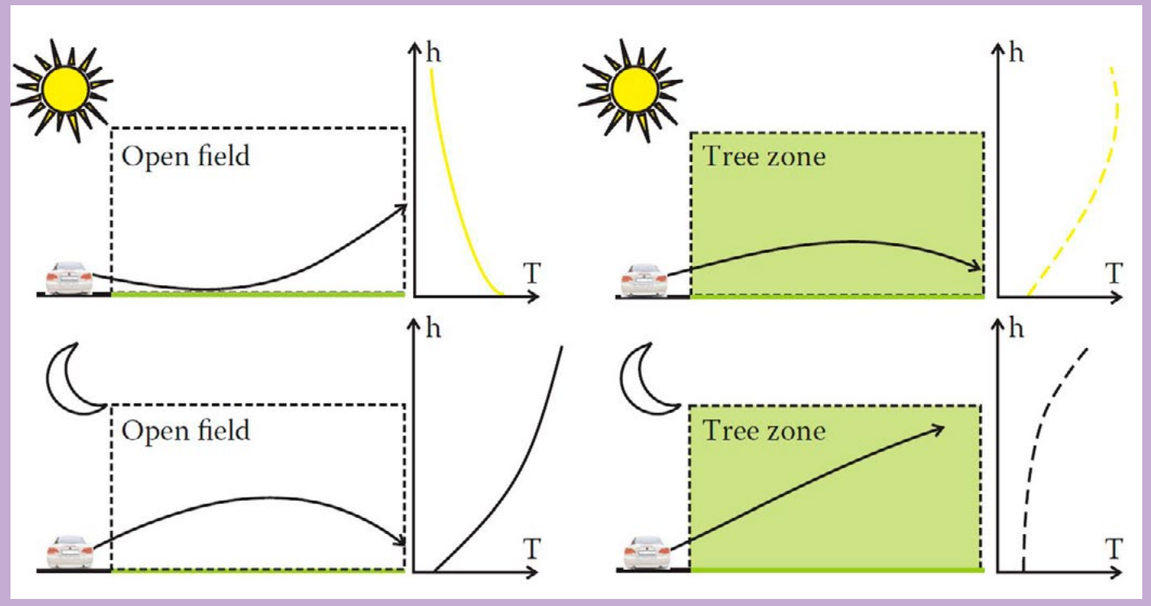


Ljud böjer sig ned om temperaturen ökar med höjden (natt). Det innebär högre ljud på längre avstånd.



Ljud böjer sig ned i riktning med vinden vilket innebär högre ljud i medvind. Streckat är ljud utan påverkan, pilarna är ljudets riktning, heldraget är ny ljudvågsfront.





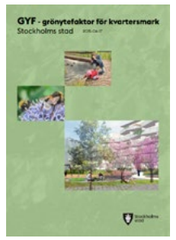
Träd kan användas för att dämpa buller nattetid genom att de påverkar temperaturen vid marken vilket gör att ljudet inte böjs ned lika mycket nattetid. Bild: HOSANNA [7]

Planering



Planering

Fördelarna är många men för att gröna lösningar ska bli verklighet så krävs god planering. I Sverige försvårar vinterklimatet arbetet med gröna lösningar. Erfarenheter från olika studier är att idén måste vara med i tidigt skede av planeringen. Samt att flera olika tekniska discipliner involveras tidigt. Planer och avtal om ansvar för drift och underhåll fastställs i tidigt skede. Goda erfarenheter och verktyg finns i C/O City, Citylab och stadens GYF-Grönytefaktor för kvartersmark.

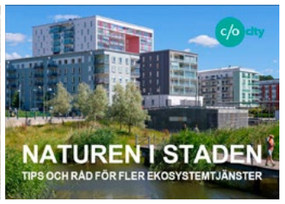


C/O City har utvecklat ett arbetssätt som integrerar och ger motiv för implementering av ekosystemtjänster i planprocessen. Arbetsmetoden är uppdelad i tre steg; identifiera, bedöma och verkställa. Denna arbetsmetodik skapar möjlighet för implementering av gröna bullerlösningar som verktyg tidigt i arbetsprocessen. Se vidare i *Ekosystemstjänster i stadsplanering – en vägledning.*









5 tips för framgångsrikt arbete med grönytefaktorn

Stockholms stad arbetar med grönytefaktor för kvartersmark i alla projekt som markanvisas på stadens mark. Grönytefaktorn bestäms efter hur stor andel av tomtens yta som är bebyggd. Byggaktören får sedan fylla i ett excelark som staden tagit fram och där visa att man uppnått den grönytefaktor som bestämts.

Denna metodik är förankrad inom staden i dokument Grönytefaktor för kvartersmark 2015-06-17. Samma metodik för arbetsprocessen rekommenderas för att lösningen även ska dämpa buller:

1. Förankra arbetet med grönytafaktorn tidigt i planeringen.
2. Skapa en arbetsgrupp med olika kompetenser och samverka genom hela processen
3. Se till att driftperspektivet kommer in tidigt i planeringen.
4. Använd grönytefaktorn från början och genom hela den kreativa processen. Då kommer frågan om ekosystemtjänster in i varje planeringsskede och kan utvärderas och utvecklas (Detsamma gäller för en grön bullerlösning.)
5. Kom ihåg att grönytefaktorn är ett verktyg som inte ersätter andra underlag, riktlinjer, lagar eller en god planering.



Identifiera

När platsen och behovet av ljuddämpning är bestämd krävs att många faktorer identifieras för att lösningen ska få bästa möjliga resultat. I tidigt stadie måste tanken finnas för konstruktionens genomförbarhet och växtlighetens möjlighet att överleva och frodas. Finns möjlighet till underhåll på ett säkert och praktiskt vis? Vilka risker finns? Utför en SWOT-analys för den tilltänkta gröna lösningen i tidigt stadie. Följ hänvisningar i kapitel Planering och kolla checklistan som finns i slutet av detta kapitel.

Identifiera

Tidigare projekt visar att gott resultat fås genom att arbeta med de som är erfarna av att utföra gröna lösningar. Kontakta leverantörer av gröna lösningar i tidigt skede för att få deras råd om bästa möjliga lösning för platsen. Skaffa jämförelser mellan kostnader för olika lösningar.

När en genomförbar lösning tagits fram bör experter för projektering blandas in. Jobba med erfarna byggaktörer av gröna lösningar och få in deras erfarenheter. Se till att skriva avtal om ansvar och underhåll i tidigt skede. Blanda in företag som utför underhåll för råd. Läs mer i kapitel Erfarenheter.



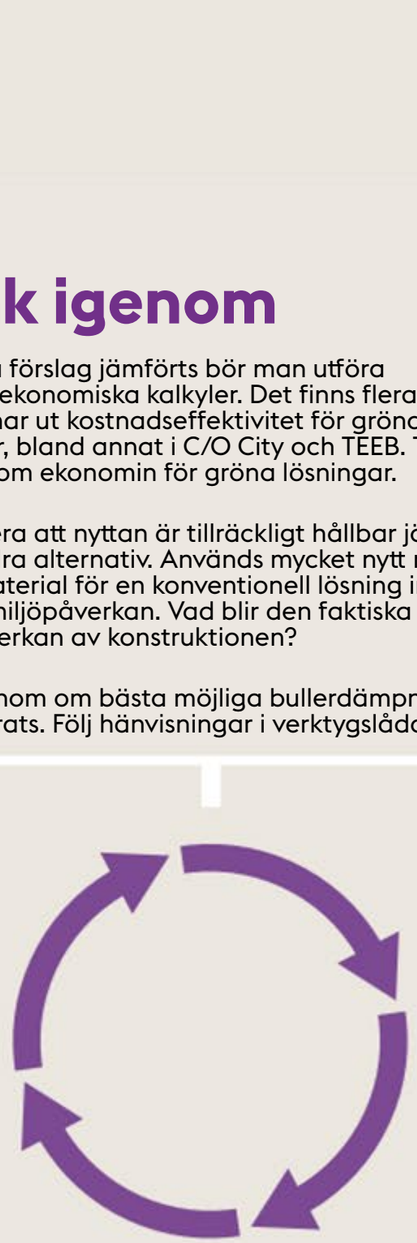
Tänk igenom

När olika förslag jämförts bör man utföra samhällsekonomiska kalkyler. Det finns flera verktyg som räknar ut kostnadseffektivitet för gröna lösningar, bland annat i C/O City och TEEB. TEEB handlar om ekonomin för gröna lösningar.

Kontrollera att nyttan är tillräckligt hållbar jämfört med andra alternativ. Används mycket nytt material. Hade material för en konventionell lösning inneburit mindre miljöpåverkan. Vad blir den faktiska miljöpåverkan av konstruktionen?

Tänk igenom om bästa möjliga bullerdämpning projekterats. Följ hänvisningar i verktygslådan.





Tänk igenom

Det viktigaste är att planera korrekt för underhåll av den gröna lösningen. Är tillräckligt med resurser avsatta för underhåll och eventuella nyplanteringar och skadegörelse? Om en grön lösning inte tas omhand väl ger den fort ett negativt intryck och sämre effekt.

Arbeta med erfarna tillverkare, underhållsansvariga, byggherrar, projektörer för att få ett gott resultat. Erfarenheten finns.

Metod för planering

1 Identifiera

Denna metod beskrivs i C/O City. Första steget är:
Identifiera nuläget och potentiell utveckling för gröna bullerlösningar på aktuell plats.

Planerar du för gröna tak?

Gå in på hemsidan:
Gronatakhandboken.se

- Vilka ekosystemstjänster finns på platsen idag?
- Vart finns behov av ekosystemtjänster nu och i framtiden?
- Vad är behoven av bullerdämpning och förbättrad ljudmiljö?
- Vilken sorts grön lösning är lämplig?
- Är fler lösningar möjliga?
- Finns möjlighet till mångfunktionalitet?
- Finns tillräckligt underlag för att göra rätt bedömning?
- Bjud in till dialog med specialister inom olika områden.
- Initiala kostnader och kontinuerliga kostnader. Vem ansvarar och finns resurser avsatta?
- Gör förstudie med utredningar för underlag till bedömning.
- Identifiera enligt SWOT-analys följande:
  - ansvar, risk, åtkomst underhåll, mark, konstruktion, landskapsarkitektur, val av vegetation och lämplighet

2 Bedöma

Bra metodik för planering av gröna lösningar finns i C/O City och Citylab Action guide

En jämförelse görs utifrån vad som framkommit under identifieringen kontra den planerade utvecklingen av området

- Vilka mervärden finns med en grön bullerlösning?
- Hur kan ytan för planerad lösning göras mångfunktionell?
- Är föreslagen design optimal för ljuddämpning?
- Är föreslagen design kostnadsmässigt effektiv?
- Vilka alternativ till föreslagen lösning kan utföras?
- Lista konflikter och jämför med alternativa lösningar.
- Gör SWOT-analys för föreslagen design med avseende på ljuddämpning och tillförda ekosystemstjänster.
- Finns samhällsekonomisk konsekvensanalys för designen?
- Gör kostnadseffektivitetsanalyser för designen och jämför med den gröna lösningen kontra konventionell design.



3 Verkställa

Identifiering och bedömning ligger till grund för vad som måste med i planhandlingar och senare i avtal för att det ska bli verkställt. Det krävs även tydligt ansvar i förvaltningsskedet.

Dialog bör initieras så tidigt som möjligt mellan planerare och förvaltare. I praktiken kan det leda till exempelvis privata samfälligheter för skötsel av den gröna bullerlösningen. Något som är viktigt för att säkra lösningens varaktighet och kvalitet.

Tydliga och utförliga beskrivningar av den gröna bullerlösningen behövs i tidigt skede och bör diskuteras med ansvariga förvaltare, akustiker och andra specialister samt utförare.

Identifiera
Bedöma
Verkställa



C/O Citys illustration av detaljplanprocessen – Gröna bullerlösningar bör komma in tidigt för att bli verklighet

Process för planering av grön bullerlösning

1 Avgör behov av bullerdämpning

Bedöm behov av bullerdämpning. Vilka mål finns för ljudmiljön.

2 Identifiera platsens egenskaper

Fastighetsägare, geologi, underhållsmöjligheter, vegetation, befintlig konstruktion, landskapets karaktär, åtkomst, översvämningsrisk, grönska i nuläget, kulturarv, olika möjliga lösningar. Blanda in byggaktör och förvaltare.

3 Bedöma design av grön lösning

Ta fram förslag på design för grön lösning baserat på behov av bullerdämping och identifierade egenskaper för platsen. Här kan det ingå utredningar av akustik, landskapsarkitekt, säkerhet, risk, miljö, geoteknik, konstruktion och underhåll.

4 Jämför alternativ och förfina

Jämför olika alternativ med fördelar i ljuddämpning kontra fördelar för platsens egenskaper och kostnadseffektiviten. Vilket alternativ kräver mindre underhåll kontra livslängd. Gör kostnadsanalyser för hela livscykeln. Förfina designen.

5 Verkställa projektering

Påbörja projektering och följ frågeställningarna i denna handbok och C/O Citys Ekosystemstjänster i stadsplaneringen vägledning. Gör kostnadsuppskattningar och skriv avtal för underhåll. Eventuellt bygglov.

6 Slutlig bedömning

Gör en fullständig bedömning av förstudien, inkomna synpunkter från invånarna och kostnader. Etablera den gröna bullerlösningen tidigt i planeringen. Gör SWOT-analys (Strength, weakness, opportunity, threats) för varje punkt i processen.



Gröna tak på Malmö live
Bild: Grönatakhandboken
www.gronatakhandboken.se

Gröna tak på takterrass Wien
Foto: Jonatan Malmberg

För byggaktörer

För planering av konstruktion rekommenderas att man läser dokument från C/O City, Grönatakhandboken, IVLs rapport om byggaktörers erfarenheter och kunskapsåterföring, C/O Citys rapport om planering och samfinansiering SP:s rapport om gröna klimatskal som citatet nedan är från:

”Byggaktören som gör upphandlingen och beställningen av det gröna klimatskalet bör så långt som möjligt ställa krav och beskriva vad som förväntas av den gröna konstruktionen. Utifrån erfarenheterna som påtalats ovan kan en byggaktör till exempel ställa krav på att:

1. Aktören kan uppvisa referensprojekt eller annat som visar kompetens inom området
2. Det gröna taket (eller klimatskalet) skall fuktsäkerhetsprojekteras så att inga fuktskador uppstår till följd av läckage, eller annan fukt inifrån eller utifrån.
3. Material och materialkombinationer skall väljas så att funktionen är fullgod under byggnadens livslängd (alternativt anges antalet år).
4. Konstruktionen, val av växtsubstrat samt växter skall uppfylla även andra krav som t ex brandsäkerhet och bärighet hos byggnadsdelen.
5. Växtval, växtsubstrat, rotskydd, bevattningssystem mm skall väljas utifrån den ambitionsnivå som byggaktören har på driften/skötselns omfattning, användningen av ytan och hur den gröna ytan förväntas åldras.
6. Kontroller av kritiska moment och arbetsutföranden skall utföras och dokumenteras under byggtid. Täthetskontroll av tätskikt, att arbetet planeras så att tätskiktet inte skadas under produktionen, att levererat material överensstämmer med föreskrivna/ projekterade”

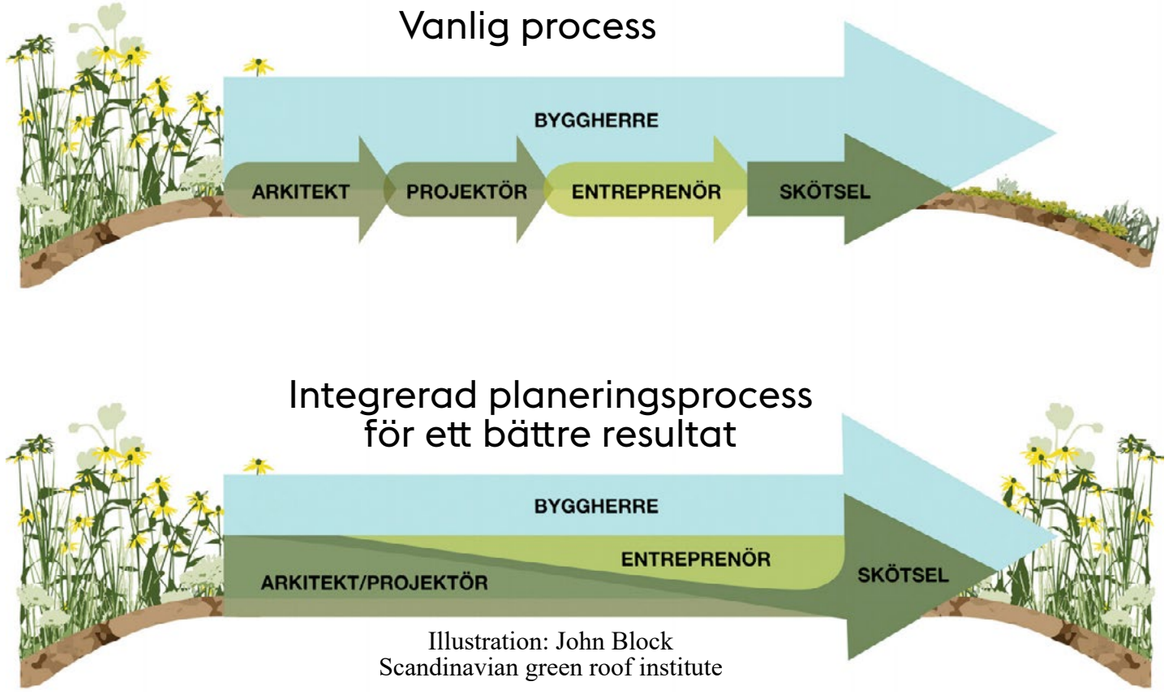
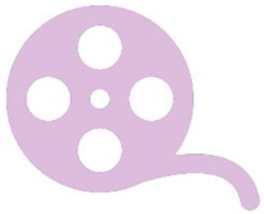


Illustration: John Block
Scandinavian green roof institute



Drift och underhåll

Underhåll av den gröna lösningen i driftskedet är viktigt för att lösningen inte ska upplevas som något negativt och att de positiva mångfunktionella effekterna består. Hänsyn bör tas till driften redan i planeringsstadiet. Bedömningar i projektering om automatisk bevattning och val av växter med låga krav på underhåll eller beslut om ansvar och avtal kan avgöra den gröna lösningens resultat.



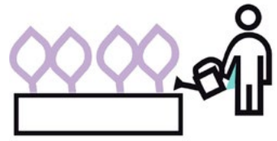
Se videon som visar uppbyggnaden av .en grön vägg i London
www.rubenshotel.com/about/the-living-wall

Skötsel av växter

För gröna lösningar krävs skötsel av växterna i form av ansning, klippning, nyplantering, bevattning och eventuell näring. Det krävs att skötsel utförs av någon med kunskap om växterna. Om inte växterna behandlas rätt eller om inte ogräs tas bort finns alltid risken att resultatet succesivt förstörs. Beroende på typ av lösning och växtlighet varierar antalet gånger som skötsel krävs per år. Med växtlighet som kräver litet underhåll och har automatiskt bevattning kan det räcka med 1-2 besök för underhåll per år. Det gäller väldigt lättskötta växter. Normalt är ogräsrensning 4-6 gånger per skötselsäsong, putsning av dött växtmaterial 2-3 gånger, därutöver kan viss omplantering krävas. Med manuell bevattning och högre krav på underhåll kan det behövas ca 6-12 gånger per år vilket påverkar kostnaden av driften. Skötselbehovet varierar och beror på vilka mål man har för växtligheten med blomning och utseende.

Bevattning

Automatisk bevattning är oftast att föredra för att minimera underhåll och kostnad. Det kan också vara till fördel för växterna. Men det är inte alltid möjligt med avseende på ledningar. System med droppbevattning för gröna väggar och tak kan vara lämpligt vid behov av kontinuerlig bevattning. Om manuell bevattning ska ske måste arbetsmiljön, säkerhetszoner och risker bedömas i planering. En lösning för dagvattenhantering och hållbarhet är att lagra dagvatten i stora behållare på tak för att bevattna gröna fasader eller tak under längre tid efter regn. Sakkunnig om växter och bevattningssystem bör rådfrågas i projektering för bedömning om val av system och slutna system, för att ej behöva göra om systemet när entreprenör ska utföra underhåll.



Kostnaden för underhåll sker under hela livscykeln för den gröna lösningen. Minimera behov av underhåll i planeringen.

> Substrat för tak och fasader bör vara minst 10 cm djupt för att vegetationen ska frodas
>
> - John Block, Trädgårdsdesigner, Zeta

Växtfördelning
grön bullerskärm
Lidingövägen



Exempelfördelning
blå-silvrig skärm
Bredd 1,25 m
Vy skala 1:20

- Storfryle 15%
- Stensöta 15%
- Silververonika 25%
- Trädgårdsnäva 20%
- Sandnejlika 10%
- Blåsvingel 15%

Skötselplan

En skötselplan bör tas fram i samarbete med ansvarig för skötsel. Den bör ha tydliga mål och instruktioner. Skötselplanen bör innehålla frekvens för underhåll med ansning av ogräs, putsning av dött växtmaterial, bevattning, ny plantering. Tydliga mål för vilka växter som ska blomma under vilka perioder och vilken blandning av växter som ska finnas per period bör beskrivas. Ansvar och förutsättningar för att arbetet ska utföras på tillfredställande sätt bör beskrivas i avtal kopplat till skötselplan. En blandning av växter som blommar vid olika tid och är lämpliga tillsammans bör planeras i tidigt skede. Beställare bör ta fram ett ramavtal för skötsel av gröna lösningar då byte av entreprenör kan försvåra skötselarbetet.

Underhåll för bullerskyddande effekt

Konkretisera vilka egenskaper som har bullerdämpande effekt i den gröna lösningen och beskriv dessa i skötselplanen så att de bibehålls. Det kan vara densitet i substrat, öppenhet i konstruktion till växtsubstrat, substratets position, fyllnad av substrat, bevattningsmängd för att ej ändra substratets bullerdämpande effekt genom att det är för vått, skrovlighet, täthet och glipor. För vegetation så är det från ljudsynpunkt fördelaktigt att det växer vilt istället för välansat.

Underhåll för konstruktion mekanisk åverkan

Vid skadegörelse från människor eller djur bör ansvar för reparation vara tydligt angivet i avtal. Vandalisering bör beaktas i budget för underhåll. Trafikhållare måste blandas in i planering av frekvens för underhåll om det sker nära väg eller spår.

Vintertid

I Sverige så är växtligheten vintertid, som bekant, kraftigt begränsad vilket kan göra att gröna lösningar upplevs negativt på grund av försämrat estetiskt uttryck. Detta bör planeras, och går att hantera, genom att arbeta med en estetisk planteringsyta och exempelvis belysning för att kunna göra konstruktionen estetiskt tilltalande även utan vegetation.

Växtval, konstruktioner och bevattningssystem bör även planeras med avseende på låg temperatur och snö under vintern. Rekommenderad läsning *Gröna väggar i svenskt klimat.*



Grön vägg med röd färg och belysning vid Påvel Snickares Gränd i Uppsala. Växterna sprids genom rotskott för att expandera naturligt. Växterna är vintergröna eller har långa perioder med blomning vilket ger 10 månader per år med blomning. Estetik ökar med den röda färgen med naturliknade uttryck, belysning och 3D-formade paneler. Bild: Butong

Risker vid drift

Risker avseende förstörelse, undermåligt underhåll som leder till att växtligheten dör och åtgärder för att uppfylla krav på utrustning och utrymme för underhåll kan innebära stora kostnader för den som är ansvarig för den gröna lösningen.

