



GRÖNYTOR FÖR GOD LJUDMILJÖ

Grönytor för god ljudmiljö

Jens Forssén & Laura Estévez Mauriz, Teknisk akustik, Chalmers

INLEDNING

Denna rapport berör olika akustiska effekter av grönytor, främst med avseende på fasader och tak. Även låg skärm med vegetation berörs. Mer information och fördjupning ges i en översiktsartikel [1] och en broschyr [2]. För mer omfattande fördjupning finns även en handbok [3]. Dessa referenser behandlar även den ljudreducerande effekten av gräsmattor över längre avstånd samt den möjliga effekten av täta/tjocka (ogensomsiktliga) trädbälten.

I avsnittet nedan ges en allmän beskrivning av de akustiska effekterna, följt av skisser på förslag för pilotstudierna Årstastråket/Bolidenvägen och Solvalla i Stockholm. Därefter beskrivs en modellstudie med absorberande vegetationsfasader för ett bostadsområde med ett rutnät av kvarter och gator.

AKUSTISK EFFEKT AV GRÖNA LÖSNINGAR

De data som ligger till grund för beskrivningen baseras i de flesta fall på beräkningar för ett växtsubstrat med 200 mm tjocklek som har en god akustisk absorptionsförmåga (se [1]). Observera att det inte är det *gröna* i växtligheten som ger de akustiska fördelarna, utan det porösa substratet. Detsamma gäller gräsmattor, d.v.s. det är den porösa marken under det gröna som ger akustiska fördelar. Liknande är det för buskage, under vilka man kan ha en akustiskt fördelaktig porös mark. För fasader kan ett alternativ, som är akustiskt likvärdigt, utgöras av en klätterväxt framför ett absorberande fasadmateriäl, t.ex. en vinranka utanpå en perforerad plåt med bakomliggande mineralull.

De skattade trafikbullerminskningarna som exemplifieras här kommer i de flesta fall från broschyren som gavs ut av EU-projektet HOSANNA [2]. Om inget annat anges, avses minskning av den A-vägda nivån för buller från vägtrafik i 50 km/h, med 5 % tunga fordon. De flesta resultaten är baserade på beräkningar, och då har validerade metoder använts. Beskrivande litteratur utgörs av en översiktsartikel [1], en broschyr [2] och en handbok [3].

En fasad med ett monterat lager växtsubstrat (200 mm) ger akustisk absorption. Effekten ökar för situationer där många reflektioner annars ger betydande bidrag till ljudnivån, t.ex. smala och höga stadsgator, d.v.s. huskroppar som är relativt höga (i förhållande till gatubredden), placerade på båda sidor, eller en innergård med omgivande relativt höga huskroppar. För en innergård med preparerade fasader kan man förvänta sig en reduktion på cirka 4 dB [2]. I gatumiljön ger preparerade fasader en effekt som begränsas till cirka 2–3 dB på grund av inverkan från trafikens direktljud [2]. När det är öppningar till innergårdar, kan man förvänta sig

Datum: 2017.11.14

Kontaktperson: Jens Forssén

Telefon: 0766 334468

E-mail: jens.forssen@chalmers.se

en effekt på upp till 4 dB, för en 3 m bred öppning, av att preparera fasaderna på båda sidor av öppningen [2]. För bredare öppningar minskar effekten. Med avseende på placering och täckningsgrad, är det generellt bättre att koncentrera de preparerade fasadytorna till lägre våningsplan än högre, om bullerkällorna är i markplan. Om sedan täckningsgraden minskas, minskar också reduktionen. (Se exemplet nedan från modell-studien med gröna fasader.)

Beräkningar för gröna tak, med en substrattjocklek på 100 mm, ger reduktioner på 2–8 dB beroende på geometri. För samtliga fall antas att det inte är öppningar i fasaderna eller andra vägar för ljudet än över taket. Grovt sett kan man skatta effekten till cirka 3 dB för ett platt tak och något mer för sadeltak.