Dessa risker bör övervägas och resurser planeras av ansvarig för att den gröna lösningen inte ska nedmonteras på grund av oförutsedda kostnader.

Exempel på detta är när ansvaret för underhåll av gröna tak överlämnas till en bostadsrättsförening som saknar förmåga att sköta underhållet och då väljer att ta bort det. Ett annat exempel är otillräcklig manuell bevattning i kombination med extremt varma perioder vilket kan leda till att växtlighet dör och måste planteras om.

Mycket studier har utförts om urbana gröna lösningar senaste 20 åren. Se studier av RISE, IVL, SLU och initiativ från städer



Val av växtlighet

För att vegetationsbeklädda bullerlösningar ska hållas gröna och utgöra trivsamma miljöer samt ekologiskt gynnande system, krävs grundlig analys av de förutsättningar som systemen ger. Aspekter att ta hänsyn till är bland annat Sveriges klimat med skiftande säsonger, drift och underhåll, förutsättningar för ekologiska samband samt upplevelsemässiga aspekter.

Substrat

Bladen på växter har normalt en marginell inverkan på bullerreduktionen, det är substratet som har störst bullerdämpande effekt. Substratet kan med fördel kombineras med återvunnet material för att dämpa ljud bättre. Man kan styra de akustiska egenskaperna genom att kontrollera porstorleksfördelning, proportion av öppna och sammanbundna porer, samt densitet.

Klimatanpassning

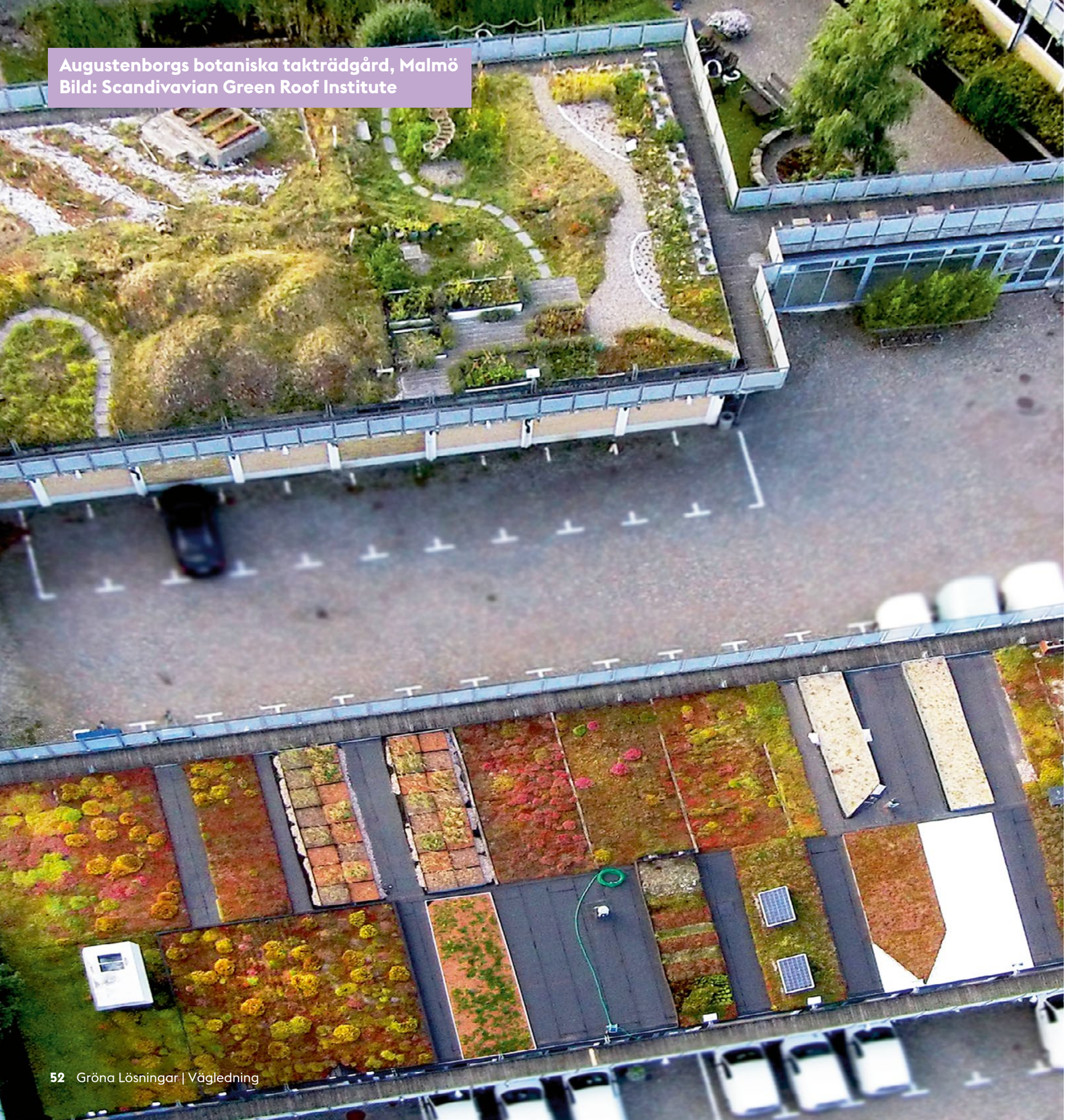
System på tak är ofta mer utsatta av väder och vind än på naturlig mark. Underhåll i form av bevattning samt anpassning av växtmaterial för rådande förhållanden är viktigt för växternas överlevnad. Synergieffekter kan stärkas i ett heterogent växt-material med blommande växter som lockar pollinatörer samt växter med hög transpiration och luftutbyte. Tänk på fuktförhållande och hur saltning av väg påverkar på vegetation.

Närheten till vägen kan begränsa urvalet av växter. För vertikala system krävs härdigt växtmaterial som tål perioder av torka, fukthållande jord, mineralull som håller fukt samt kontinuerlig bevattning för att växterna ska klara rådande utsatta förhållanden i växtbädden. Växtmaterialets livslängd påverkas till största del av lokalklimat samt vattentillgång. Lokalklimatet bestäms av vind, solinstrålning och temperatur. Vertikala system är extra utsatta i söderläge där det sker större variationer i temperatur vilket kräver ett extra härdigt växtmaterial. Exempel på växter i ett vertikalt system: Stäppsalvior, Nepeta, Blåtåtel, Rölleka, Nejlikväxter, Bergenia och Nävor.

Säsongsanpassning - form, färg och växtmaterial

Sveriges växlande klimat bör beaktas i arbetet med växtmaterial. Ett dött växtmaterial kan under vintern förändra upplevelsen av platsen. Vintergröna växter kan ge grönstruktur även under vintersäsongen, dock bidrar perenner betydligt mer till ekologiska samband, till exempel blommor för pollinering. Den vertikala trädgården i Björns Trädgård har en blandning av vintergröna och blommande perenner och på så sätt bidrar väggen både med grönska under vintern och pollination under sommaren. Designen på själva konstruktionen har även betydelse för hur väggen upplevs under vintern.

Konsultera alltid kunnig om växter och växtzoner för bra resultat och rimligt underhåll



Augustenborgs botaniska takträdgård, Malmö
Bild: Scandivavian Green Roof Institute

Val av växter

Övervintrande växtarter

Följande växtarter testades på väggar i Malmö:
Aubretia, Backnejlika, Backtimjan, Blåtåtel, Hjärtbergenia, Japansk Starr, Kattfot, Kattmynta, Lammöron, Lavendel, Rödfibbla, Rölleka, Sibirisk iris, Smultron, Stäppsalvia, Strandtrift, Vinteriberis, Älväxing.

Stockholm tillhör en annan växtzon och har mindre tillåtande vintrar än Malmö. Mer information om växtzoner och lämpliga växtarter går att läsa om på växtzonskartan. Murgrönan Hedera Helix är vintergrön och kan användas vid skärmar. Läs mer om växtval i Grönatakhandboken

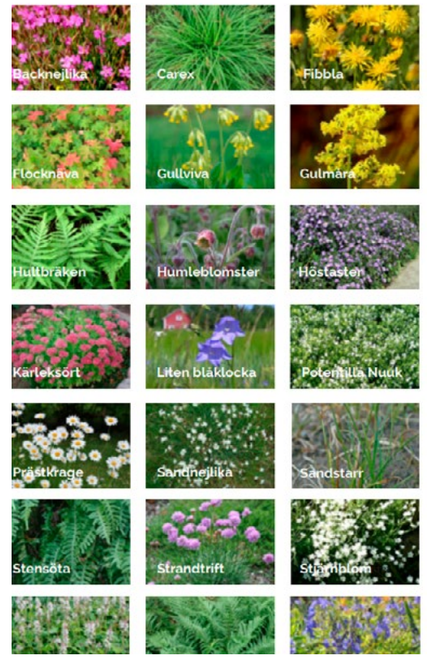
Växter som tål salt nära väg:

Perenner:
Praktrölleka
Rölleka
Strandtrift
Strandmalört
Krypmalört
Strandaster
Strandglim

Lignoser:
Silverbuske
Havtorn
Slån
Silverpäron
Stenros
Eldtorn
En-släktet
Bergtall

Gräs:
Tuvrör
Blåelm
Strandråg
Gracíllimus

Växter för växtkassett och skärm
Bild: Urban Green





Samlad erfarenhet

Ett projekt där man arbetat med ekosystemstjänster är Norra Djurgårdsstaden. Många goda erfarenheter och några läxor går att finna därifrån och även i andra satsningar på gröna lösningar som Stockholm har gjort. I rapporten “Varför investera i gröna lösningar med hög biologisk mångfald” av Svenska Miljöinstitutet IVL så tillfrågades byggbranschen angående erfarenheter av gröna lösningar, delar av rapporten redovisas i detta kapitel.

Erfarenhet av ekonomi

Många av de nya mångfunktionella gröna lösningar som uppförts de senaste åren har möjliggjorts genom ekonomiskt stöd. Även livslängd, underhåll och ansvar påverkas om ekonomiskt stöd inte finns, särskilt då investeringskostnaden är relativt hög. Sedan några år har dock flera färdiga produkter utvecklats av tillverkare som inneburit minskat underhåll. De tidiga osäkra kalkylerna kan därför undvikas genom att välja en färdig produkt och få avtal på total kostnad och underhåll. Förutom innovationsstöd och bidrag framgår av IVL-rapporten ovan att branschen saknar styrmedel och incitament för att stödja nya lösningar inom svensk byggtradition, vilket bromsar utvecklingen av gröna lösningar. Byggnadsförvaltare i Stockholms innerstad har upptäckt de ekonomiska fördelarna med gröna tak då de sociala ytorna ökar värdet på de uthyrda lokalerna.

Höga krav på dagvattenhantering i innerstaden kräver interna vattenledningar vilket minskar användbar yta i byggnader, gröna tak hanterar stora mängder vatten vilket minskar behov av dessa typer av ledningar. Byggbranschen anser att byggprojektets ekonomi konkurrerar och försvårar för att fastighetsbolag och entreprenadbolag ska genomföra investeringar i gröna lösningar med hög biologisk mångfald. Grönskan konkurrerar även med andra, ofta mer prioriterade åtgärder (se tidigare resonemang kring drivkrafter). Ytterligare utmaning är att budgeten för drift och skötsel ofta, eller ibland, missas helt eller är för låg. Om skötselorganisationen inte är på plats från början eller inte har möjlighet att göra de initiala åtgärder som behövs vid etablering blir kostnaden för skötsel och kompletteringar av växtmaterial mycket större i längden än vad som egentligen behövs. Detta kan skapa problem och den gröna lösningen riskerar att misskötas



Byggnadsförvaltare har upptäckt de ekonomiska fördelarna med gröna tak

> Boverket har under 2018 administrerat bidrag för gröna lösningar i urban miljö

Erfarenheter av gröna lösningar från IVLs rapport ”Varför investera i gröna lösningar med hög biologisk mångfald” kan läsas i stycken på denna sida. Rapporten innehåller lärdomar, enkätsvar och erfarenheter från byggherrar och entreprenörer som arbetat med gröna lösningar och rekommenderas att läsa.

Norra Djurgårdsstaden utfördes med:

Gröna tak motsvarande

2 **fotbollsplaner**

Gårdar motsvarande

4 **fotbollsplaner**

Parker motsvarande

7 **fotbollsplaner**

90%

av färdigställd friyta är grönyta

Erfarenhet av kunskap och kompetens

Kunskap och kompetens på området varierar stort bland både beställare och utförare. Pålästa och kunniga beställare har pekats ut som en stor framgångsfaktor för ett bra slutresultat. Erfarenheter visar att det kan vara viktigt att den driftorganisation som anlitas har rätt kompetens. Även engagerad personal underlättar. Om beställare och skötselpersonal har liten kunskap om växter har de också en liten insikt i svårighetsgraden kring utveckling och skötselbehov hos olika anläggningars växtmaterial. Detta resulterar lätt i att beslut, både ekonomiska och praktiska skötselåtgärder, kommer för sent och på så vis fördyrar anläggningens skötsel eller förvanskar dess utseende.

Att anlita underentreprenörer med kompetens och sakkunniga aktörer är viktigt. På ett tak med inblandning av gräs i växtblandningen har gräset tagit över nästan helt fast man till och med försökt ta bort och komplettera med större plantor i efterhand. På ett annat tak med endast örter har man uppmätt en ovanligt stor biologisk mångfald. Man har till och med observerat en humla som bygger bo. Detta utan att nå gra skötselåtgärder behövts. Anläggningen har observerats regelbundet för att vid behov kunna utföra åtgärder. Under torra perioder försvann mycket av vegetationen men den kom tillbaka då förutsättningarna åter blev bättre, precis som i en naturlig biotop. Detta är exempel på att tak med hög biologisk mångfald inte kräver större arbetsinsats men mer kunskap.

Flertalet aktörer upplever att det finns få nyckelfärdiga eller specifika produkter på marknaden idag. Avsaknaden av standardlösningar för specifika tekniska detaljer kan också upplevas som en stor utmaning. Två exempel på detta är anslutningsdetaljer på gröna tak och hur gröna tak ska utformas för att uppfylla brandkrav. Brandkrav är under översyn av Boverket.

Krav på hög biologisk mångfald skapar också utmaningar vid exempelvis växtval. Däremot skapar det ökade intresset från marknaden och det ökade antalet demonstrationsanläggningar och goda exempel möjligheter att lära av andra.



Grönska nära trappa och gröna fasader, Norra Djurgårdsstaden. Bild: Stockholm stad

Risker vid drift

Risker avseende förstörelse, undermåligt underhåll som leder till att växtligheten dör och åtgärder för att uppfylla krav på utrustning och utrymme för underhåll kan innebära stora kostnader för den som är ansvarig för den gröna lösningen.

Dessa risker bör övervägas och resurser planeras av ansvarig för att den gröna lösningen inte ska nedmonteras på grund av oförutsedda kostnader.

Exempel på detta är när ansvaret för underhåll av gröna tak överlämnas till en bostadsrättsförening som saknar förmåga att sköta underhållet och då väljer att ta bort det. Ett annat exempel är otillräcklig manuell bevattning i kombination med extremt varma perioder vilket kan leda till att växtlighet dör och måste planteras om.

Pilotprojektet Norra Djurgårdsstaden har mycket samlad erfarenhet som går att hämta på stadens hemsida www.stockholm.se



Grönt tak för vistelse
Grönatakhandboken
Foto: Peter Dezsenyi



IVLs rapport redovisar erfarenheter som byggaktörer fått av att arbeta med gröna lösningar

Erfarenhet av drift och underhåll

Att involvera driftorganisationen redan vid utformning och uppförande är ett sätt att öka chansen för ett lyckat slutresultat och god fortsatt förvaltning. Det är en utmaning att få med alla drift och skötselaspekter redan vid utformning och uppförande. Åtkomst och tillgänglighet för driftspersonalen samt bevattning av anläggningen är exempel på detta. Behov kring dessa frågor kan vara olika under etableringsskedet och längre fram i driften och bör därför utredas specifikt.

Det är även viktigt att information kring vegetationens funktion når fram till de som förvaltar anläggningen. Detta är av särskild vikt då det gäller funktioner som påverkar anläggningens tekniska lösningar, så som vegetationsytor som är till för att ta hand om dagvatten. Om dessa ytor förvanskas eller helt tas bort kan de ge stora konsekvenser på övriga miljöer och intilliggande byggnader.

Erfarenhet visar att även när det finns en framtagen drift och skötselplan är det vanligt att denna inte används. Orsakerna kan vara olika; allt från bristfälligt engagemang och ointresse från driftsorganisationen till brist i överföring mellan de olika aktörerna. Sannolikheten för att drift- och underhållsplanen kommer användas ökar om den tagits fram i samverkan mellan driftsorganisationen och andra aktörer.

Det har visat sig att olika delar av drift- och skötselorganisationerna har behov av olika typer av skötselplaner.

För den som gör skötselplanen är det viktigt att tänka på vem planen riktar sig till och att tydliggöra det. De som upphandlar skötselentreprenaden vill ha en skötselplan som beskriver skötselfrekvenser och metod så att det går att räkna på. Skötselpersonalen vill ha en beskrivning av målbilder och önskad utveckling av anläggningen. Då kan de själva ta beslut om hur anläggningen bäst ska skötas för att uppnå dessa mål. De beslut som tas i förhållande till målbilden kan dokumenteras som en beskrivning av skötselinsatserna om organisationen är i behov av det. En sådan beskrivning behöver fungera som ett levande dokument och uppdateras allteftersom vegetationen utvecklas.

I större skötselorganisationer, som exempelvis kommuner, där ett system med redan definierade skötselkategorier finns behöver dessa kategorier uppdateras med vegetationsytor med hög biologisk mångfald eller tydliggöras hur vegetationsytor med hög biologisk mångfald ska införlivas i befintliga kategorier.



För planering och processstyrning läs Citylab Action Guide

Under driftskedet är det även viktigt att ha en tydlig ansvarsfördelning kring vem som gör vad och vad som förväntas av driftsorganisationen. Som nämnts tidigare under punkten ekonomi ovan, behöver det även finnas en budget som motsvarar dessa förväntningar. Erfarenhet visar att drift och skötsel på uppförda anläggningar lätt kan falla mellan stolarna. Detta kan resultera i icke existerande skötsel som påverkar anläggningens utseende och anseende. Lågt skötselbehov och skötselintensitet skapar goda förutsättningar för att anläggningen ska uppfattas som oproblematisk.

När en anläggning upplevs som svårskött och tidskrävande skapar det ofta problem som påverkar dess möjliga fortlevnad. Detta är viktigt att ta med redan i planeringen av anläggningen. Ofta är det så att anläggningar med hög biologisk mångfald har högre behov av skötsel och tillsyn av kunnig personal under den så kallade etableringsfasen än vad en traditionell planteringsyta behöver. När växter har etablerat sig ordentligt, efter några år, är uppfattningen att anläggningarna med hög biologisk mångfald kräver betydligt mindre skötsel än en traditionell planteringsyta.

Gröna lösningar är väderutsatta men kan också utsättas från en hel del mekanisk påverkan, t ex av fåglar eller vandalisering. I flera fall har det uppstått problem med måsar som rycker upp plantor eller bygger stora kolonier på taken. I ett fall skedde en ombyggnation på huset där det relativt nylagda gröna taket beträddes av yrkesarbetare och användes som underlag för byggställningen. Detta medförde främst fördröjd etablering och tråkigare utseende under en tidsperiod. I ytterligare ett annat fall har de boende tagit bort grönskan. När det gäller gröna väggar riskerar en lågt placerad grön vägg att utsättas för skadegörelse medan en högt satt vägg kräver större arbetsinsats och hjälpmedel som lyftkranar för att skötas och underhållas.

Tänk på

- Blanda in de som utför underhållet i planeringsskedet
- Skriv skötselplan tillsammans med de som ska utföra underhållet
- Skriv målbilder och önskad utveckling i skötselplanen
- Gör behovet och frekvensen av underhåll tydligt
- Ta fram budget för underhåll och ansvarsfördelning
- Skriv avtal mellan ansvarig förvaltare och ansvarig för skötsel
- Följ upp!

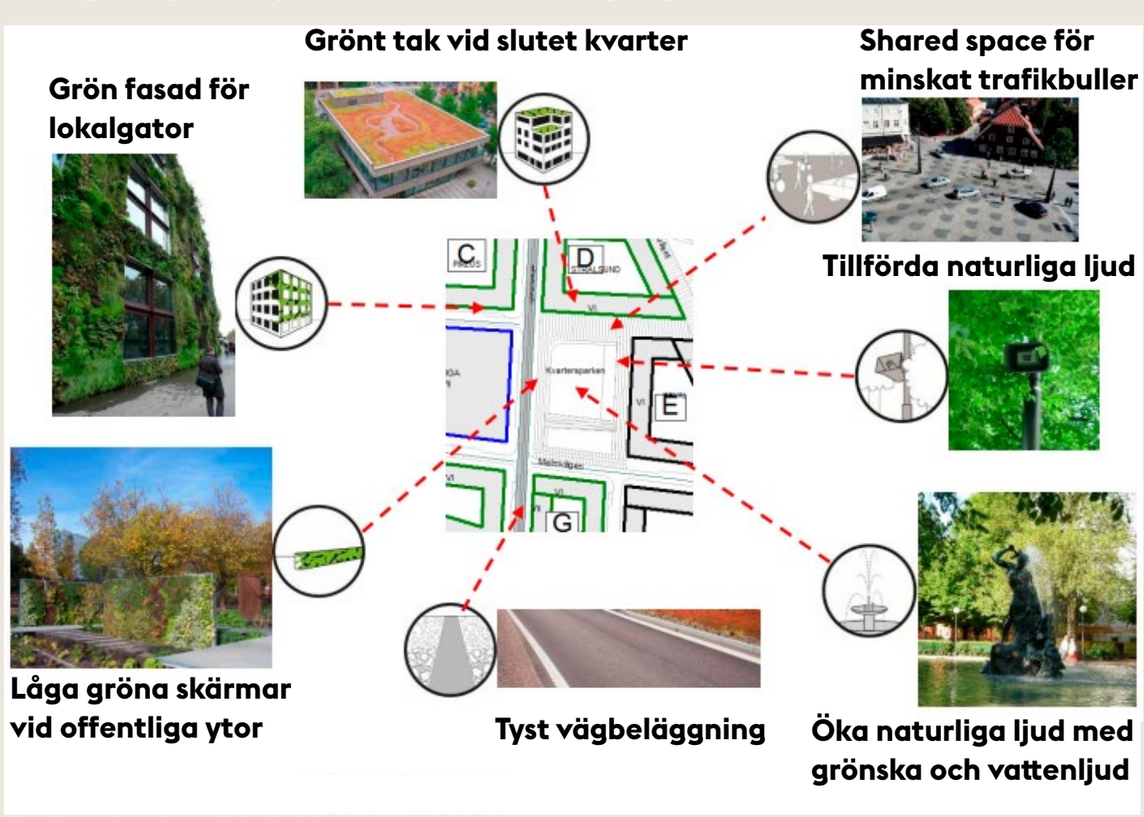
Akustisk design och gröna lösningar

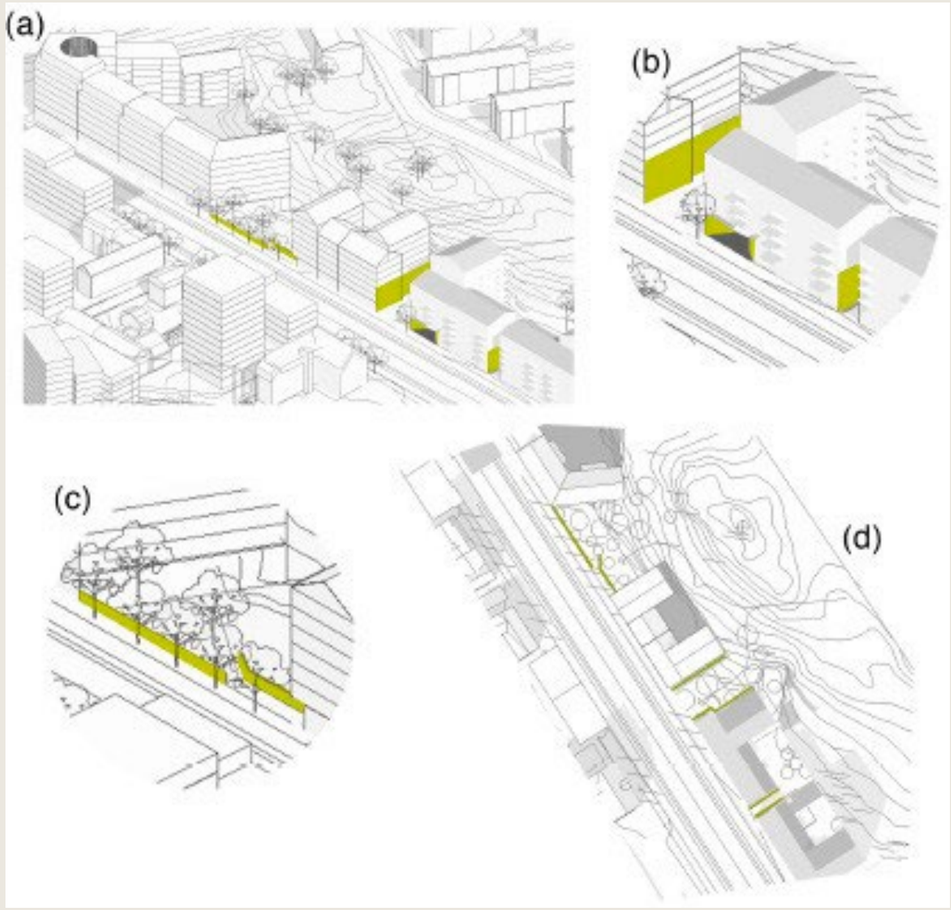
Akustisk design handlar om att få en ljudmiljö som stärker platsens funktion. Akustisk design med gröna åtgärder kombinerar olika lösningar för att få en helhet som ger en bättre ljudmiljö i området med ett tilltalande uttryck.

Exempel från stadens ljud
Det är inte alltid ljudnivåerna som avgör hur vi bedömer ljudmiljön. I projektet Stadens ljud beskrivs en designverktygslåda med olika typer av åtgärder för att skapa en bra ljudmiljö. Även gröna lösningar beskrivs.

Rekommenderat är att kombinera flera av dessa för bästa möjliga effekt. Addera även naturliga ljud som fontäner med vattenljud Se bilden nedan från en pilotstudie vid Norra Djurgårdsstaden
Bild: Björn Hellström, Tyréns.

Designa ljudmiljön så att den stödjer platsens vistelsevärden





Exempel från stadens ljud
I detta exempel kombineras tre stycken gröna lösningar vid Bolidenvägen i Stockholm. Det är gröna skärmar omlott vid en grönyta, gröna fasader i en garageport och gröna fasader för de öppningar som finns mellan huskropparna. Pilotstudien visar hur gröna lösningar kan kombineras för att få en bättre ljudmiljö i området snarare än som punktlösningar [9]. Bild: Jens Forssén.

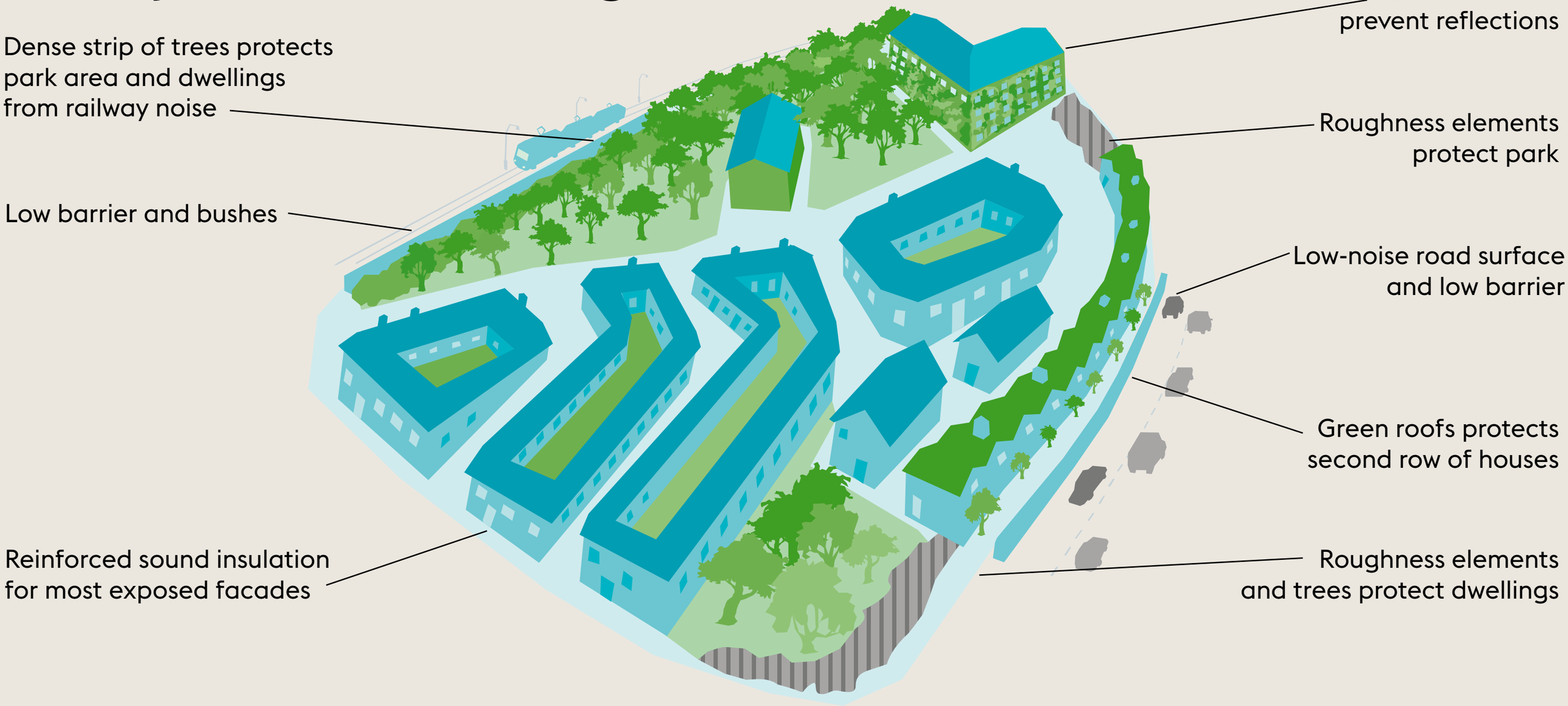
a) 3D vy som visar position för de gröna lösningarna

b) 3D vy för gröna fasader mellan byggnader och vid garageport. Absorbenter i innertak är fördelaktigt.

c) Låga gröna skärmar omlott vid grönyta

d) Planvy över de gröna lösningarna

Kombinera gröna lösningar och andra ljudreducerande åtgärder



Combining solutions to protect the quiet sides of noise-exposed dwellings

Kombination av gröna lösningar och andra bullerskyddsåtgärder för att skapa ett bostadsområde med god ljudmiljö.
Bild: Tove Hennix (HOSANNA)



Fontän Norra Bantorget
Bild: Wikipedia
Foto: Holger Ellgaard



Skärm med rinnande vatten
Sheffield station, England
Bild: Wikipedia

Blå åtgärder

Blå åtgärder avser införda konstruktioner med vatten i urban miljö. För ljudmiljö kan det innebära fontäner och konstgjorda vattendrag som skapar naturliga vattenljud som kan maskera buller och förbättra upplevd ljudmiljö.

Fontäner kan skapa olika ljud
I ett examensarbete vid Stockholms universitet undersöktes hur olika fontänljud upplevdes. Fontäner med högt vattentryck kan skapa brus som påminner om trafikbrus och ej bidrar lika mycket till den upplevda ljudmiljön som porlande ljud eller droppande ljud. Dessa typer av ljud kan justeras med vattentryck och munstycke för att skapa det ljud som är lämpligt för platsen. I teorin kan ljudet som fontänen skapar stämmas av för att maskera det trafikljud som finns på platsen optimalt genom att justera vattentryck, munstycke och droppstorlek.

Vattenljud kan användas som ett designelement för akustisk design och kan med fördel användas i kombination med gröna lösningar för att stärka den upplevda miljön och kopplingen till naturen.

Vattenljud är högfrekvent och sprider sig inte lika långt som trafikljud, som delvis är lågfrekvent. Det betyder att desto längre bort man kommer från fontänen ju mer kan trafikljudet höras. Om möjligt bör vattenljudet spridas ut till flera platser eller lokaliseras till en viktig punkt.

Ljudet från fontäner kan förstärkas genom att skapa skyddade sittplatser med kurer riktade mot fontänen. Ljudspeglar, skärmar med parabola former kan användas för att styra ljudets riktning och förstärka det.

Fontäner kan kopplas till gröna lösningar med bevattning

Att kombinera fontänljuden med att plantera vegetation som låter mer i vinden, som t.ex. björk, kan fungera positivt för den uppleva ljudmiljön. Att skapa ekosystemtjänster som lockar insekter och fåglar kan även det tillföra önskade naturliga ljud för platsen.

Förslag till checklista för planering av gröna lösningar					
	Ja	Nej		Ja	Nej
A. Ansvar			**C. Säkerhet**		
Á1. Har ansvar för underhåll bestämts genom avtal? (Kommun, myndighet, fastighetsägare, annan)	☐	☐	C1. Är designen säker för bilister, fotgängare, underhållsarbetare? (Speciellt vid krav på vägavstängning)	☐	☐
A2. Har ansvaret tydliggjorts? (Beskärning, bevattning, plantering, risker, konstruktion)	☐	☐	C2. Finns det tillräckligt med arbetsplats för vanligt underhållsarbete?	☐	☐
A3. Har kostnad för återkommande underhåll tydligt redovisats för ansvarig för underhåll?	☐	☐	C3. Finns det risker med underhåll av gröna åtgärder på tak eller fasad? Har det beaktats i projektering?	☐	☐
A4. Har ansvarigt företag för underhåll tagit fram kostnad för normal respektive avvikande underhåll?	☐	☐	C4. Är säkerhetskraven uppfyllda av den som ska utföra underhållet?	☐	☐
A5. Finns underhållsplan för skötsel av den gröna åtgärden vid misskötsel? (bostadsrättsföreningar)	☐	☐	**D. Hållbarhet**		
A6. Har projektering utförts så att designen är effektiv, kostnadseffektiv, hållbar?	☐	☐	D1. Är designen, tillverkningen och val av material miljöanpassad och rimlig? Går den att göra mer hållbar?	☐	☐
A7. Är rutiner för överlämning av ansvar internt eller externt klargjort?	☐	☐	D2. Behöver designen överdriven mängd bevattning? Går det att göra slutet system?	☐	☐
B. Underhåll			D3. Är designen fortfarande tilltalande med låg mängd underhåll? Även vintertid?	☐	☐
B1. Har de långvariga konsekvenserna för underhållet beaktats i designen av den gröna åtgärden?	☐	☐	D4. Är de positiva miljöeffekterna större än miljöpåverkan för att bygga den gröna lösningen?	☐	☐
B2. Är design och planteringar tillräckligt robusta för att tåla vägnära miljö och vinter?	☐	☐	D5. Har energianvändning och vattenbesparing beaktats i val av design?	☐	☐
B3. Hur ofta kommer utbyte av plantor behövas? Är val av plantor kostnadseffektivt?	☐	☐	**E. Effektivitet**		
B4. Är förväntat behov av underhåll för beskärning och bevattning rimligt för den som sköter underhåll?	☐	☐	E1. Är tillräcklig yta avsatt för att optimera design av åtgärden?	☐	☐
B5. Är utbyte av plantor och vegetation enkelt efter eventuell skadegörelse? (Moduler, nära väg, etc)	☐	☐	E2. Är planerad grön åtgärd lämplig för att uppnå tilltänkt funktion? (Buller, landskap, luftkvalitet, sociala ytor)	☐	☐
B6. Är säker och rimlig yta för arbete med underhåll avsatt i anslutning till den gröna åtgärden?	☐	☐	E3. Förbättras den visuella effekten i området av den gröna åtgärden jämfört med konventionell åtgärd?	☐	☐
B7. Finns ramavtal för underhåll? Är underhåll upphandlat på ramavtal? Finns rutiner för överlämning från tidigare entreprenör till kommande vid nytt ramavtal?	☐	☐	E4. Är den gröna åtgärden utförd på optimalt sätt för ljuddämpning? (Se kapitel Verktygslådan)	☐	☐
B8. Har andra specifika krav på underhåll lyfts i projekteringen, av ansvarig eller utförare för underhåll?	☐	☐	E5. Är alternativa gröna lösningar undersökta? Är kombination av flera gröna lösningar undersökt?	☐	☐
B9. Har tillräckligt med resurser avsatts för återkommande kostnader av underhåll?	☐	☐	E6. Ger den gröna åtgärden kvalitet för kostnaden jämfört med traditiontell åtgärd?	☐	☐
B10. Har projekteringen genomförts för att minimera underhållsbehovet?	☐	☐	E7. Är mångfunktionalitet beaktat i projekteringen? Är designen planerad optimalt för olika funktioner?	☐	☐

Verktygslåda för

Gröna Åtgärder

mot buller

Verktygslåda för gröna bullerlösningar

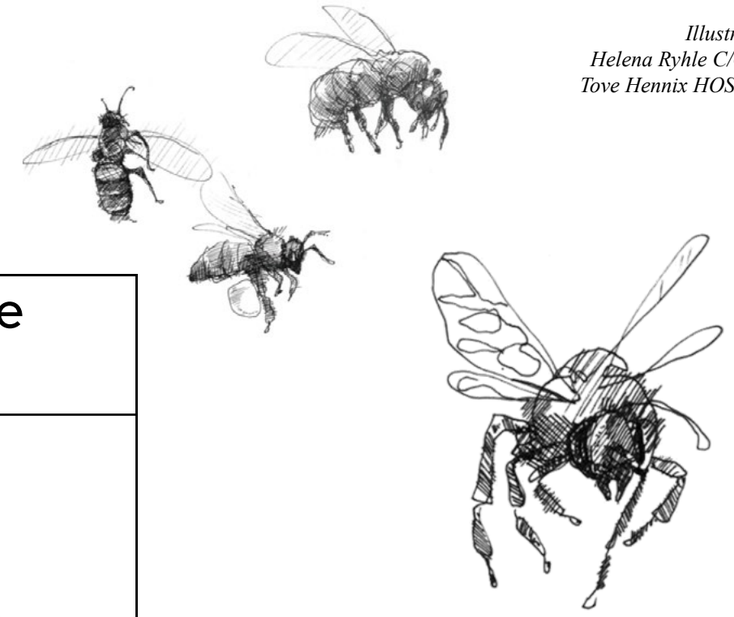


Illustration:
Helena Ryhle C/O City
Tove Hennix HOSANNA

Vid källan	Mellan källa & mottagare	Vid mottagare
Markbearbetning	Gröna skärmar	Gröna fasader
		
Gröna spår	Gröna vallar	Gröna tak
		
Låga gröna skärmar	Gröna befintligt	Gröna bostadsgårdar
		

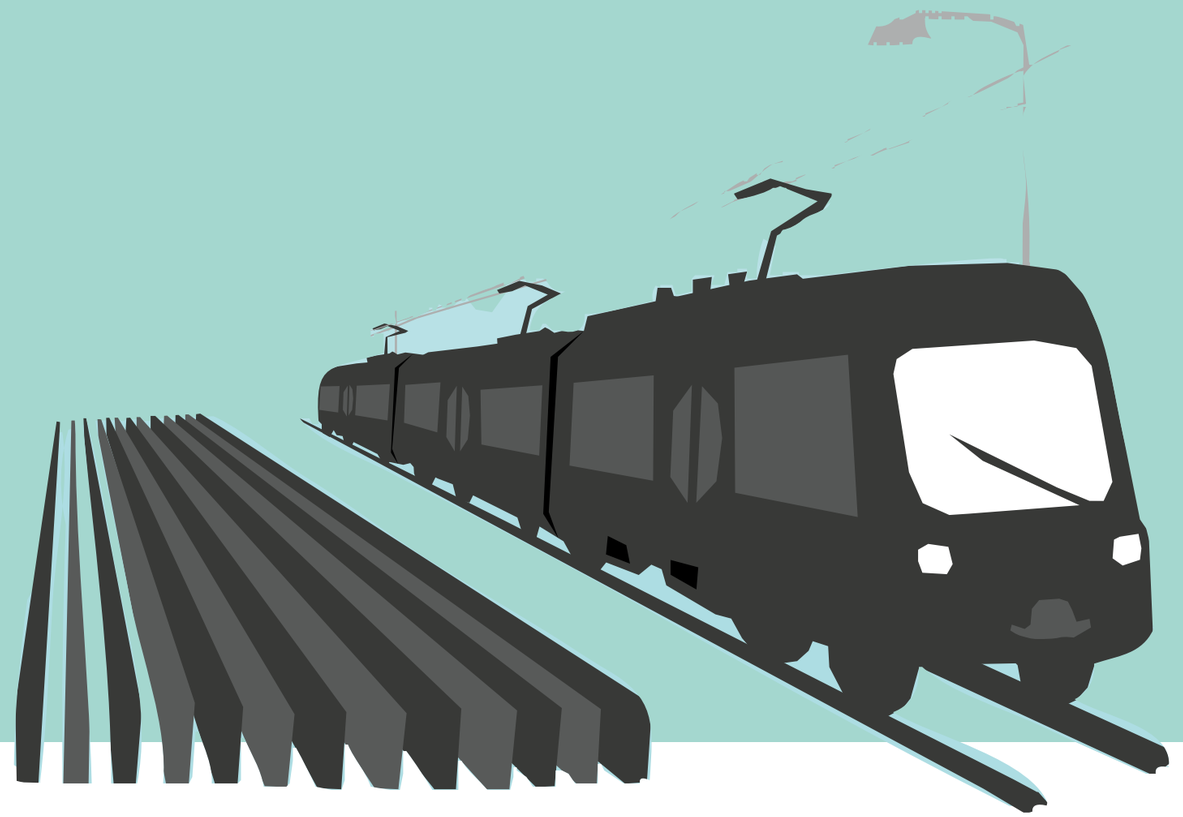


Nära källan



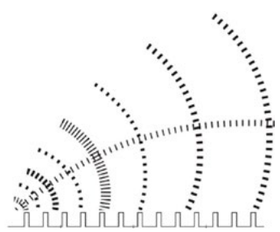
Illustration: Tove Hennix HOSANNA

Illustration: Tove Hennix HOSANNA



Markbearbetning

Buller kan dämpas genom att bearbeta hårda markytor till mjuka. Absorberande substrat men även ojämnheter dämpar ljudutbredningen och kan med fördel utföras nära källan. Exempel på markbearbetning är anläggande av gräsytor mellan källa och bostäder eller parallella lameller för att öka markens skrovlighet och skapa interferens av ljud.



Parallella lameller förlorar dämpande effekt vid högre vindhastigheter. Läs mer i boken från HOSANNA [8]

Vad?

Markbearbetning för bullerdämpning handlar om att skapa mer absorption i marken. Detta kan utföras med mjuka markytor, skrovliga ytor eller låga parallella lameller med plantering.

Var?

Planera grönyta som buffertzon mellan väg och bostäder, addera parallella lameller vid sidan av vägen för ökad markråhetslängd eller mellan körfält där hård yta finns. Vallar blir effektivare om de utförs skrovliga med skåror istället för släta. Öppna fält kan göras ojämna i större skala med vallar för att öka markdämpning.

Hur?

Markens dämpning ökar om den är mjuk. Ojämnheter gör att ljudet diffuseras och ljudenergin sprids åt olika håll.

Fördelar

Kan utföras nära källan om endast marken omarbetas. Lameller kräver ingen grundläggning. Relativt underhållsfritt. Parallella lameller och skåror i vallkrön gör att ljudet reflekteras och hamnar i interferens med nästa ljudvåg vilket dämpar direktljud likt ringar på vattenytan som krockar med varandra.

Att tänka på

Andra åtgärder kan vara mer effektiva men skapar istället barriäreffekt. Korrekt dimensionerad markbearbetning av lameller, skåror och vallar kan stämmas av mot den ljudfrekvens man önskar dämpa. Även befintliga vallar kan göras skrovliga. Lameller får bäst effekt i form av fackverk men förlorar mycket effekt när vinden blåser tillräckligt så att interferens uteblir.

Underhåll och kostnader

Om plantering sker mellan lameller bör substratet ej vara mer än 30 % av lamellens höjd. Lamellen bör vara ca 30 cm hög. Kostnad för dessa typer av åtgärd är låg och kräver minimalt underhåll. Lameller och vallar kan utföras av material med låg kostnad vilket innebär att huvudsaklig kostnad avgörs av själva arbetskostnaden.



Skåror i vallkrön kan innebära 4 dB mer dämpning i medvindsfall.

Parallella lameller vid ljudkällan kan dämpa 3-7 dB jämfört med hård yta.

Var och hur?



Var och hur?

1. Mjukgjord buffertzon mellan bullerkälla och bostäder kan genom markdämpning fungera som ett bullerskydd utan att skapa en barriäreffekt. Skrovligare yta ger högre ljuddämpning. Ytan kan även förses med vegetation som träd för att dämpa den meteorologiska effekt som gör att ljud nattetid böjer sig mot marken nattetid. Om markimpendansen ändras, som vid gränsen mellan asfalt och gräs, så sker en diffraktion av ljudet. Om detta sker kontinuerligt med korta intervaller så kommer ljudutbredningen dämpas av kontinuerlig diffraktion, vinkel och infall påverkar effekten. Kan även utföras på torg som i ett mönster av ett schackbräde för att skapa samma effekt.

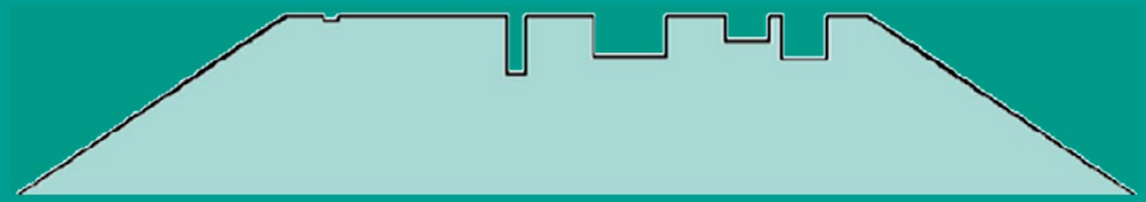
2. Bullerskyddsvallar bör utföras med skåror längs krönet för att få en diffuserande och refrakterande effekt. Den ljuddämpande effekten kan bli 4 dB mer än konventionella släta krön eller trekantiga vallar. Speciellt i medvindsfall då ljuddämpningen vanligtvis överskattas för vallar. Ljudet breder ut sig över vallen med vinden vilket betyder att en skrovligare yta skapar mer spridning och interferens av ljudvågor. En parallella lameller eller en låg skärm på krönet kan innebära ytterligare förbättringar av ljuddämpningen.