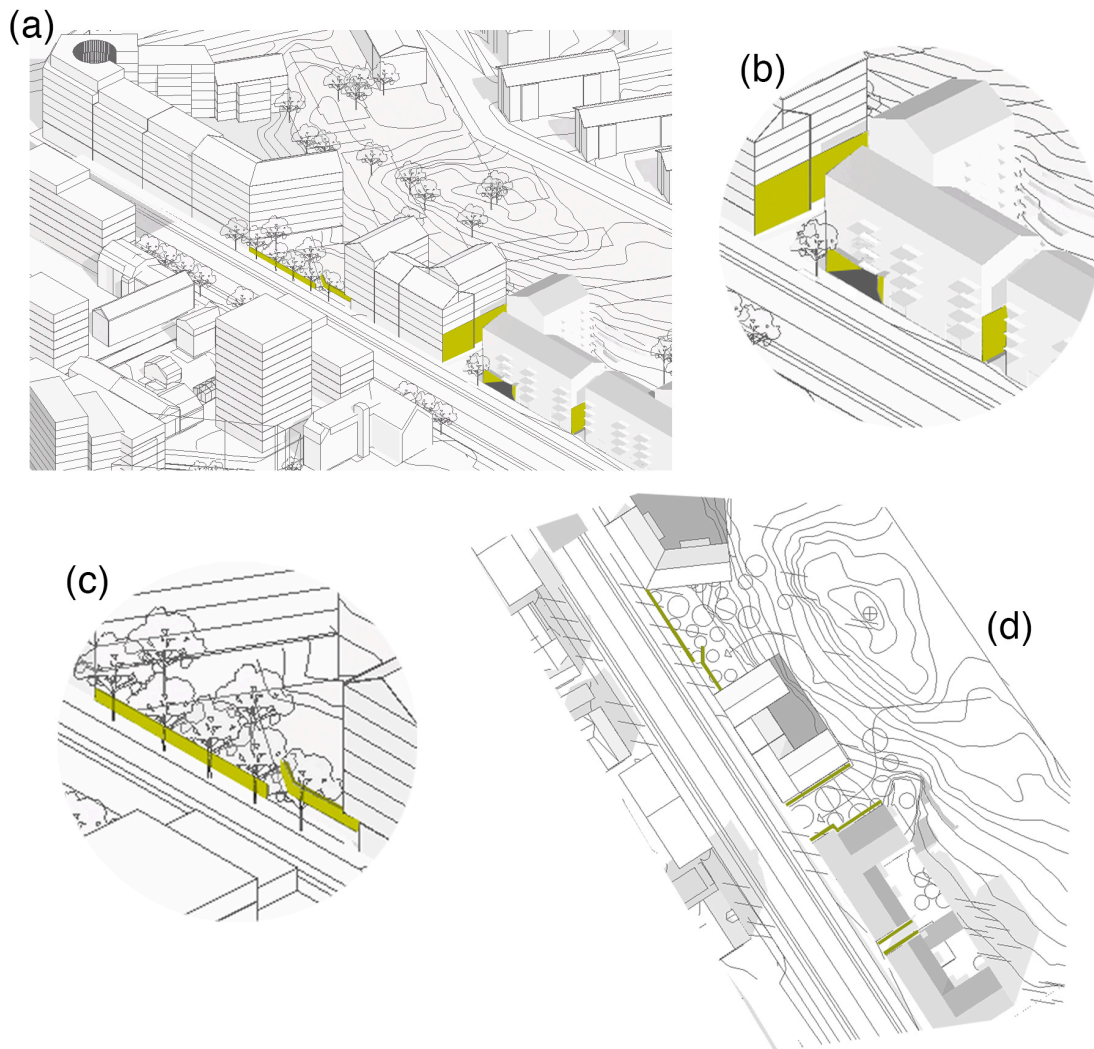
En skärm med höjd 1,2–1,4 m förväntas ge en minskning av trafikbullrets A-vägda nivå med cirka 4 dB eller mer för personer som vistas i markplan (se [4]). Med minskad inverkan från reflexer i omgivande fasader kan effekten av skärmen förbättras. Det är akustiskt fördelaktigt om skärmen har absorberande ytor, t.ex. med substrat för vegetation. En hård kärna i skärmen behövs för att stoppa ljud från att gå igenom skärmen.

För samtliga av dessa åtgärder, dämpas det lågfrekventa (dova) bullret mindre än det högfrekventa. Detta har visat sig minska den *upplevda* förbättringen något. För det omvända fallet, t.ex. när gräs under spårvagn ger minskat gnisselljud, kan man få en upplevd förbättring som överstiger den man annars skulle anta från reduktionen mätt i antal dBA.