3. Parallella lameller kan placeras nära väg och spår eller på några meters avstånd. De bör vara ca 30 cm höga i 8-10 st rader med 10 cm mellanrum. Hålrummen diffuserar ljudet som reflekteras tillbaka och interfererar med nästa ljudvåg. Skåror, lameller, skärmar eller vallar kan kombineras beroende på tillgängligt utrymme och vilket frekvensområde och källa som ska dämpas.

Buffertzon, illustrationer av Tove Hennix, HOSANNA [8]



Skåror i vallkrön



Parallella lameller. Bild HOSANNA [8]



Landartpark Buitenschot, vallar som markbearbetning i stor skala Schiphol flygplats. Bild: H+N+S Landscape Architects i samarabete med Paul De Kort Fotograf: Your captain luchtfotografie



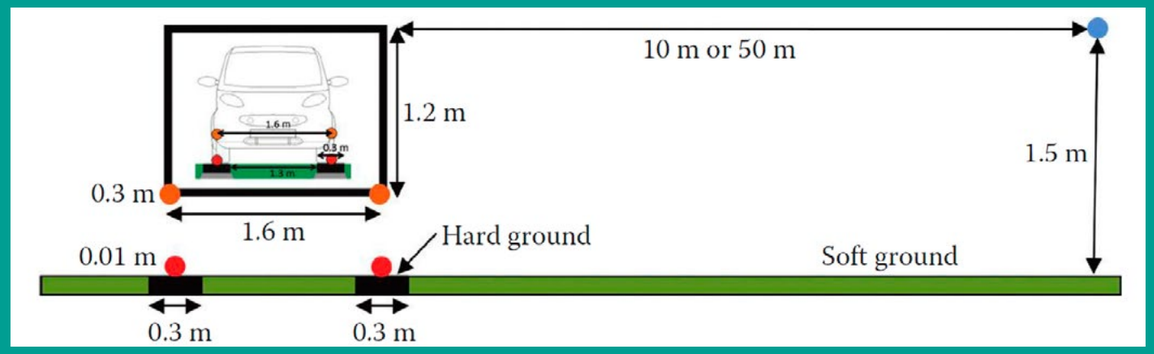
Utförande

Utförande av grässpår beskrivs här i exempel från EU projektet HOSANNA.

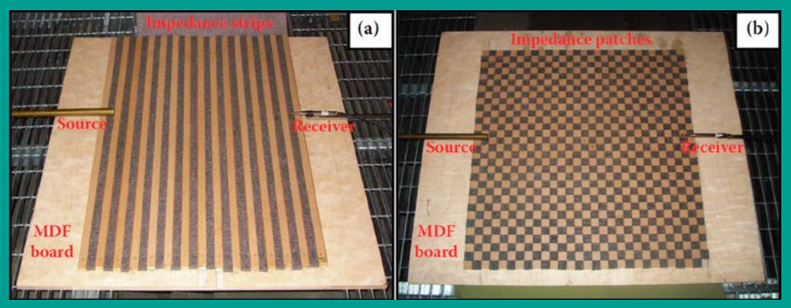
Lameller uppbyggda av tegelstenar för att öka markens skrovlighet och ljudreflektioner som hamnar i interferens med direktljud från källan. Avståndet mellan lamellerna och rutnätet avgör vid vilken frekvens som interferens uppstår vid. Bild: HOSANNA [7]



I HOSANNA presenteras exempel på hur vägbeläggning kan utföras i körspår och resterande yta är mjukgjord med substrat. Det kan bli komplicerat med underhåll, halka och snöröjning i Sverige med gräs i gatumiljö men HOSANNA är en internationell studie. Bild: HOSANNA [7]



Vidare beskrivs i HOSANNA [7] hur variation mellan mjuk och hård mark kan öka ljuddämpning genom varierande impedans vilket gör att ljudet diffrakteras och sprids om när marken förändras.



Nedlagd spårväg omgjort till grön väg för bussar i Cambridge, England. Vid delar av vägen kan endast bussar köra. Detta är en kombination av en gröngjord yta och brytpunkter av impedans. Bild: Wikipedia



Landartpark Buitenschot, vallar som markbearbetning med impedansskillnader Bild: H+N+S Landscape Architects i samarabete med Paul De Kort



Gröna spår



Illustration: Tove Hennix HOSANNA

Markbearbetning kan även utföras i spår. Gräsbeläggning för spårvagnar är välbeprövat i Göteborg, Norrköping och finns även i Stockholm med uppmätt ljuddämpning om ca 3 dB beroende på plats. Substratet under gräsbeläggningen dämpar ljudet vid källan och dämpar effektivt högfrekventa ljud som spårskrik och bromsskrik. Den ljuddämpande effekten är omdiskuterad och varierar beroende på plats.

Se exempel på flera grässpår i referenslistan

Vad?
Markbearbetning i spår, mellan och utanför räl, från asfalt eller makadam till övre beläggning med substrat och vegetation.

Var?
Främst vid spårvägar inne i staden och depåområden.

Hur?
Gräsbeläggningen dämpar ljud genom absorption från substratet men även som en vibrationsdämpare mot rälen vilket dämpar ljudet från rälen. Räldämpare används som separat produkt runtom i världen för att dämpa ljud från räl, substratet har denna effekt till en lägre kostnad. Dämpningen sker nära den primära ljudkällan, för tåg som går i lägre hastigheter, mellan hjul och räl. Effekten varierar och 3 dB är en grov skattning men stämmer från olika mätningar för spårvagn i Göteborg. Projektet UrbantrackEU uppger 2-4 dB

Fördelar
Kostnaden att gräsbelägga spår är ca 500 kr/m för ca 3 dB vilket är mycket kostnadseffektivt. Det bidrar med ett grönt stråk i staden som tillför mer dämpning även för närliggande vägtrafik. Kräver minimalt underhåll.

Att tänka på
Att gräsbelägga spår innebär risker som halka och snubbelrisk vid underhåll och utrymning. Förvaltande myndigheter har tydliga föreskrifter för att undvika sådana risker vilket kan försvåra införandet. Bullerdämpningen varierar beroende på plats, hastighet, tågtyp, kontakt, dränering och substratets tjocklek. För tunt substrat innebär försämrad effekt, det bör vara ca 15 cm djupt. Under varma perioder riskerar gräset att torka ut. Gräsbelagda spår är inte möjliga i gatuspår då spårvägsområdet trafikeras av biltrafik.

Underhåll och kostnader
För stängda spårområden önskas minimalt underhåll vilket betyder att vegetationen måste vara i princip skötselfri. Därför rekommenderas sedum. Innebär ökat slitage på räl, slipers och hjul samt försvårar underhåll av dessa. Kostnaden är ca 500 kr/m för material och arbete med att lägga ut rullad gräsmatta. Dämpningen kan öka med porösare substrat.



3 dB ljuddämpning

Jämfört från asfalt till gräsbeläggning för 500 kr/ löpmetern.

Dämpningen varierar med tåg, hastighet, frekvens & omgivning

Var och hur?



Grässpår i Göteborg. Fotograf: Rune Feldt

Gräsbeläggning i spår är mest lämpligt för spårvagn där beläggning annars är asfalt. Bullerdämpning av gräsbeläggning över makadam varierar mellan 2-4 dB i olika studier. Dämpning jämfört med ballast varierar beroende på plats. Ballast med grov makadam i upphöjd banvall sprider ut och fördelar ljudet i banvallen. Grässpår lämpar sig därför mer för ballast i stadsmiljö. En förbättring med gräsbeläggning på makadam är massdämpningen mot räl och att högfrekventa ljud som spårskrik dämpas bättre av det absorberande substratet. Detta gör att gräsbeläggning kan vara lämpligt i depåområden där små kurvradier bidrar till spårskrik. För spår där tågen går med högre hastighet är gräsbeläggning mindre lämpligt då aerodynamiska ljud från tågkroppen dominerar. Installation på befintligt spår sker genom att rulla ut färdiga gräsmattor och skyddsplast., kontakt mot spår varierar men påverkar dämpningen. För nya spår finns olika anläggningstekniker som för spårvägen i Lund som beskrivs i texten Grönt grässpår med ny byggmetod eller metoder beskrivna i projektet Urbantrack EU.

Effektiviteten av gräsbeläggning måste alltid bedömas från fall till fall och fördelar med hantering av dagvatten, grönytor i staden och bullerdämpning måste jämföras mot försvårat underhåll av spår, risk vid underhåll och utrymning. Kostnaden och underhållskostnaden av vegetationen är av liten betydelse i sammanhanget. Planeringsprocessen ligger hos ansvarig förvaltare som sedan även ansvarar för underhållet. Risker, underhåll och snöröjning är oftast viktigare än bullerdämpning.

Gräsbeläggning i spår finns vid tvärbanan i Hammarby sjöstad, spårvagn i Norrköping och spårvagn i Göteborg. Gräsbeläggning i spår finns även i många europeiska städer som Barcelona, Frankfurt, Rotterdam, Berlin, St-Etienne, Strasbourg med flera.

Grässpår under konstruktion. Bild: Vegetalid.com



Sedumspår i Berlin. Bild: Environmental Protection Department Hong kong



Bild nedan: Grässpår i Rotterdam. Bild ovan: Kontakt mot räl. Engineers Ireland

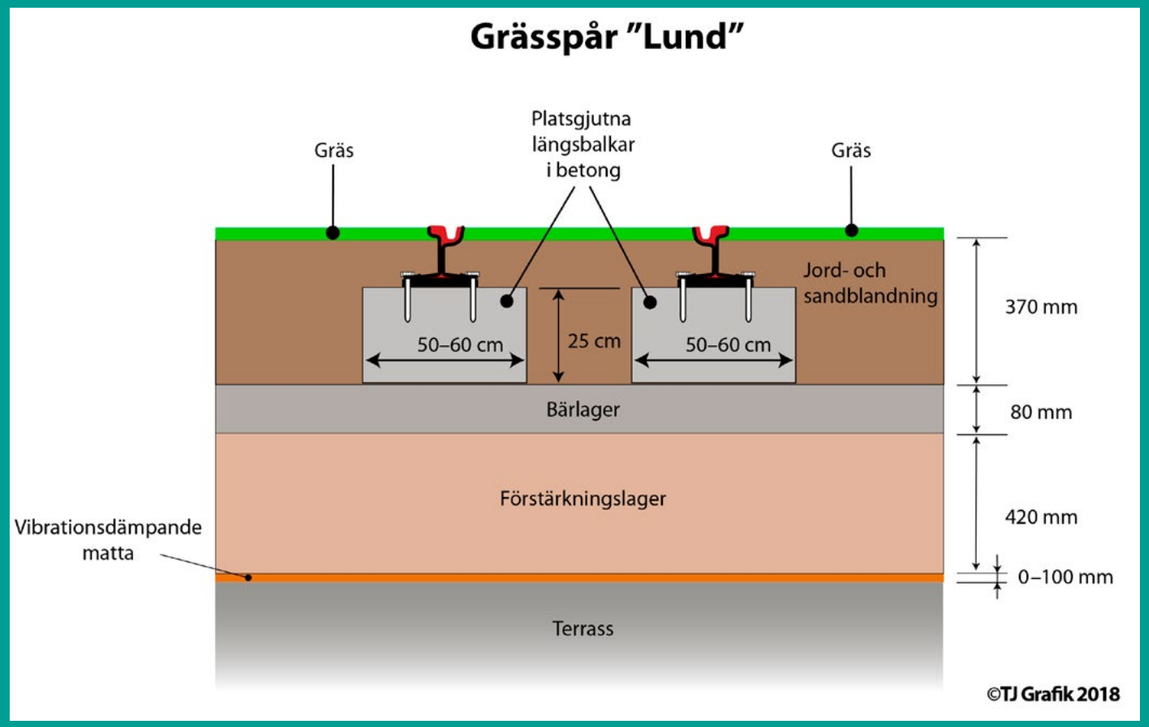


Utförande

Utförande av grässpår beskrivs här i exempel för Lunds planerade spårväg och från EU projektet URBAN TRACK.

Uppbyggnad och konstruktion av grässpår för planerad spårväg i Lund

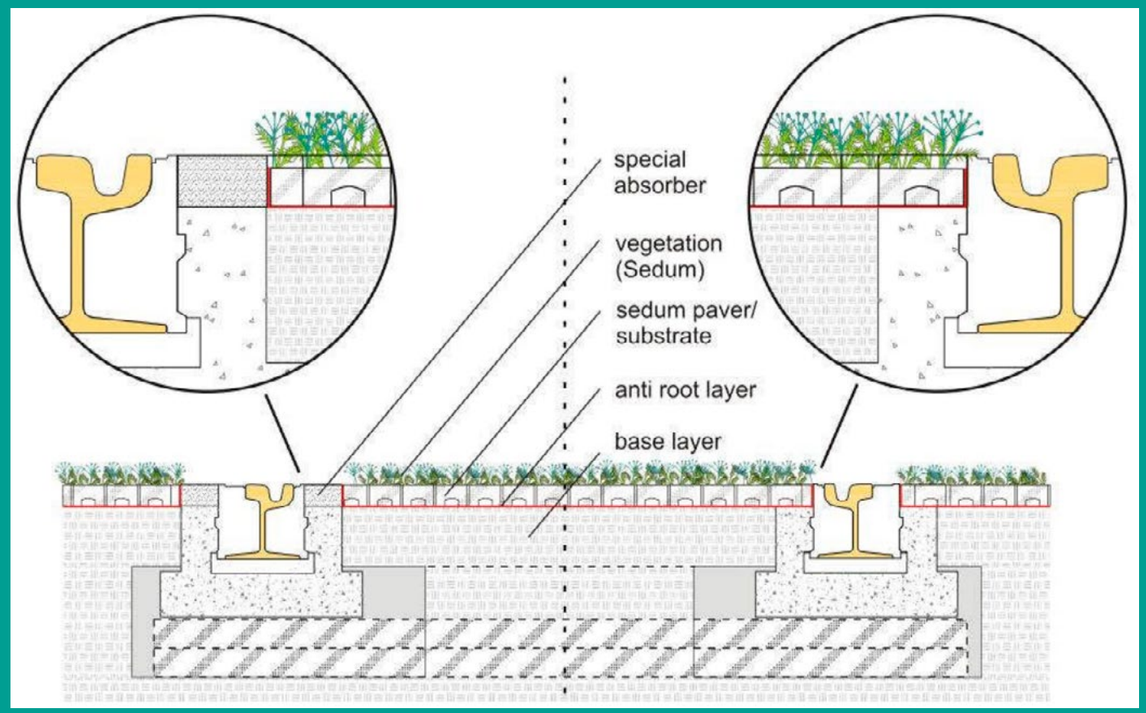
Nytt för Sverige är byggprincipen för grässpåret, till vilken inspiration har hämtats från Freiburg i Tyskland. Mellan betongbalkarna är det ”öppet” ned till överbyggnaden. Detta utrymme fylls med fukthållande material och matjord och överst rullas gräset ut. Bild: Modern stadstrafik, TJ Grafik”



Exempel på sedumspår med olika rälkontakt från EU projektet URBAN TRACK Till vänster en variant med ljuddämpare vid övre rälkant. Till höger sedumspår fram till gummiskydd mellan räl och substrat.



Uppbyggnad och konstruktion av testspår med gräs för spårväg i Bryssel. I projektet URBAN TRACK så testades flera olika spårtyper och konstruktioner. Bild: UrbantrackEU



Uppbyggnad och konstruktion av testspår med gräs för spårväg i Bryssel

Bilden ovan visar skyddsmatta i gummi, absorberande dämpare vid räl och färdiga sedumlådor. Bilden åt vänster visar färdigt resultat med och utan absorberande räldämpare. Substratet bör ej vara för tunt. Bild: UrbantrackEU





Illustration: Tove Hennix HOSANNA

Låga gröna skärmar

Låga skärmar är lämpligt i urbana miljöer för minska barriäreffekten som annars skapar otrygga miljöer och bryter landskapsbilden. Låga skärmar kan även placeras närmare källan än höga skärmar och blir därför mer effektiva. Att göra dessa låga skärmar gröna innebär också att ljud som reflekteras mellan fordon och skärmen dämpas. Gröna skärmar kan även vara mer lämpliga urbana element.

Vad?

Låga skärmar 0,5-1,0 m med vegetation. Kan utföras som gabioner med inbyggd växtbädd, växtkassetter, betong med hål för växter.

Var?

Bör placeras vid vägkant eller nära sliper för spår. Kan placeras vid mittrefuger eller mellan körfält. Växtkassetter kan fylla hålrummet mellan mark och skyddsräcken för att skapa en låg skärm vid väg. Lämpligt för offentliga ytor och parker för att behålla siktlinjen.



Hur?

Låga gröna skärmar är effektivt för att dämpa trafikbuller då de kan placeras nära källan. Fordonets kropp och den låga skärmen stänger in ljudet som oftast kommer underifrån fordonet. Det ljud som sprider sig mellan fordonets kropp och den låga skärmen kan dämpas effektivt med ett substrat och spridas av vegetation.

Fördelar

Låga gröna skärmar nära källan kan dämpa ljud lika effektivt som höga barriärer då de kan placeras närmare källan. Kostnaden för låga skärmar är avsevärt lägre än höga skärmar då ingen grundläggning krävs. Grundläggning är det som kostar mest för höga skärmar. Kan utföras mångfunktionellt som sittplatser, cykelställ, planteringslådor, skyddsmurar m.m.

Att tänka på

Ljuddämpningen avtar med höjd över marken. När siktlinjen går över den låga skärmen så blir ljuddämpningen mindre. Därför mer lämpligt för lägre våningsplan, parker eller offentliga platser. Kan innebära problem för snöröjning vid placering nära källan.

Underhåll

Bevattning bör vara automatisk men kan ske utan risk manuellt. Växtskötsel kan inte utföras på vägsidan utan avstängning.

Kostnader

Gabion kostar ca 1000 kr/löpmeter för 1 m hög skärm.



Låga gröna skärmar kan användas i urban miljö om hänsyn tas till designen. Gabioner är ej att föredra i stadsmiljö men kan användas som grund för växtlighet.

Bild: Butong

Var och hur?



Var och hur?

Låga gröna skärmar är ovanligt i dagsläget men visar god potential att reducera buller från studier där mätningar och beräkningar utförts t.ex. vid Chalmers. Befintliga låga konstruktioner kan göras om till gröna lösningar och anpassas till en urban stadsmiljö.

Olika sätt och platser där gröna låga skärmar kan utföras är som:

1. Låga skärmar med integrerad grönska nära spår- eller vägkant. Låga betongskärmar har blivit vanligare för spårtrafik, om dessa utförs gröna så absorberas ljudet mer och substrat på ovansidan dämpar ljud som refrakteras över skärmen.

2. Låga vägavskiljare utförda av växtkassetter kan dämpa inbromsning och accelerationsljud.

3. Designade mångfunktionella skärmar med sittplatser, pop-up parker eller cykelparkering.

4. Skyddsräcken kan kompletteras med växtkassett för att skapa en låg grön skärm som även dämpar partikelspridning och förbättrar luftkvalitet.

Dämpningen avtar längs med höjd över mark. Siktlinjen bör vara skymd om andra våningsplanet vid bostad ska kunna bullerskyddas. Kompletterande träd bakom den låga skärmen kan påverka mikroklimatet och böja ned ljud mot marken för det ljud som propagerar över skärmen om skärmen är tillräckligt hög för att påverka vind.

**Grön låg skärm i Lyon.
Bild: HOSANNA**



**Skärmar vid spår kan göras gröna.
Bild: S-BLOC**



Ett skyddsräcke kan kombineras med gröna växtkassetter om den kombinerade produkten CE-märks och kraschtestas. Detta kan även dämpa partiklar och minska koldioxidutsläpp. Bild: Vägräcket är Easyrail av Volkmann & Rossbach.



Beräknad ljuddämpning av gabionmur. Adderad illustration. Bild: HOSANNA [8]



Mellan källa och mottgare



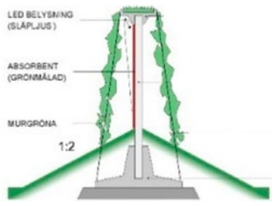
Illustration: Alexandra Bäckström SONORUS

Illustration: Tove Hennix HOSANNA



Gröna skärmar

Gröna bullerskyddsskärmar med vegetation är ett alternativt sätt till konventionella bullerskyddsskärmar som i Sverige brukar vara av trä. Utöver att de dämpar buller bättre så kan de även förbättra luftkvalitet, hanterar dagvatten och förbättra landskapsbilden.



Gröna skärmar kan utföras på många olika sätt. Det måste inte vara substrat som dämpar ljudet.

Bild: Strategisk arkitektur

Vad?

En grön bullerskyddsskärm är utformad likt en konventionell bullerskyddsskärm men med vegetation på väggarna. Den kan utföras med integrerad växtbädd, växtvajrar med innanför liggande absorbent, växtkassetter som moduler på skena, ihålig betongmur med växtbädd och sticklingar, eller som en smal biobarriär.

Var?

Placeras för att avskärma ett ljudkänsligt område antingen några meter ifrån ljudkällan eller i närheten av det ljudkänsliga området som kan vara bostadsområde, skola, friluftsområde eller park.

Hur?

Utöver avskärmningen som skapar en skuggzon skyddad från buller bakom skärmen så tillför substratet ljudabsorberande egenskaper och vegetationen sprider ljudenergin. Detta gör så att ljudet dämpas mer när det sprids över skärmen. Skärmens baksida kan med fördel förses med gräs, som vid skärmen vid Lidingövägen.

Fördelar

Förbättrad ljuddämpning, luftkvalitet och tillförande av ekosystemstjänster. Kan vara lämpligt för att behålla landskapsbilden vid park eller rekreationsområde. Kan även användas som urbant designelement för brytning i stadsmiljö.

Att tänka på

Kan vara avsevärt mer kostsamt än konventionell skärm. För att få extra ljuddämpning måste det vara stor del öppet till jordsubstrat, dvs för små öppningar i skärmen till jorden kan minska den ljuddämpande effekten. Det bör vara en hård kärna.

Underhåll

Bör utföras med automatiskt bevattningssystem för att minimera skötselfrekvens. Kan utföras i moduler som växtkassetter för att kunna byta dött växtmaterial enkelt

Kostnad

Hög initial kostnad 15-25 tkr/m för 2 m hög skärm, ca dubbelt som konventionell skärm. En smal biobarriär har samma effekt men till halva kostnaden av en konventionell skärm.



Gröna skärmar är en mångfunktionell

lösning som tar hand om många miljöproblem nära väg och spår [30].

Bild: SONORUS Alexandra Bäckström

Var och hur?



Var och hur?
Gröna skärmar är lämpligt för nya bostadsområden nära större vägar där ljudmiljö och luftkvalitet behöver förbättras. Det kan också vara lämpligt där ett kulturellt eller estetiskt värde bör bibehållas men ljudnivån ska dämpas. Exempel är parker, torg, kulturhistoriska byggnader. Gröna skärmar kan smälta in bättre i ett landskap med gröna ytor än traditionella skärmar och med god design även i urbana miljöer. Även befintliga skärmar kan göras gröna med mindre insatser. Biobarriärer är uppbyggda på en plastkonstruktion som fylls med jord som växtsubstrat och grundläggning.

Olika platser där gröna skärmar kan utföras är:

1. I närheten av spår där reflektioner mellan tågkropp och skärm behöver dämpas eller partikelspridning från spår behöver dämpas. Det kan också vara relevant i urbana miljöer där höga konventionella skärmar ej passar in.

2. På broar där reflektioner och refraktion behöver dämpas.

3. Nära vägar där ljudreflektioner, luftkvalitet och partikelspridning är av intresse.

4. Vid grönområden där landskapsbilden är av intresse.

5. Som biobarriärer längs med större trafikleder eller vid gränsen till bostadsområden.

6. Vid öppningar i slutna kvarter eller bostadsområden där ljud annars kan propagera mellan byggnader. Växtkassetter kan installeras på öppningsbara skärmar.

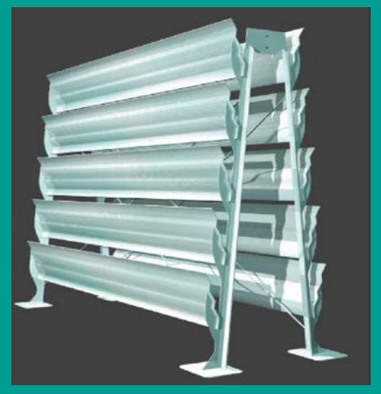
Grön bullerskyddsskärm



Noistop green Bild: Skandinaviska Områdesskydd



Biobarriär Naturawall. Bild : DAV NORDIC







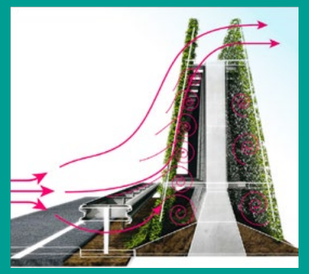
Skärm med växtkassetter. Bild : Urban green

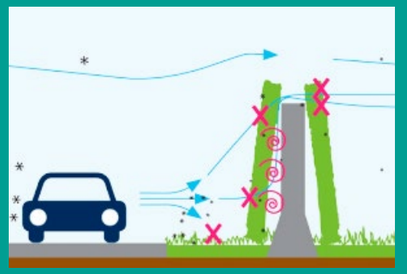






Skärm med växtvajrar, murgröna och dess effekt på partiklar Bild : Green4roads

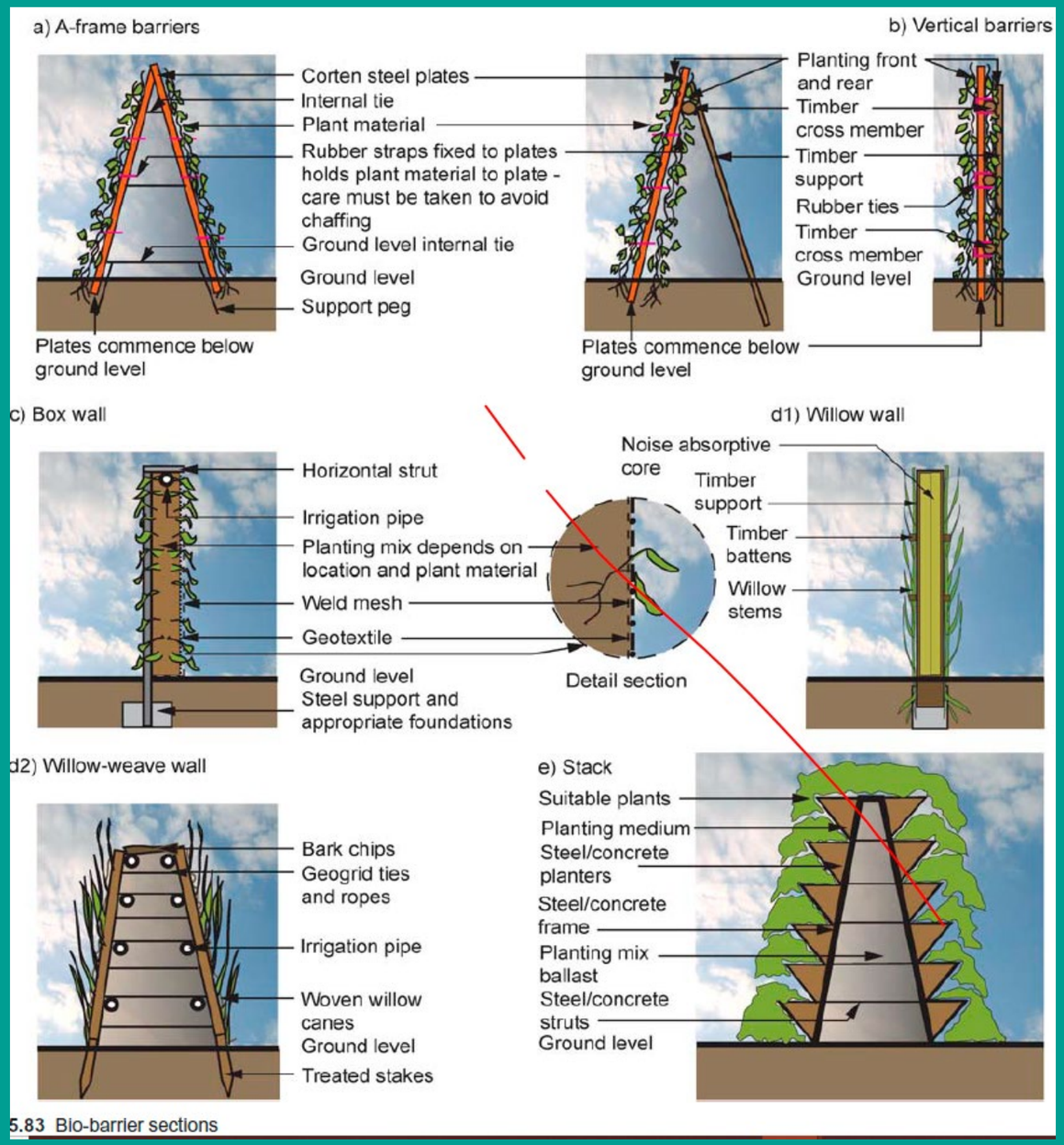






Utförande

Utförande av skärmar, biobarriärer och vallar kan ske på olika sätt. Några exempel från boken Environmental Noise Barriers: A Guide to their Acoustic and Visual Design ges här.



5.83 Bio-barrier sections

Bild: "Environmental Noise Barriers: A Guide to their Acoustic and Visual Design" 2nd Ed., Dr Benz Kotzen, Greenwich University, ISBN O-203-93138-6, p. 179, 2009

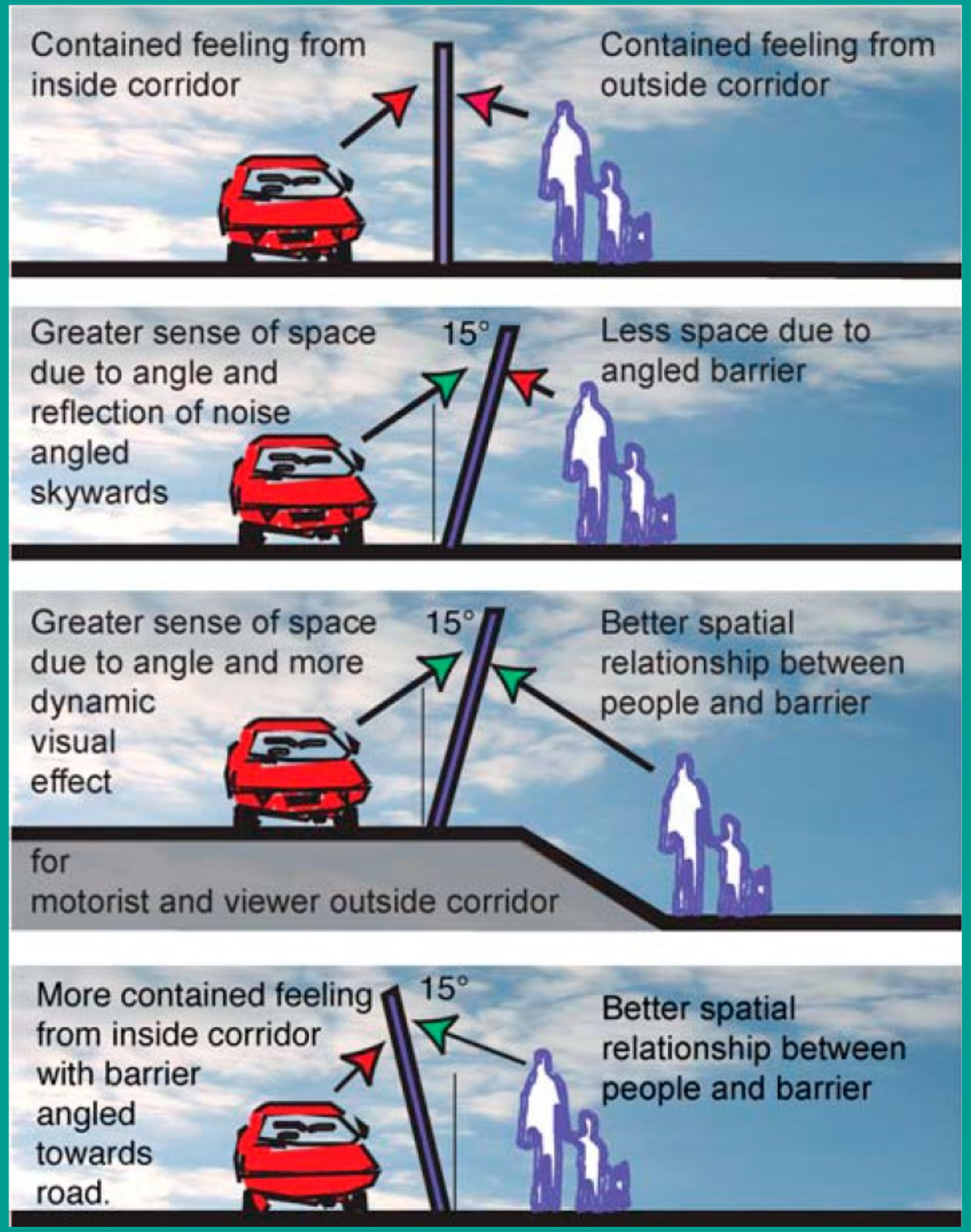


Bild: "Environmental Noise Barriers: A Guide to their Acoustic and Visual Design" 2nd Ed., Dr Benz Kotzen, Greenwich University, ISBN O-203-93138-6, p. 85, 2009

Illustration: Tove Hennix HOSANNA



Bullerskyddsvallar

Bullerskyddsvallar är en lämplig lösning om mycket yta finns tillgänglig. Det är en kostnadseffektiv lösning om massor finns att tillgå och kan till och med vara en förtjänst om dessa massor annars behöver transporteras bort. Dock så byggs ofta vallar på ett sätt som inte dämpar buller på bäst sätt för att krönet är för långt från källan och ljudet sprider sig över trekantiga flacka vallar i medvindsfall.



Läs om cirkulär masshantering på Ecoloop.se

Vad?
Bullerskyddsvallar är blandade massor som läggs på hög för att skapa en barriär. Lutningen är oftast flack, ca tre gånger så bred som hög för att undvika risk med skred. Stödmurar och gabioner kan användas för att få en brantare lutning och krönet närmare källan.

Var?
Används oftast utanför tätort för att stor yta krävs i bredd. Med stödmurar, gabioner och bärande konstruktioner som i biobarrär så kan ytan minimeras och då användas mer i tätort.

Hur?
Höjd och position av vallens krön avgör ljuddämpningen. Vallar av jord har hög massa, detta dämpar lågfrekvent buller bättre än skärmar och den upplevda ljuddämpande effekten blir högre.

Fördelar
Kan utföras endast av överblivna massor från byggnation vilket är miljövänligt och hållbart. Kräver ingen grundläggande konstruktion eller underhåll. Låg kostnad för material och arbete. Mycket god ljuddämpning för låg kostnad. Rekreationsytor som lekytor och motionsspår kan integreras i den skyddade sidan för mångfunktion. Skelettjordar och magasin kan integreras för dagvattenhantering.

Att tänka på
Planera krönet nära ljudkällan med stödmurar. Flacka lutningar och platt krön gör att ljuddämpningen försämras med upp till 4 dB i medvindsfall för att ljudet följer med vinden över vallen. Undvik detta genom att utföra skåror i krönet, bygga en trappformad vall, addera en låg skärm på krönet eller lameller. Markförutsättningar bör beaktas, vilket kräver geotekniska undersökningar för att undvika sättningar.

Underhåll och kostnader
Kräver ett visst underhåll av den vegetation som planteras. Bullerskyddsvall kostar ca 4000-8000 kr/m för 3-5 m hög vall.



Visste du att bullerskyddsvallar kan utformas för effektivare ljuddämpning?

Mer information i detta kapitel.

Var och hur?



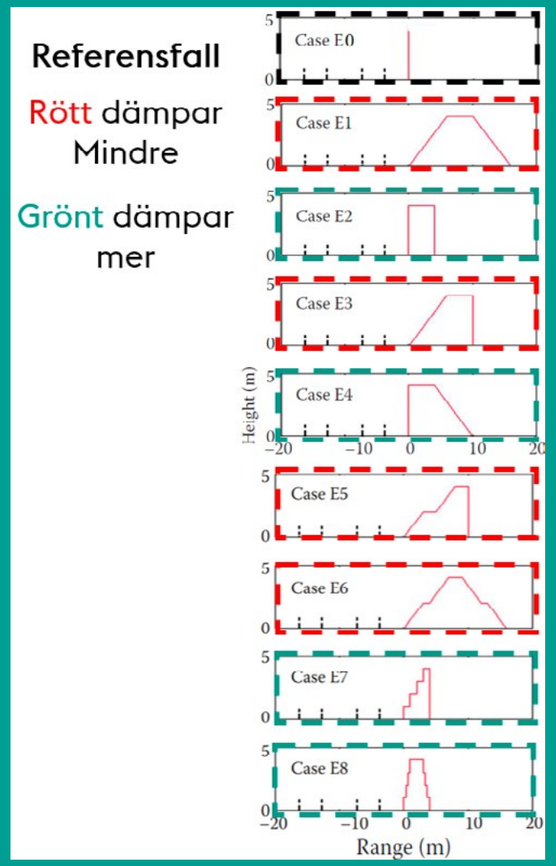
Var och hur?
Bullerskyddsvallar är lämpligt när tillräcklig yta finns tillgänglig och överblivna massor från byggnation kan användas som byggmaterial för vallen. Det går även att utföra vallar på mindre ytor genom att göra brantare vallar med hjälp av stödmurar eller konstruktion fylld med jord som biobarriärer. Låga vallar som är ca 0,5 m och nära väg eller spår kan vara lämpligt i urban miljö. I HOSANNA beskrivs optimal form för bullerskyddsvallar där branta lutningar med trappformat mönster och skrovliga krön med skåror visades fördelaktigt över traditionell trekantig form. Trappform kan fås med hjälp av gabioner och biobarriärer kan utföras med branta lutningar och smal bredd. Biobarriärer kan vara att föredra över bullerskyddsvallar då kostnaden för en biobarriär är ungefär som för vall men tar mindre mark i anspråk, jämför fallen Case E1 och Case E8.

Olika sätt och platser där bullerskyddsvallar kan utföras är:

1. Nära en väg, spår eller ljudkänsligt område. Vallens krön bör vara så nära källan som möjligt och vallens form bör utformas för det. Kan utföras mångfunktionellt genom att bygga in aktivitetsytor som motionsspår eller lekplatser i vallen.

2. Som låga bullerskyddsvallar mellan cykelbanor och väg eller vid refuger för att öka markdämpningen och markskrovligheten.

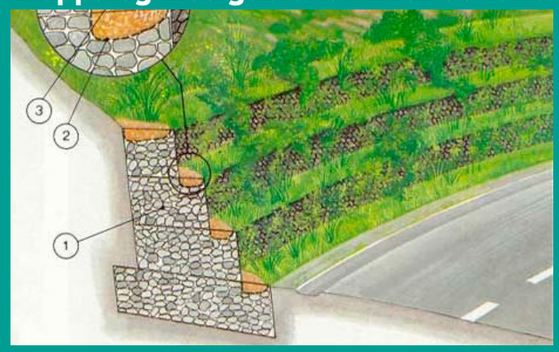
3. Vid grönområden och bostadsområden där bullerskyddsvallen smälter in bättre än en skärm och kan skapa mindre barriäreffekt.



Bullerskyddsvall med hög stödmur mot Västra Ursvik, Sundbyberg
Bild: Strategisk arkitektur



Trappsteg med gabioner. Bild: Concrib





Beräknad ljuddämpning av en låg vall. Adderad illustration. Bild: HOSANNA [8]



Utförande

Utförande av biobarriärer och vallar kan ske på olika sätt. Några exempel visas nedan från boken Environmental Noise Barriers: A Guide to their Acoustic and Visual Design.

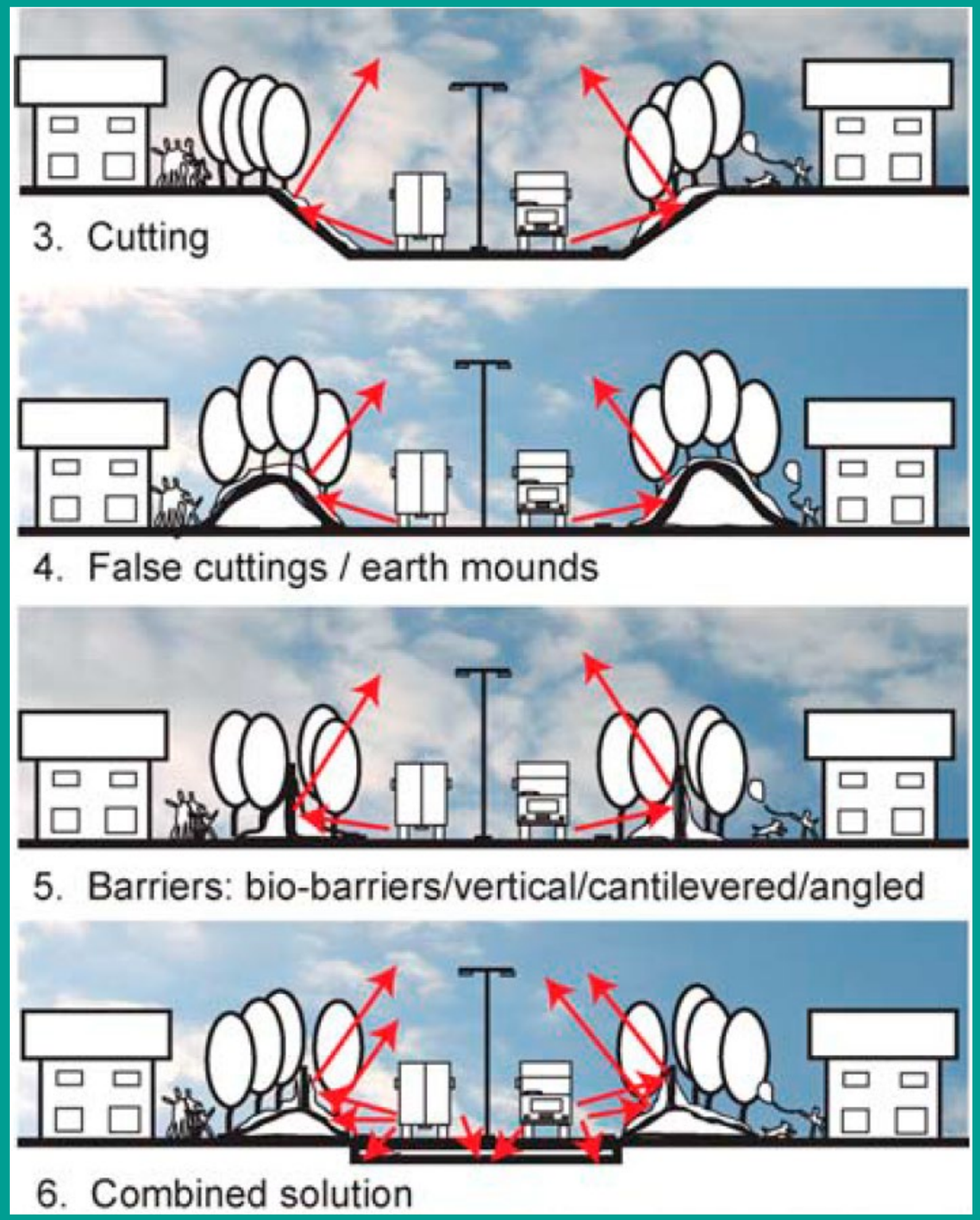


Bild: "Environmental Noise Barriers: A Guide to their Acoustic and Visual Design" 2nd Ed., Dr Benz Kotzen, Greenwich University, ISBN O-203-93138-6, p. 34, 2009

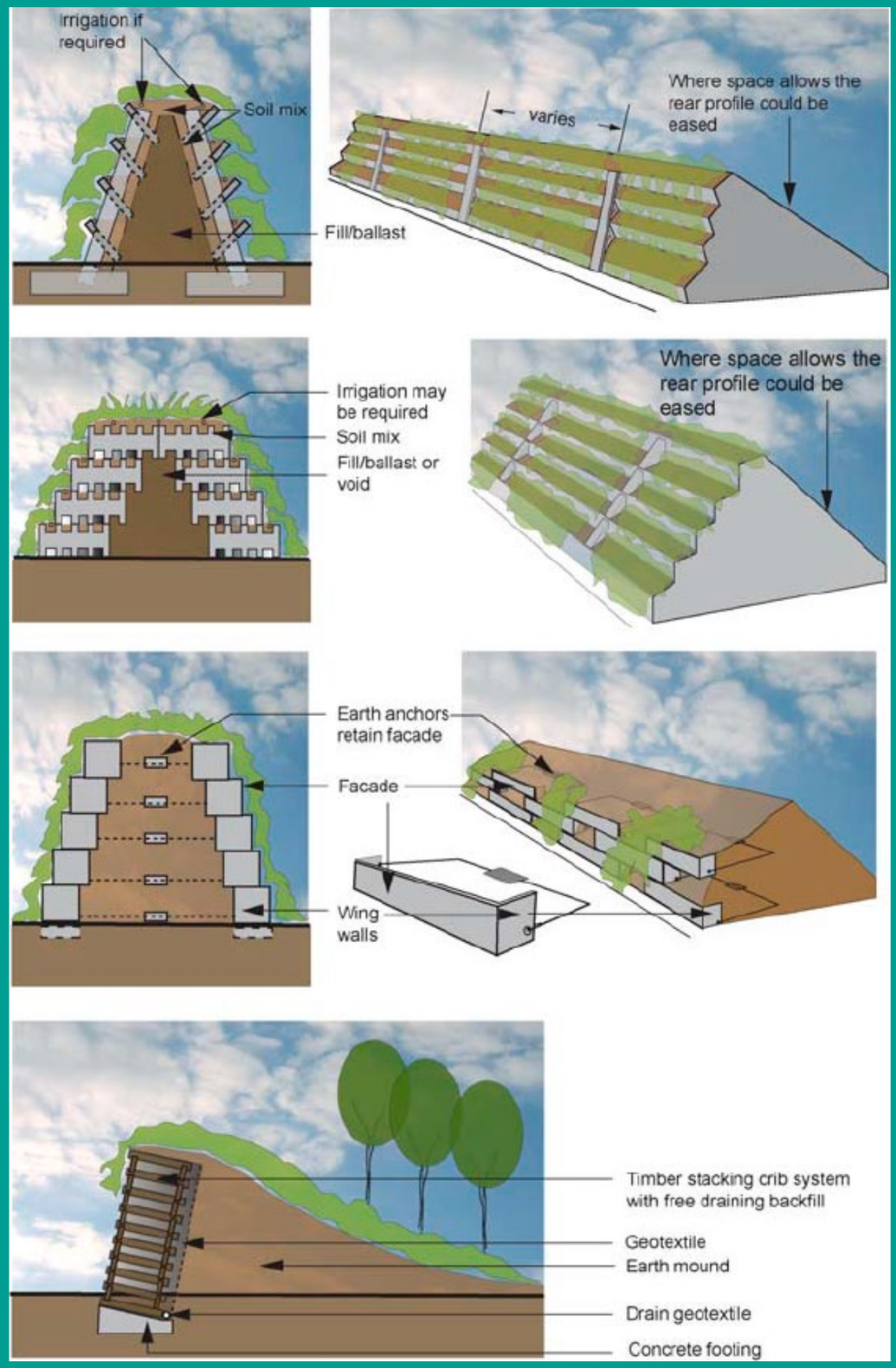


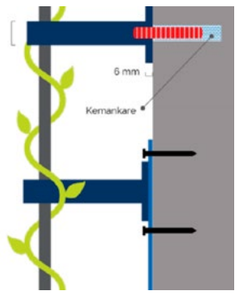
Bild: "Environmental Noise Barriers: A Guide to their Acoustic and Visual Design" 2nd Ed., Dr Benz Kotzen, Greenwich University, ISBN O-203-93138-6, p. 180, 2009

Mer grönska i befintlig miljö



Illustration: Tove Hennix HOSANNA

En möjlighet att på ett kostnadseffektivt sätt föra in grönska vid bullerskyddsåtgärder är att gröngöra de bullerskydd som redan finns. Detta kan göras genom att fästa växtvajrar och absorbenter, rundade skärmkrön med plantering, växtkassetter på skena mot skärmvägg eller på skärmkrönet. Skyddsräcken på broar och motorvägar kan göras gröna för att dämpa buller och partikelspridning.



Växtvajer på en befintlig skärm från Urban green

Vad?
Att göra befintliga bullerskyddsåtgärder gröna genom att tillföra växtsystem på den konstruktion som redan finns. Gäller även väggar och tak. Det krävs en undersökning vad konstruktionen tål.

Var?
Befintliga skärmar görs om till gröna. Lämpligt i urban miljö för att skärmen ska bli mer effektiv och estetiskt tilltalande. Skärmar längs med motorvägar kan få bättre ljuddämpning och dämpa partikel-spridning och förbättra luftkvalitet.

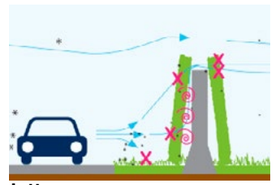
Hur?
Växtvajrar med absorbent är en lätt konstruktion med begränsad påverkan på den befintliga konstruktionen men kräver en växtbädd. Dessa fästs mot skärmen med en lutning mot marken för att skapa ett turbulent rum mellan växtlighet och skärm där partiklar fastnar.

Fördelar
Befintliga bullerskyddsskärmar kan bli mer effektiva, mångfunktionella och mer estetiskt tilltalande på ett kostnadseffektivt sätt. Ekosystemtjänster kan föras in i stadsmiljö utan att behöva ta ny mark i anspråk

Att tänka på
Den bullerdämpande effekten av att gröngöra en befintlig skärm bedöms från fall till fall. Utstickande skärmkrön har en god ljuddämpande effekt men substrat från växtkassetter eller absorbent under växtvajer är inte tillräckligt kostnadseffektivt i alla situationer. Konstruktionens tålighet för adderade system måste bedömas, mer vindlast, underhåll kan vara komplicerat. Åtgärden kan samordnas med en översyn av den befintliga skärmens effektivitet, tätning av springor m.m.

Underhåll och kostnader
De flesta bullerskyddsskärmar utförs så att underhåll är möjligt att utföra men kan vara komplicerat att komma åt. Kostnad för växtvajer, växtbädd och plantering är lägre än underhållskostnaden. Växtkassetter och nya krön kostar något mer.

Befintliga skärmar kan bli mer effektiva och mångfunktionella genom att addera grönska.



Läs mer om att gröngöra befintliga miljöer i guidelines on greening noise barrier

Var och hur?

Grönska kan integreras i den urbana miljön där det anses lämpligt och ger en effekt.
Med små medel och mindre förändringar kan buller dämpas och luftkvalitet förbättras.

Olika sätt och att gröngöra befintlig miljö och öka ljuddämpning:

1. Följande gröna lösningar kan förbättra en skärms ljuddämpning med flera decibel. Utstickande krön med substrat ovanpå för befintliga bullerskyddsskärmar. T-formade krön med substrat på, liggande växtkassetter på krön, rundade krön med substrat i som är öppna upptill.

2. Växtvajer och absorbent på befintliga bullerskyddsskärmar för att ändra estetik och dämpa partikelspridning samt till viss del dämpa reflektion och diffraktion. Kombinera med krön i punkt 1 för att dämpa ljud och partikelspridning ytterligare.

3. Skyddsräcken kan kompletteras med växtkassett undertill för att skapa låga skärmar. nära bullerkällan. Lämpligt till exempel vid broar om kassetterna är underhållsfria. Medför fråga om risk och att hela systemet bör vara testat för krasch och CE-märkt.

4. Betongplintar som används mellan körfält kan få ökad ljuddämpning genom att addera växtduk med planteringsfickor. Absorptionen från duken och substratet i fickorna dämpar ljud som studsar mellan fordon och betongplint.

5. Substrat och vegetation kan adderas på befintliga tak och innergårdar för att dämpa bullerregn och ljud från den egna innergården i bullerutsatta lägen.

6. Låga skärmar längs spårtrafik kan förbättras med absorberande substrat på ovansidan.

7. En bullerskyddsvall kan få ökad dämpning genom att forma trappsteg i sluttningen och göra skåror i krönet. Parallella lameller med planteringar och porösare substrat kan öka dämpningen ytterligare.

8. Träd kan placeras direkt bakom bullerskyddsskärmar för att dämpa den refraktionseffekt som skapas av det hindrade vindflödet. Samma gäller för plantering av träd i gatukanjoner för att minska spridning av ljud över tak.

9. Fasader i gatukanjoner och trånga rum kan göras gröna med växtsubstrat eller växtvajer och underliggande absorbent.

10. Vid buffertzoner till bostäder och refuger mellan vägar kan parallella lameller placeras för att dämpa ljud. Dessa kan utföras som planteringslådor.

Grönska med låg mur vid väg och sittplatser Bild: C/O City



Växtvajer på fasad. Absorbent bakom krävs. Bild: Vegtech



Gröngjord skärm i Hong kong Bild: Epd. gov. Hong Kong



Klätterväxt på fasad som kan kombineras med absorbent. Bild : Vegtech



Skärm i torkad pil och i utväxt form. Bild: Byggros



Utförande

Några exempel på hur befintlig miljö kan tillföras mer grönt presenteras nedan. Murgröna är lämpligt i svenskt klimat. Kan även kombineras med skyddsräcke för att komma nära vägen.

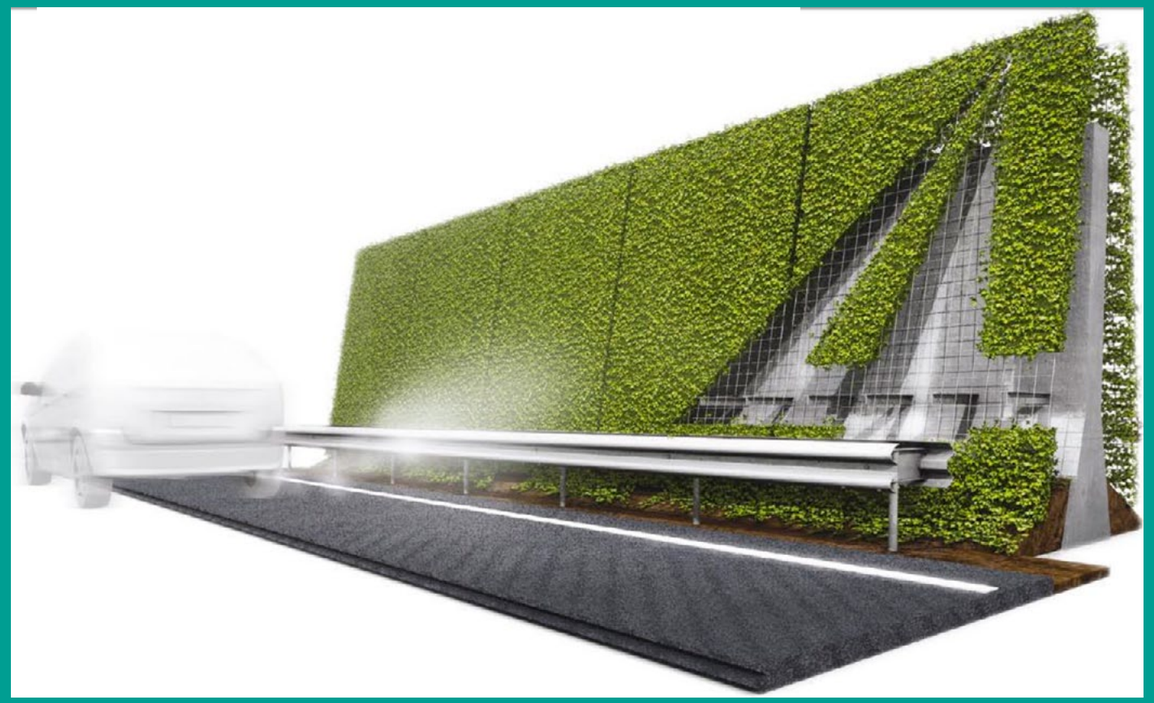
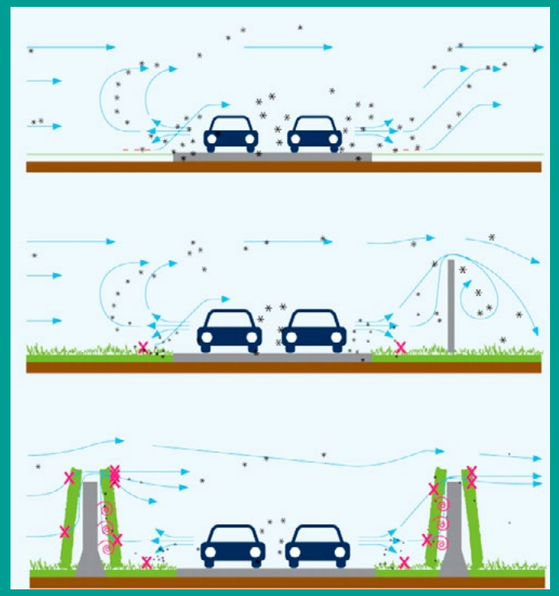
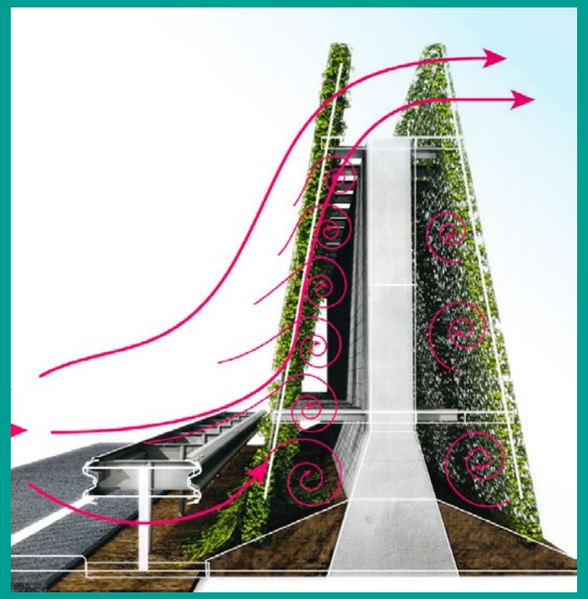




Bild: Green4roads visar exempel där murgröna växer på nät fäst mot betongskärm.







Skärmen syftar till att dämpa buller och partikelspridning från väg.

Vid mottagaren



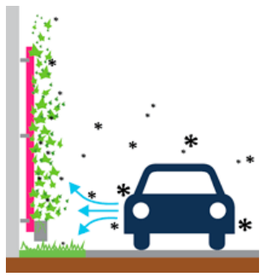
Illustration: Tove Hennix HOSANNA

Illustration: Tove Hennix HOSANNA



Gröna fasader

Gröna fasader kan dämpa ljud i trånga gaturum där byggnader finns på båda sidor och på innergårdar med ca 2-4 dB. Ljud som studsar mellan trånga gaturum kan upplevas störande vid bostad även i riktning mot innergården. Det kan även förbättra ljudmiljön för de som passerar. Det är absorberande substrat som dämpar ljud.



Betänk hur den gröna fasaden ser ut vintertid och planera för estetiken utan växter.

Vad?

Gröna fasader är väggar klädda med vegetation. En vajer med klätterväxt är inte en bullerlösning men kan utföras med kompletterande ljudabsorbent. Gröna fasader kan också utföras med paneler som hänger på fasaden i form av växtkassetter, växtdukar, ihålig betong med växtbädd, utstickande planteringsfickor m.m.

Var?

Lämpligt i trånga gaturum, vid slutna bostadsgårdar, runt torg eller för att bättra ljudmiljön för passerande och uteserveringar vid väg.

Hur?

Substratet eller absorbenten dämpar ljud. Ett 20 cm tjock substrat eller 10 cm substrat med 10 cm luftspalt till fasad rekommenderas. Ett tjockt lager med substrat är inte alltid lämpligt på grund av tyngden. Alternativt kan absorbent användas under klätterväxt för att få en lätt och mer kostnadseffektiv konstruktion.

Fördelar

Kan dämpa ljud där andra bullerskyddsåtgärder som skärmar inte får plats. Kan utföras för befintliga fasader med växtvajer och absorbent eller växtkassett på skensystem. Minskar buller som sprider sig in på gårdar och kan dämpa bullerregn om det används på innergårdar.

Att tänka på

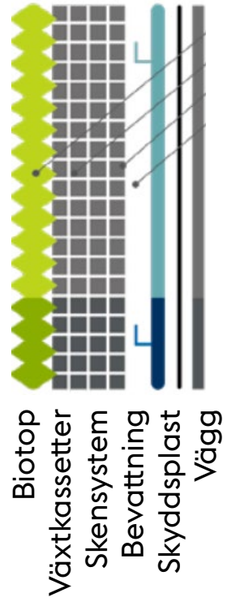
Underhåll och bevattning är komplicerat. Automatiska bevattningssystem med dagvatten kan hjälpa och kan till exempel utföras med vattenreservoar på taket. Växtvajer och växtduk som vanligen används behöver utföras med absorbent eller tjock växtduk med luftspalt för god ljuddämpning.

Underhåll

Vegetation måste väljas för minsta möjliga underhåll då klättring eller kran är mycket kostsamt. Växtvajer eller växtkassetter är att föredra ur kostnadsperspektiv.

Kostnader

Gröna fasader kostar >4000 kr/m2 exklusive underhållskostnad. Vajersystem kostar mindre.



Var och hur?

Gröna fasader är lämpligt vid trånga gaturum eller vid öppningar till slutna kvarter.

Olika sätt och platser som gröna fasader kan utföras vid är:

1. Gröna fasader är lämpligast vid öppningar och portiker till annars slutna kvarter.

2. Trånga offentliga rum som mindre torg eller insprängda mindre parker mellan byggnader.

3. Trånga gatukanjoner, och då ges störst dämpning om den gröna fasaden är högst på byggnaden. Men det är bara effektivt om byggnaderna är höga och ljudet måste studsa mellan fasaderna för att spridas till innergården. För låga byggnader kommer direktljudet ändå dominera.

4. För innergårdar nära större trafikleder kan det dämpa ljudnivån vid tysta sidan. Perforerade plåtar med absorbenter kan kombineras med klätterväxter för att skapa gröna fasader. Mer absorberande substrat är viktigare än position då det handlar om att dämpa reflektioner snarare än diffraktionen. Att dämpa ljudet vid innergården har en jämnare dämpning över frekvens än dämpning vid fasad mot gatan.

5. För mindre innergårdar kan gröna fasader användas för att tillföra mjuka ytor och dämpa ljud som kommer från grannar eller fläktar vid innergården.

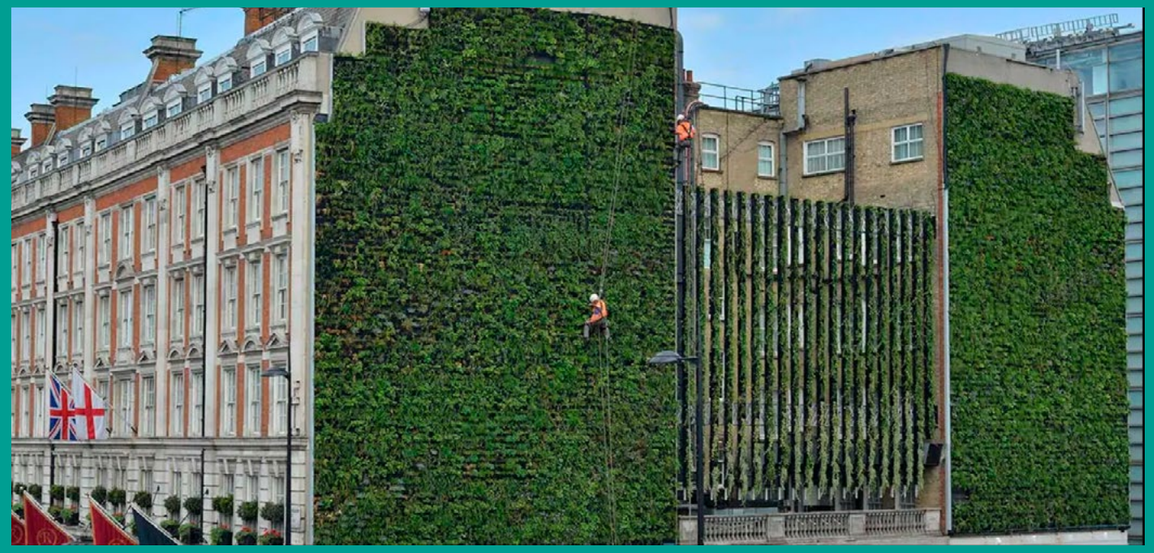
6. Gröna fasader kan utföras hydroponiska, alltså med vatten istället för substrat, då bör absorbent användas för att dämpa ljud. De kan annars utföras med växtduk med fickor för plantering, växtvajrar med absorbent, växtkassetter på skena, ihålig betong med innanför liggande substrat.

Rekommenderad läsning är:

- Utmaningar och möjligheter med levande väggar i svenskt klimat
- Malmö stads projekt med övervintrande växter och gröna fasader
- Nordiska växtväggar med fokus på konstruktion och bevattning
- UK Guide to Green walls

IVL och Scandinavian Green Roof Institute har mycket kunskap och erfarenhet av gröna fasader. Läs till exempel IVLs rapport Utmaningar och möjlighet med levande väggar i svenskt klimat. Information angående skötsel, växtval och installation går att hitta på leverantörers hemsida. Inspiration finns även i olika leverantörers produktblad som denna från Vegtech: http://vegtech.sidvisning.se/vegetationsteknik/html5/

Grön fasad London. Bild: The Red Carnation Hotel



Grön fasad i Paris av Patric Blanc. Bild: Wikipedia







Illustration: Tove Hennix HOSANNA

Gröna tak

Gröna tak blir vanligare i Sverige på grund av de goda isolerande egenskaperna, dagvattenhantering och krav från kommuner. Det är dock sällan som de utförs på rätt sätt för att dämpar buller bra.

WWW

Läs mer om gröna tak på:
gronatakhandboken.se

Vad?

Gröna tak är ett sätt att skapa grönytor på byggnaders tak genom att lägga tätskikt, isolering och substrat som vegetation kan växa på. Ett platt grönt tak kan öka ljuddämpningen med 3 dB, ett lutande grönt tak med upp till ca 8 dB för att ljudet sprider sig över mer mjuk yta.

Var?

Lämpligt för slutna innergårdar där ljudet endast kommer in ovanifrån eller för byggnader som används för att avskärma. Öppningar i kvarteret kan göra att ljudet kommer in från andra håll än över det gröna taket.

Hur?

När ljud diffrakteras vid takkanten och sprider sig över taket så dämpas ljudet av det absorberande substratet. Mer lutning innebär att ljudet absorberas mer och skärmas av. Om substratet är vått så förloras mycket av den ljuddämpande effekten, tänk på dränering.

Fördelar

Gröna tak har fördelar som dagvattenhantering som minskar behov av ledningar inomhus och ökar därför användbar yta, sociala ytor som kan öka byggnadens värde. Tak är en annars oanvänd yta som kan medföra ekosystemstjänster i staden och rekreationsytor med lugna miljöer om de utförs som gröna tak.

Att tänka på

För ljuddämpning bör det gröna taket luta men detta kan innebära problem för konstruktion och underhåll, samt att taket inte går att använda som en social yta. Substrattjocklek är viktigt för ljuddämpningen, minst 15 cm.

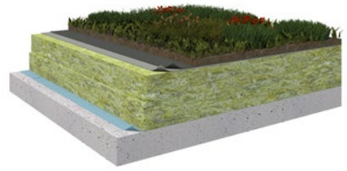
Underhåll

Underhåll varierar beroende på önskad funktion, design och växtval. Andra substrat än sedum behöver beakta brandkrav enligt Boverkets Byggregler.

Kostnader

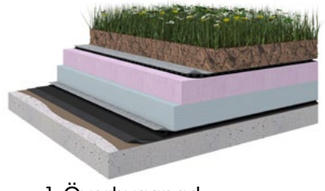
Kostnad är ca 500 kr/m2 för sedumtak. Tunna tak (extensiva tak) kostar ca 500-1000 kr/m2. Upp till 2500 kr/m2 för mer komplicerade tak. Underhåll varierar på växtval och funktion.

Normalt tak –
Mindre absorption



1. Överbyggnad
2. Tätskikt i två lager
3. Mineralullsisolering
4. Ångspärr

Omvänt tak –
Mer absorption



1. Överbyggnad
2. Dräneringslager
3. XPS isolering
4. Dränerande cellplast
5. Dräneringslager
6. Rotskydd
7. Helsvetsad tätskikt
8. Primer

Bild: Gröntakhandboken

Var och hur?

Gröna tak är lämpligt för slutna kvarter eller för byggnader som fungerar som skärmar mot bullerkällor där ljudets primära utbredningsväg är över byggnaden. Störst effekt fås där gröna tak används för slutna kvarter där ljudkällan är en gatukanjon med byggnader på andra sidan vägen, det vill säga att ljudet reflekteras upp mellan byggnader över taket.

Högfrekvent ljud dämpas bäst med tunt substrat. Vid 1000 Hz som är relevant för däckbuller så dämpas ljudet upp till 10 dB vid 10 cm djupt substrat. Det mer problematiska lågfrekventa ljudet dämpas ej lika mycket utan kräver djupare substrat på 15-30 cm. Ett medelvärde om 15-20 cm djupt är lämpligt för att dämpa både högfrekvent och lågfrekvent ljud. Ett sätt att få bättre dämpning för lågfrekvent ljud är att kombinera jord med konstgjorda porösa substrat som kan ta upp mycket vatten utan att förlora ljuddämpande effekt, vilket beskrivs tidigare i handboken. Extensiva gröna tak, som sedumtak, är bättre för ljuddämpning än intensiva gröna tak med buskar och träd. Se Publikationer av Dr Timothy Van Renterghem.

Olika sätt och platser som gröna tak kan utföras vid är:

1. Lutande gröna tak med ribbstolar för växtligheten.

2. Platta gröna tak med låga skärmar eller rundade krön vid takkant för ökad diffraktion.

3. Platta gröna tak med solpaneler som skapar en sågtandad takform ökar diffraktion.

4. Balkongtak och funktionsbyggnader på innergård för att förbättra ljudmiljön på innergården.

5. Kombinationen mellan skärmar på tak och gröna tak är en intressant lösning då blandning av mer diffraktion och absorption ökar ljuddämpningen. Exempel är låga absorberande skärmar vid kanten av taket eller solpaneler som sticker upp längs det gröna taket. Fler krön där ljudet diffrakterar i kombination med en yta som absorberar ljudet som sprids kan få en god adderad ljuddämpande effekt.

6. Ett alternativt substrat är polyuretanskum med inblandat gödsel för sedumtak. Det har låg vikt och kan ta upp vatten utan att förlora ljuddämpande egenskaper samtidigt som det kan ersätta mineralull för isoleringen.

Rekommenderad läsning är:
Gronatakhandboken.se & greenroof.se
http://greenroof.nu/sv/publications/Sidor/default.aspx
Green roofs for noise reduction av Timothy Van Renterghem
Boverkets vägledning *Ekosystemtjänster i byggande och förvaltning*

Lutande grönt tak med vegetationsmatta monterat på substrat ur Grönatakhandboken Bild: Jonatan Malmberg, Scandinavian Green Roof Institute

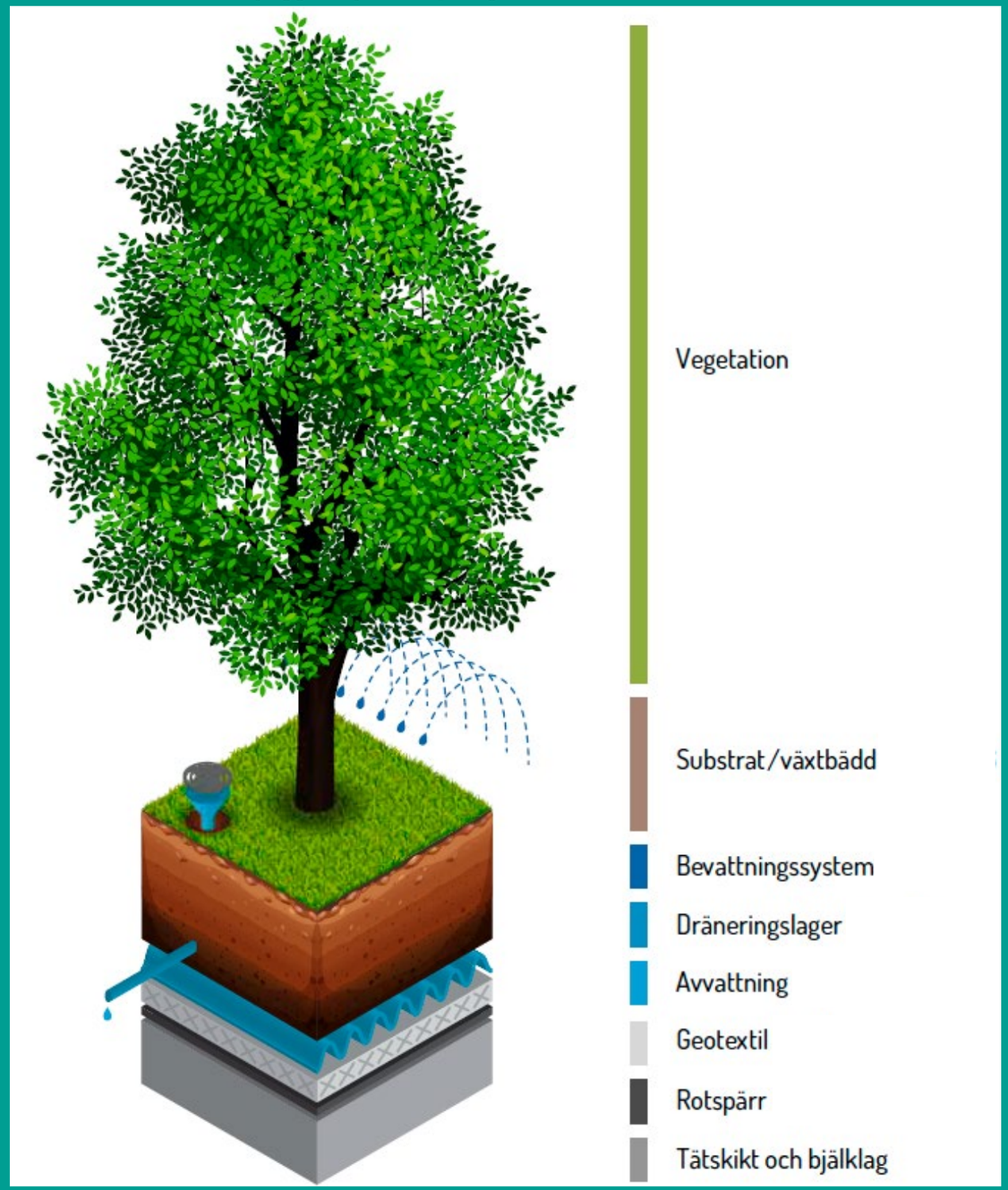


Bra form för ljuddämpning av grönt platt tak med låg skärm vid kant Bild: Grönatakhandboken



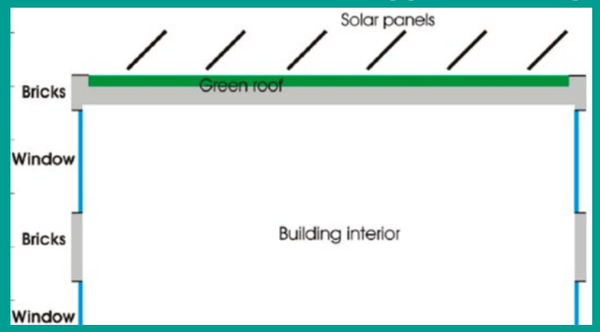
Utförande

Utförande för gröna tak kan ske på olika sätt. Omvänt grönt tak har högre absorption än vanlig konstruktion. Ett jorddjup om ca 15-20 cm är rekommenderat för god ljuddämpning. Poröst substrat kan möjliggöra ljuddämpning från skikt med mineralull.



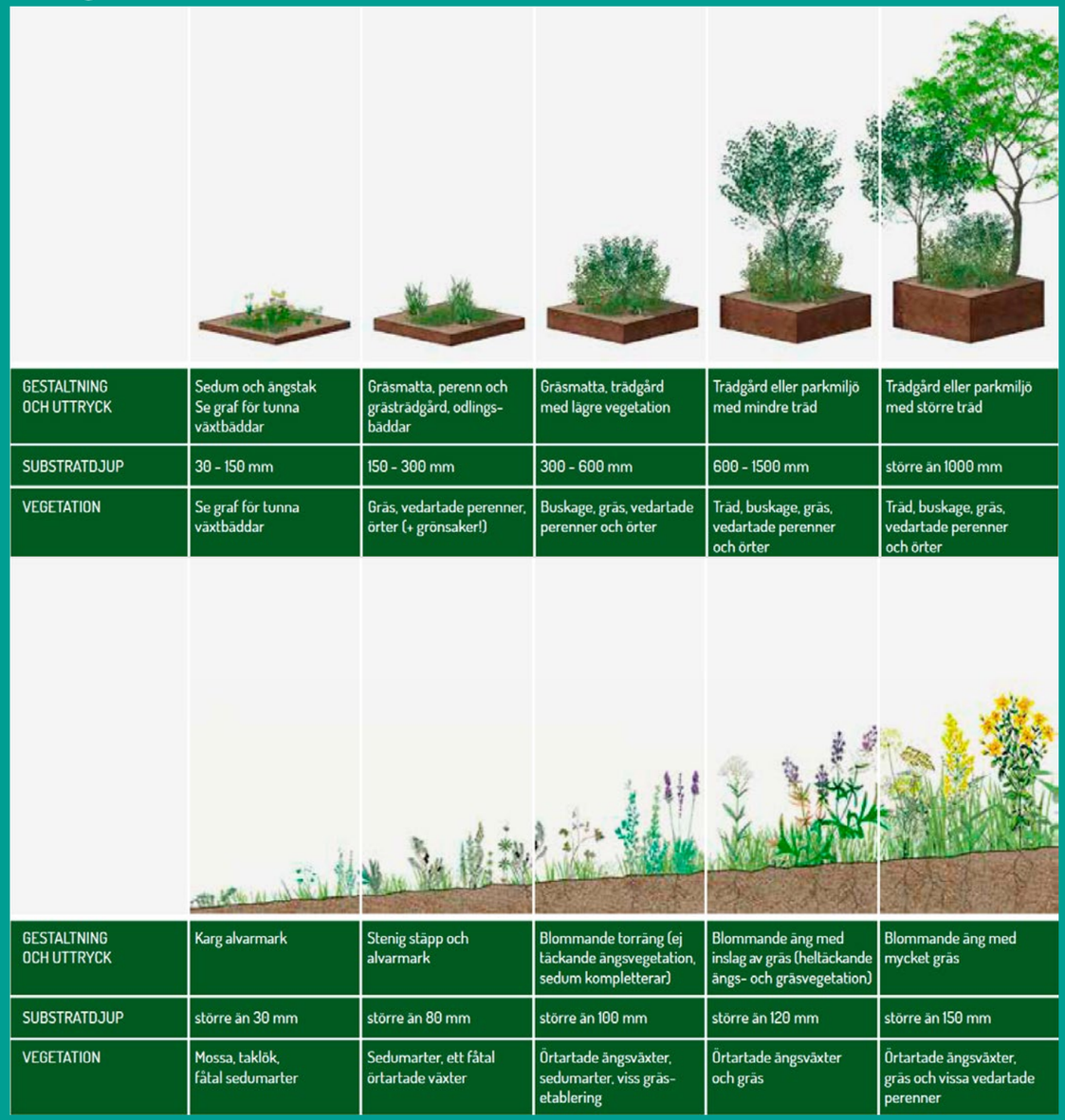
Genomskärning av grönt tak med olika lager ur Grönatakhandboken www.gronatakhandboken.se. Illustration: Patrik Granqvist

Åt vänster: grönt tak med solpaneler Bild: Timothy Van Renterghem. Åt höger: Konstruktion för att hålla uppe substrat på lutande tak ut Grönatakhandboken.



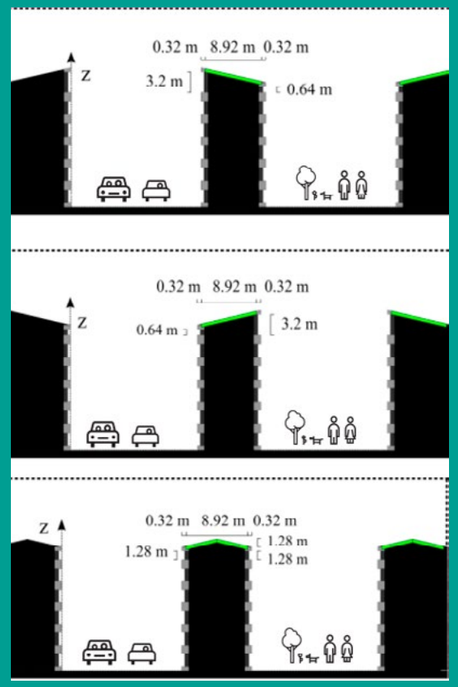


Krav på djup av jordsubstrat för olika typer av växter. www.gronatakhandboken.se. Illustration: Martin Grane



GESTALTNING OCH UTTRYCK	Sedum och ängstak Se graf för tunna växtbäddar	Gräsmatta, perenn och grästrädgård, odlings-bäddar	Gräsmatta, trädgård med lägre vegetation	Trädgård eller parkmiljö med mindre träd	Trädgård eller parkmiljö med större träd
SUBSTRATDJUP	30 - 150 mm	150 - 300 mm	300 - 600 mm	600 - 1500 mm	större än 1000 mm
VEGETATION	Se graf för tunna växtbäddar	Gräs, vedartade perenner, örter (+ grönsaker!)	Buskage, gräs, vedartade perenner och örter	Träd, buskage, gräs, vedartade perenner och örter	Träd, buskage, gräs, vedartade perenner och örter
GESTALTNING OCH UTTRYCK	Karg alvarmark	Stenig stäpp och alvarmark	Blommande torräng (ej täckande ängsvegetation, sedum kompletterar)	Blommande äng med inslag av gräs (heltäckande ängs- och gräsvegetation)	Blommande äng med mycket gräs
SUBSTRATDJUP	större än 30 mm	större än 80 mm	större än 100 mm	större än 120 mm	större än 150 mm
VEGETATION	Mossa, taklök, fåtal sedumarter	Sedumarter, ett fåtal örtartade växter	Örtartade ängsväxter, sedumarter, viss gräs-etablering	Örtartade ängsväxter och gräs	Örtartade ängsväxter, gräs och vissa vedartade perenner

Beräkning med gröna tak enligt HOSANNA [8]. Dämpning vid innergård jämfört med platt tak som ej är grönt.

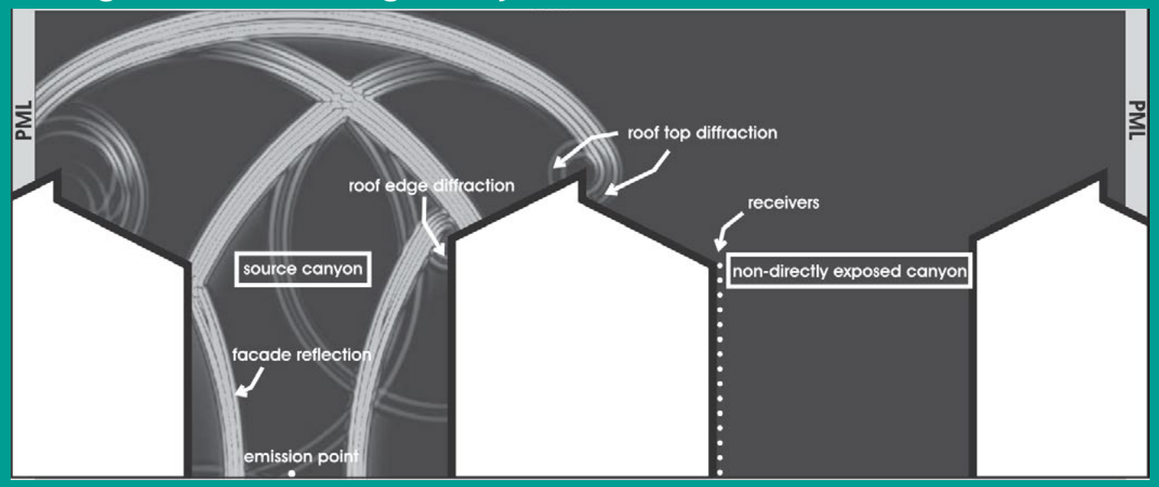


3 dB mer dämpning med grönt tak än utan grönt tak för 19 m hög byggnad.

7 dB mer dämpning med lutande grönt tak än platt tak.

8 dB mer dämpning med grönt sadeltak än platt tak.

Takformen har betydelse för fallet med höga byggnader på båda sidor om vägen. Se exempel på olika takformers ljuddämpande effekt i bilden nedan. Dessa kan kombineras med gräs på taket för att dämpa ljudnivå på tyst sida ytterligare. Minst realistisk takform, som sågtandad form eller rundade tak, har högst ljud-dämpning medans vanlig takform som sadeltak dämpar mindre än platta tak. Detta gäller för fallet med gatukanjon.



Ljuddämpning för olika takformer jämfört med platt tak - förutsatt gatukanjon och samma byggnadsvolym



Takform

Takformens påverkan på ljudnivå vid innergården och tysta sidan används inte ofta som bullerskyddsåtgärd då det mer är en fråga om byggnadens utseende eller kostnad för ändrad takform. Ställer man kostnaden jämfört med att klara riktvärde vid tyst sida eller uppföra bullerskyddskärmar är det relevant att bedöma takformens bullerdämpande effekt.

1. Gröna tak kan bli 5 dB mer effektiva om taken lutar. Det är dock mer komplicerat för vegetationen och underhåll samt att det kräver bärande konstruktioner som ribbstolar för växtligheten. Det är även mer kostsamt att bygga en sådan konstruktion.

2. I gatukanjoner, trånga gaturum med höga byggnader på båda sidor om vägen, så är takformen viktig för ljudnivån på innergården och tyst sida. I en studie undersöktes olika former för taket jämfört med platt tak där volymen av byggnaden är densamma. Intressanta resultat är att skärmande lösningar som uppstickande sadeltak inte blir lika effektivt som platt tak för fallet med gatukanjoner. Studien utgår från ett specifikt beräkningsfall med ca 8-12 m höga byggnader där antalet diffraktioner avgör, för fallet med sadeltak så sker första diffraktionen från direktljud från vägen till sadeltakets topp, detta skulle ej vara fallet för högre hus. Jämför man gröna platta tak och gröna sadeltak så blir resultatet annorlunda enligt HOSANNA. Sadeltak kan med fördel göras gröna då dessa får högst ljuddämpande effekt av de olika gröna takformerna. Sadeltak och lutande tak får högst effekt för att ljudet måste passera mer absorberande yta och då sker fler ljuddämpande interaktioner. Den sågtandade eller rundade takformen med grönt tak bör därför vara optimal i form för gröna tak.

3. Den sågtandade formen, som påminner om gamla industribyggnader, går att skapa med hjälp av lutande solpaneler som också bidrar till högre biologiskt mångfald pga värmen och fördelar för växtligheten. Den uppvärmande effekten av substratet kan eventuellt skapa en positiv ljuddämpande effekt för refrakterande ljud som bullerregn som då istället böjs upp istället för ned mot innergården. Takformen kan även utformas från takfläktrummens plåttak.

4. Låga skärmar vid byggnadens takkant skapar mer diffraktion och bör kombineras med gröna tak. De bör utformas likt utstickande skärmkrön och absorberande. De kan även utföras mångfunktionellt som fallskydd. Taggig form på överkant kan sprida vindflödet och motverka refraktion som böjer ned ljudet mot innergården. Det kan även appliceras som solpaneler som då också kan ha taggig form på överkant.

5. Befintliga tak kan göras gröna då substratet inte måste vara tungt om ett konstgjort alternativ väljs istället för jord. Risken för vattenskador är liten om vägledningen i grönatakhandboken följs även om det gröna taket utförs på befintliga tak.

Illustration: Tove Hennix HOSANNA



Gröna bostadsgårdar

Bostadsgårdar byggs mer trångt nuförtiden, det förstärker ljud och kan medföra att barnlek eller förskolegårdar upplevs som ett bullerproblem för grannar. Gröna innergårdar med absorberande markytor, fasader, gröna upphöjningar och gröna tak på funktionsbyggnader kan införa mer ljuddämpning. Att undvika parallella fasader som reflekterar buller ger bättre ljudmiljö.

Vad?
Gröna innergårdar är ett sätt att få bättre ljudmiljö på bostadgårdar.

Var?
Framförallt viktigt för mindre slutna kvarter. Gröna fasader vid innergård och fasader vid öppningar mot väg, fasader och tak i portiker, grönytor på mark, gröna tak och tak på funktionsbyggnader, balkongräcken m.m.

Hur?
Genom att tillföra absorption med substratet kan ljudmiljön på innergården förbättras. Det dämpar bullerregn och störningar som kommer från innergården. Bör planeras så att parallella fasader inte förstärker reflektioner och även kompletteras med absorbenter i undertak på balkong.

Fördelar
För trånga innergårdar där trafikbuller från närliggande vägar är dämpat men fläktbuller, ljud från grannar och bullerregn ger en påverkan, kan gröna innergårdar förbättra ljudmiljön avsevärt.
En trend har blivit att bygga innergårdarna trånga för att få ut så mycket av markytan och klara bullerkrav. Då riskerar man att skapa en dålig ljudmiljö på innergården så den blir mindre använd och kan bli en störning i sig.

Att tänka på
Solljuset är inte alltid tillräckligt för alla sorters växter på trånga innergårdar. Växtvajer med absorbent under kan vara alternativ.
Planera innergården med akustisk design utöver gröna åtgärder.

Underhåll
För innergårdar så är ansvarig för underhåll förvaltare eller bostadsrättsförening, vilket förutsätter att minimala underhållskrav bör planeras.

Kostnader
Gröna fasader kostar ca 4000 kr/m2.

Små slutna bostadsgårdar kan vara fördelaktigt för trafikbuller men kan innebära andra bullerstörningar

Var och hur?

Gröna innergårdar är lämpligt för slutna kvarter eller innergårdar som ligger nära större trafikleder. Syftet är att tillföra absorption och minska reflektioner på innergården. Diffuserande ytor och vinklar gör så att ljudet sprids ut jämnt istället för att studsa mellan väggar. Gröna tak och fasader dämpar ljud som sprids över tak eller i öppningar till innergården och dämpar ljudet vid den tysta sidan.

Det blir allt vanligare att förskolegårdar planeras på innergårdar där även tyst sida planeras. Detta innebär risk för störande ljud från förskoleverksamhet och för att begränsa detta kan ljudabsorberande och skärmande åtgärder vidtas på innergården. Det dämpar även fläktljud från takfläktar och ljud från grannar.

Olika sätt och platser som kan göras gröna på innergården är:

1. Grönyta på stora delar av marken. Gröna ytor kan även utföras för tak på funktionsbyggnader, tak på balkonger, vid fasader, portiker och öppningar till innergården samt på byggnaders tak. De ytor som ej görs gröna kan kombineras med perforerad plåt med innanför liggande absorbent för ökad absorption, t.ex. på balkongräcken.

2. Träd och planteringar bör planeras för att sprida ljudenergin av högfrekventa ljud från barn och fläktar.

3. Gröna skärmande objekt nära förskolegård för att dämpa ljud till och från förskolegården. Risk för förstörelse måste beaktas i utförandet.

4. Väggarna på innergården bör ej vara parallella om möjligt för att undvika förstärkning av stående ljudvågor. Ytor bör vara diffuserande för att sprida reflektioner jämnt. Trånga innergårdar är ej att föredra ur ljudsynpunkt. Vissa ljudförstärkande effekter kan dämpas genom att innergården utformas i olika nivåer.

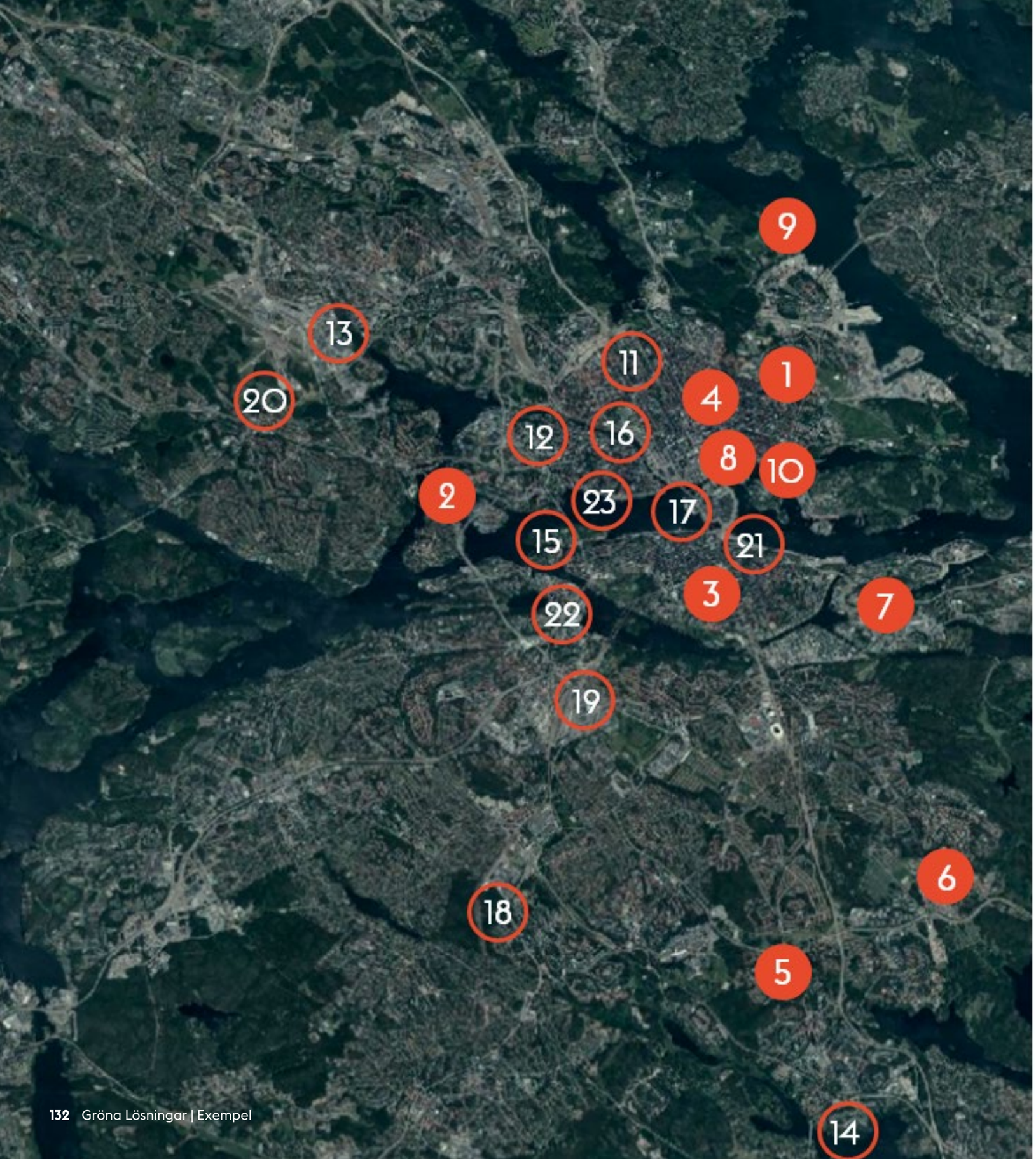
5. Öppningar till innergård, som ofta är önskat för att den ej ska upplevas instängd, kan medföra 10 dB högre ljudnivåer på innergården jämfört med slutet alternativ. Därför används ofta öppningar vid ett skyddat läge för slutna innergårdar. Öppningen kan vara från några meter i höjd till hela byggnadens höjd. Det läckage av ljud som sker i dessa öppningar kan motverkas genom att utföra fasaderna i öppningarna gröna eller genom att använda skärmar som antingen överlappar eller går att stänga. För portiker, där öppningen har tak, så rekommenderas en stängningsbar port om trafikbuller finns direkt utanför.

Grön fasad och lavendeltak på hotellbyggnad i Wien Bild: Boutiquehotel Stadhalle



EXEMPEL

Grön bullerskyddsskärm
Lidingövägen Stockholm
Bild: LAND arkitektur
Fotograf: Ulf Lundin



BEFINTLIGA LÖSNINGAR

1. Grön bullerskyddsskärm vid Lidingövägen
2. Grön bullerskyddsskärm vid Fredhällsparken
3. Vertikal trädgård i Björns trädgård
4. Takpark Sveavägen
5. Grön bullerskyddsskärm vid Nynäsvägen
6. Bullerskyddsvall vid Tyresövägen, Flygfältsgatan
7. Gröna spår i Hammarbysjöstad/Sickla udde
8. Grön fasad vid Drottninggatan
9. Gröna tak och gårdar vid Norra Djurgårdsstaden
10. Grön takpark ovanpå Gallerian

IDÉFÖRSLAG – NÅGRA EXEMPEL

11. Sveavägen / Vanadis
12. Holmiaparken
13. Huvudstabron
14. Ågestabron
15. Västerbron
16. Klarastrand
17. Tegelbacken / Järnvägsparken
18. Hagsätraskogen
19. Årstastråket
20. Lillsjön
21. Slussen / Stadsgården
22. Årstadal – Tvärbanan
23. Rålambshovsparken









1. Grön skärm vid Lidingövägen

Grön bullerskärm i Stockholm vid Östermalms IP längs Lidingövägen. Uppförd av Trafikkontoret Stockholm.

Växtval: inhemska arter och prydnadsväxter: storfryle, stensöta, rödfibbla, blodnäva, trädgårds- näva, myrtennejlika, sandnejlika, strandtrift, silververonika och blåsvingel. Baksidan är gräs vilket är lämpligt i landskapet.

Grundkonstruktion: sträckmetall i rostträgt stål och innehåller förutom växter även belysning vilket förbättrar utseende vintertid.

Utformning: LAND Tora Bärnarp och Brage Ullbrant i samarbete med Kempe ljusdesign.

Bild: LAND Arkitektur och Trafikkontoret
Fotograf: Ulf Lundin

2. Grön skärm vid Fredhäll

Skärmen är vid Fredhällsparkens östra sida och är en provsträcka för skärmen vid Lidingövägen. Växtmaterial största del nävor.







3. Björns vertikala trädgård, Södermalm

Grön vägg i Stockholm vid Björns trädgård. Växter: Planteringen skedde på två sätt. Ett där delar av rötter och frön blandade in i växtbädden innan växtväggsmodulen fogades samman. Det andra där fröplantor och sticklingar planterades från utsidan.

Konstruktionen skulle kunna användas som fristående skärm.

Bild: Butong

4. Grönt tak, Sveavägen

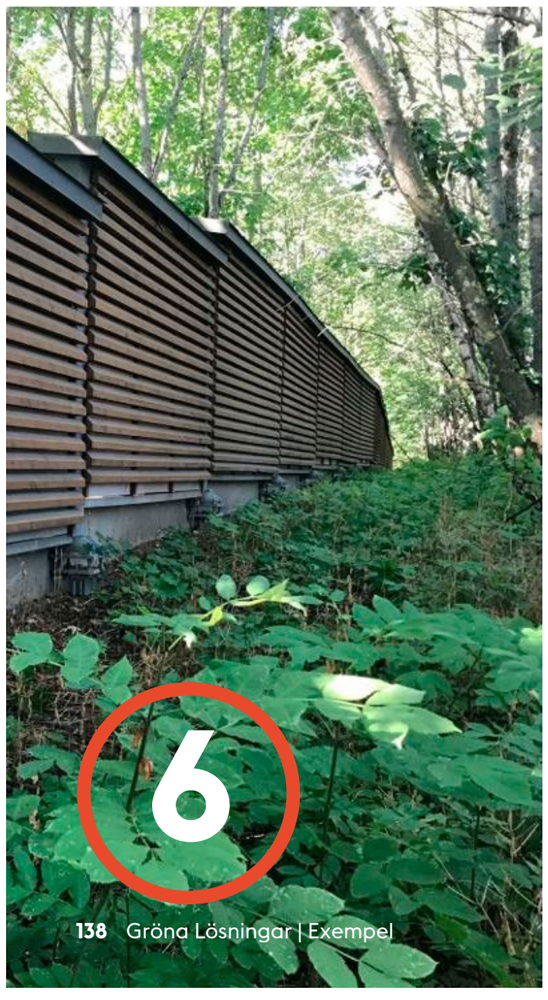
Grön takpark om ca 0,3 hektar, motsvarande storleken av Hötorget.Växtval: Parken är uppdelad i tre delar. lågvuxen buskskog av ek och brynväxter, en blommande örtäng och grus med tåliga fetbladsväxter.

Bild: Urban Green











5. Grön skärm, Nynäsvägen

Grön skärm längs Nynäsvägen mellan Örbyleden och Farstavägen i Stockholm.

Växtval: Väletablerade vilda växter, olika grässorter, trädskott. även större träd växer i skärmen

6. Vall och skärm, Tyresövägen

Vall i kombination med skärm mellan Tyresövägen och Flygfältsgatan i Stockholm, Skarpnäck..

Växtval: Lövträd, lönnar till största del.

Skärmen är skymd av träd i riktning mot bostäder vilket visas i högra bilden.







7. Grönt spår Tvärbanan, Hammarby sjöstad

Grönt spår anlades för Tvärbanan under avstängning för byte av signalsystem 2017.

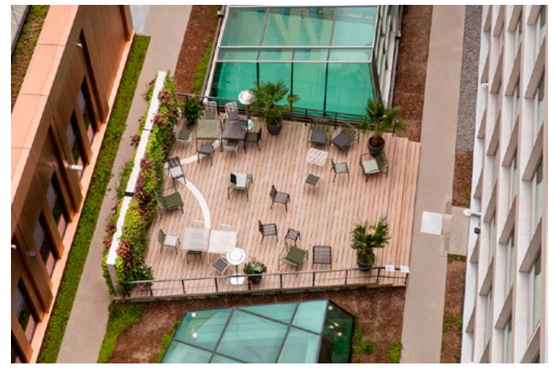
8. Grön fasad, Drottninggatan

Grön fasad i Stockholm vid korsningen Drottninggatan Mäster Samuelsgatan. Växtval: 40 olika arter bland annat lingon, skvattram, strandråg och salvia och tulpanlök. Grundkonstruktion: plantering på filt kopplat till bevattningssystem. Bild & utformning: Nyréns.

9. Norra Djurgårdsstaden

I Norra Djurgårdsstaden genomförs ett flertal ekosystemtjänster i urban miljö och C/O City är starkt kopplat till utförandet av den nya stadsdelen. Gröna tak, fasader och gårdar bidrar till en bättre ljudmiljö i området.











10. Urban Escape är beläget ovan Gallerian i Stockholm City

Takterrassen är som namnet antyder en tillflykt från stadens buller till en plats mitt i staden där bullret ej stör men man ändå kan vistas i grön miljö utomhus.

Bild illustration: © AMF Fastigheter

Mindre bilder: Urban Green

IDEFÖRSLAG

Idéförslag för gröna lösningar i Stockholm

Följande förslag är endast exempel på hur man kan utföra gröna lösningar för en bättre ljudmiljö i Stockholm. Dessa förslag är inte planerade att utföras.

För Sveavägen och Vanadis kan pop-up parker med höga ryggstöd och gröna ytor placeras vid vägkant. Lokalt skyddade sittplatser i Vanadislunden kan kombineras med grönska som skyddar från buller. Naturliga ljud som lövbrus och fågelkvitter kan spelas upp med högtalare tillsammans med en fontän med vattenljud som förbättrar den upplevda ljudmiljön.

För Huvudstabron, Ågestabron, Västerbron, Rålambshovsparken och Klarastrand kan skyddsräcken kombineras med växtkassetter för att skapa låga skärmar nära ljudkällan. Dessa skulle även dämpa spridning av partiklar och koldioxid och därmed förbättra luftkvaliteten.

För Tegelbacken, Järnvägsparken, Slussen, Södermalmstorg och Stadsgården kan lokala gröna skärmar med integrerade sittplatser skydda från buller och naturliga ljud som spelas upp med högtalare kan förbättra den upplevda ljudmiljön.

Lillsjön, Rålambshovsparken, Hagsätraskogen och Årstastråket kan bullerskyddas genom att skyddsräcken kombineras med växtkassetter för att dämpa ljud nära källan. Mellan körfält så bör även låga skärmar användas. Detta minskar barriäreffekter och kan ge lika god dämpande effekt som en traditionell högre bullerskyddsskärm några meter från väg. Lokala skyddade sittplatser i parkområdet och kuperad terräng med gröna vallar kan skapa bullerskyddade zoner i dessa grönområden. Genom att förhöja marknivån med vall och sedan sänka marknivån direkt nedanför skapas en effektiv ljudskugga där sittplatser och lekytor placeras.

Tvärbanan vid Årstadal kan utföras med gröna spår för att dämpa buller vid bostäder och den angränsande parken Blomsterdalen.



Ljudlandskap Malmö var ett Movium Partnerskapsprojekt som genomfördes i ett samarbete mellan SLU Alnarp, Gatukontoret i Malmö stad och Ramböll. Under sommaren 2011 uppfördes en ljudisolerande berså nära bullerutsatta Amiralsgatan på S:t Knuts torg i Malmö. Väggarna byggdes upp av prefabricerade element med mineralullskärna som kläddes med murgröna.

I väggarna monterades också högtalare som under vissa perioder spelade upp maskerande skogsljud (fågelkvitter, susande träd och en porlande bäck). Bild: Gunnar Cerwén.

Undersökningarna som genomfördes i och omkring rummet visade på att rummet förbättrade ljudmiljön – särskilt när högtalarna var påslagna. Experimentet bekräftade därigenom att det finns en potential i att kombinera offensiva och defensiva strategier för att hantera buller.

Idéförslag för gröna lösningar i Stockholm: Lillsjöparken

Karaktär: Park med sjö och promenadstråk vid Ulvsundavägen och Bromma flygplats.
Förslag: Låga gröna skärmar nära väg och mellan körfält för Ulvsundavägen och Kvarnbacksvägen. Lokala skyddade sittplatser i form av bänkar med höga ryggstöd, tak och sidoskärmar. Kläs med vegetation för att smälta in och inreds med absorbenter.

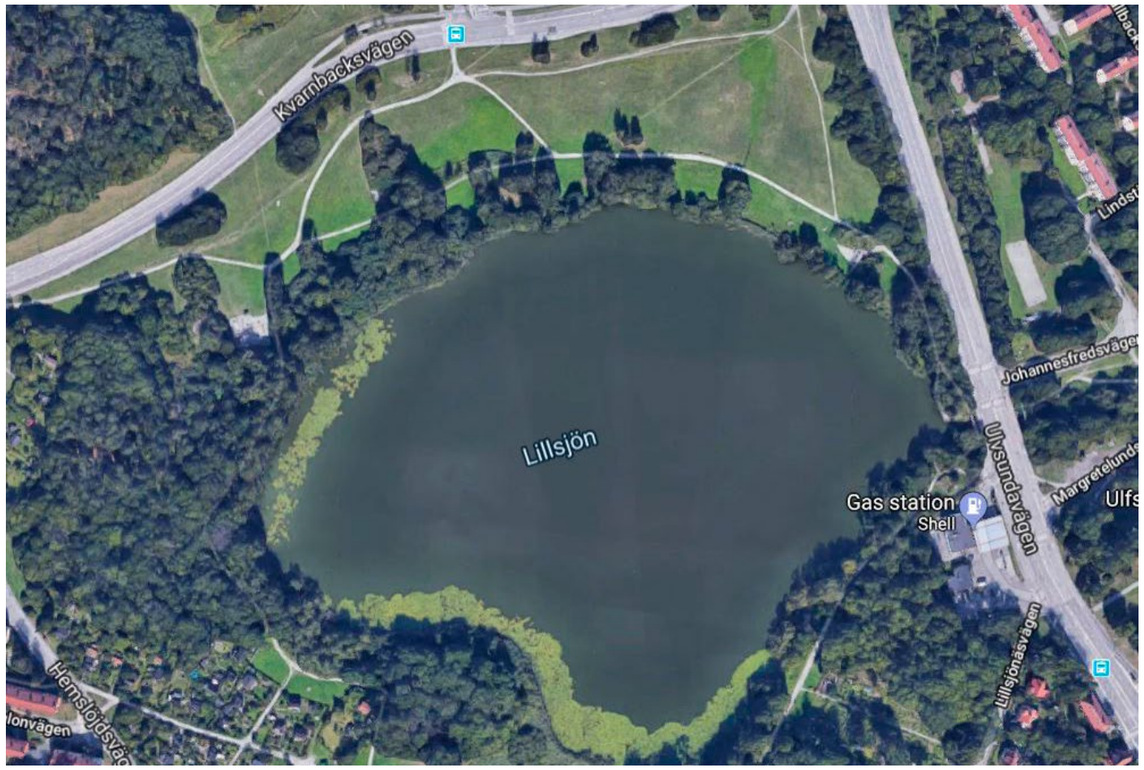




Bild Flygfoto Lillsjön: Imagery © 2019 Google, Map data © Google
Bild Vägvy Lillsjön: Image capture: May 2017, © 2019 Google
Bilder och illustration Holmiaparken: Frida Ahlberg, Landskapsarkitekt

Idéförslag för gröna lösningar i Stockholm: Holmiaparken

Karaktär: Fickpark på 0,1 hektar. Trafikbuller från Drottningholmsvägen och tunnelbanan.
Sociotop kvaliteter: Grön oas, blomprakt.
Andra värden: Vatteninslag, bostadsnära, sittmöjligheter.

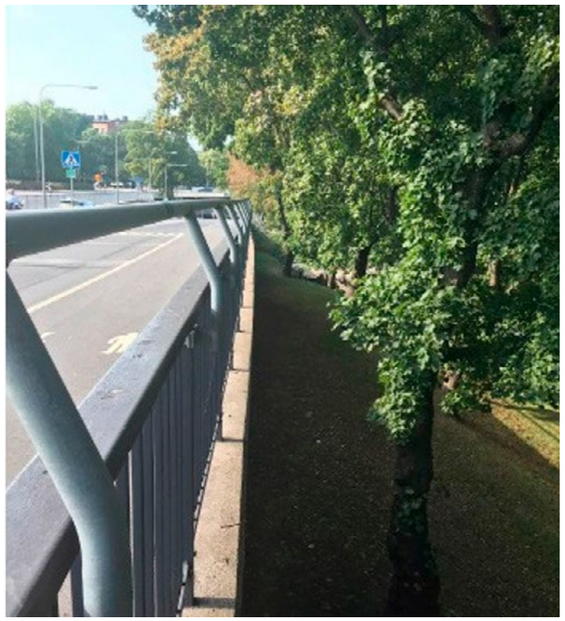
Förslag: Gröna lösningar kan bidra med bättre ljudkvalitet både lokalt i parken men även mot fasad och på innergårdar. En hög grön bullerskärm kan bidra till bättre ljudkvalitet i parken men en låg skärm nära bullerkällan kan vara att föredra ur trygghetsperspektiv, detta har även testats temporärt. En kombination med gröna fasader ökar det estetiska värdet av platsen och förbättrar luftkvalitet.

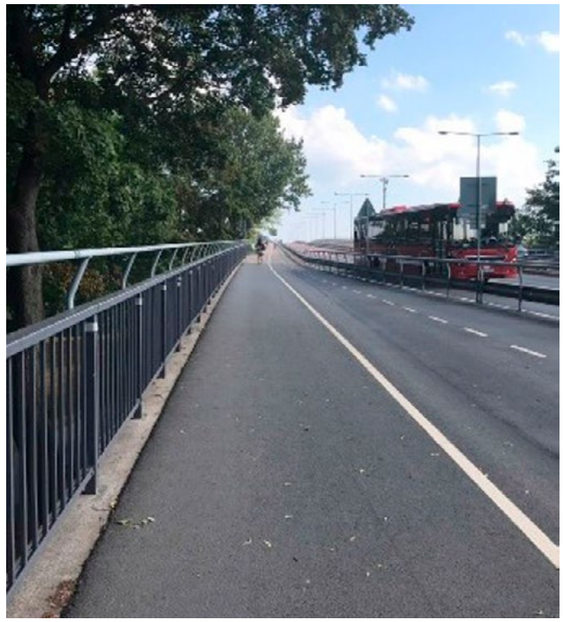












Idéförslag för gröna lösningar i Stockholm : Rålambshovsparken
Karaktär: Förbindelse mellan södra, västra och centrala Stockholm. Vägar omkring sprider buller över vatten och närliggande rekreativa områden. Rålambshovsparken ligger i ett utsatt läge för bullerstörning då Västerbron ligger jämsides och i förlängning korsar en bro parken.
Kvaliteter: Utsikt mot park och vatten.
Förslag: Låga gröna bullerskärmar vid räcken som minskar däckbuller men bevarar siktlinjer och behåller en öppen och trygg parkstruktur. Vallar i gräsmattan kan skapa bullerskyddade sittplatser.

Bilder och illustration Holmiaparken: Frida Ahlberg, Landskapsarkitekt





Idéförslag för gröna lösningar i Stockholm : Årstadal Tvärbana
Karaktär: Tvärbanan, förbindelse genom Stockholm. Spåren går mellan bostäder och kontorshus. Kvaliteter: Utsikt mot park och vatten.
Förslag: Gräs eller sedummatta i spår som dämpar buller och bidrar med grönstruktur.

Vision: Indoor Park St Eriksplan. Bild: Utopia arkitekter



Pocket park med gröna fasad och fontän. Bild: Wikipedia



Vision: Tillbyggnad av Brädstapeln på Kungsholmen. Tillbyggnaden inkluderar en takpark under tillbyggnaden på den befintliga byggnaden. Bild: Manuelle Gautrand Architecture



Referenser

1. Stockholms Översiktsplan, länk
2. Stockholms Miljöprogram, länk
3. Stockholms Åtgärdsprogram mot buller 2019-2023, länk
4. Tystare parker och friluftsområdent, länk
5. Grönare Stockholm, länk
6. C/O City , Guide till att skapa grtönytor, länk
7. Environmental methods for reducing transport noise, länk
8. Novel solutions for quieter and greener cities av Jens Forsén, Chalmers, länk
9. Grönytor för god ljudmiljö, Jens Forsén, Chalmers, länk
10. Potential of building envelope grening to achieve quietness, Chalmers, länk
11. Studier om gröna bullerlösningar, Rentgerhem, Ghent Universitet, länk
12. Varför investera i gröna lösningar – IVL, länk
13. Green Surge, Danmarks studie om gröna lösningar, länk
14. Stadens ljud, en rapport om att skapa goda ljudmiljöer, länk
15. Citylab Action Guide, processhantering, länk
16. Mångfunktionella ytor - Boverket, Se även PBL Kunskapsbanken länk
17. Bidrag för grönare städer, Boverket, länk
18. Ekosystemstjänster i byggande och förvaltning - Boverket, Se även PBL länk
19. Ekosystemstjänster i praktiken – Naturvårdsverket, länk
20. Ljudlandskap för bättre hälsa, länk
21. Akustisk design – Boverket, länk
22. Skapa goda ljudmiljöer – SKL, länk
23. Gröna väggar i ett skandinaviskt klimat – Movium, länk
24. Gröna klimatskal – RISE (SP), länk
25. Designing canopies to improve downwind shielding, Van Renterghem, länk
26. Optimal tree canopy shape for improving downwind noise barrier efficiency, Van Renterghem, Ghent Universitet, länk
27. Malmö stads projekt med övervintrande växter och gröna fasader, länk
28. Nordiska växtväggar med fokus på konstruktion och bevattning, länk
29. Vertical garden, Patrick Blanck, länk
30. SONORUS – Urban Sound planning, Jens Forsén, Chalmers, länk
31. Environmental Noise Barriers: A Guide to their Acoustic and Visual Design, 2nd Edition“, Benz Kotzen, Greenwich University, ISBN 0-203-93138-6, länk
32. Grönatakhandboken, länk
33. Scandinavian green roof institute, länk
34. Green roof system, länk
35. Green roofs for noise reduction: litterature review and new approaches, Van Renterghem, Ghent Universitet, länk
36. Identifiering och utvärdering av växters bullerreducerande förmåga i urban miljö, länk
37. Gröna tak i städer, länk
38. Improving the noise reduction by green roofs due to solar panels and substrate shaping, Van Renterghem, Ghent Universitet, länk
39. The importance of roof shape for road traffic noise shielding in the urban environment, Van Renterghem, Ghent Universitet, länk
40. Meterological effects on the noise reducing performance of a low parallel wall structure, Van Renterghem, Ghent Universitet, länk
41. Exempel på grässpår, länk och länk
42. Rapport om grässpår med diskussion om ljuddämpning, länk
43. PBL Kunskapsbanken har mer information om ekosystemstjänster och buller, länk



Kontakt

Om du har några frågor eller synpunkter hör av dig till oss:

08-508 00 508

miljoforvaltningen@stockholm.se

Stockholms stad
Tekniska nämndhuset
Box 8136
104 20 Stockholm

Stockholms stad