FÖRSLAGSSKISSER FÖR PILOTEN ÅRSTASTRÅKET/BOLIDENVÄGEN

För östra sidan av Bolidenvägen har vi tagit fram några initiala förslag som kan utgöra inspiration till lösningar. Det som här föreslagits är en låg skärm och absorberande fasadelement med vegetation, med syfte att minska ljudet från trafik på Bolidenvägen (se figur 1). Den optimala placeringen och omfattningen av de gröna lösningarna beror på flera faktorer. Modellstudien för fasadvegetation, som beskrivs nedan, kan ge ytterligare vägledning. Med hjälp av mjukvara för bullerberäkningar kan akustikkonsulter jobba vidare och hitta anpassade lösningar.

I Appendix A finns akustiska absorptionsdata för ett växtsubstrat, som kan vara användbara vid dessa typer av bullerberäkningar.



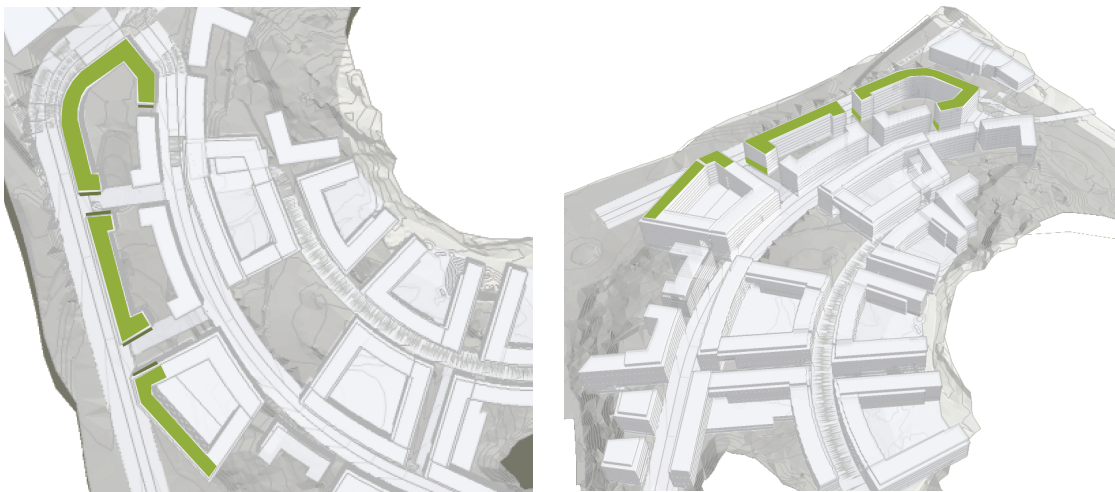
Figur 1. Initiala förslag på gröna akustiska lösningar på östra sidan av Bolidenvägen, Stockholm. (a) översiktsbild; (b) gröna fasader (observera att absorbenter kan göra nytta på garageinfartens vägg- och takytor); (c) låg skärm; (d) låg skärm och gröna fasader i planvy.

FÖRSLAGSSKISSER FÖR PILOTEN SOLVALLA

Inom piloten Solvalla, som berör ljud från både vägar och markaktivitet vid närliggande Bromma Flygplats, har vi tagit fram ett initialt förslag med huvudsakligen gröna tak, kompletterat med absorberande fasadelement med vegetation (se figur 2).

Fokus ligger här på att minska bullret på innergårdarna. För att den bullerminskande effekten av de gröna taken ska göra nytta, behöver allt bullerbidrag till innergårdarna som inte går över taken hållas låga. Därför kan absorberande fasadytor behövas som dämpar reflexer i fasaderna och därmed tar ner ljudnivån. På liknande sätt som beskrivits ovan kan bullerberäkningsprogram användas för att jobba vidare och hitta anpassade lösningar för fasadytorna.

Beräkningar för gröna tak kräver mer avancerade modeller. För olika typfall finns beräkningar gjorda med en vågbaserad modell (se [2,3,5]). För typisk gatutrafik och platta tak är slutsatsen att man kan förvänta sig cirka 3 dB minskning för en substrattjocklek på 100 mm. Man kan göra en grov uppskattning av effekten genom att i bullerberäkningen dämpa de bidrag som kommer över taken med den förberäknade effekten (från [5]) och sedan lägga ihop alla bidrag, för de utvalda punkterna på fasad och uteplats.



Figur 2. Initialt förslag på gröna akustiska lösningar för tak och fasader för pilot Solvalla. I planvyn (vänster) markeras gröna fasader på första våningsplan som gröna streck.

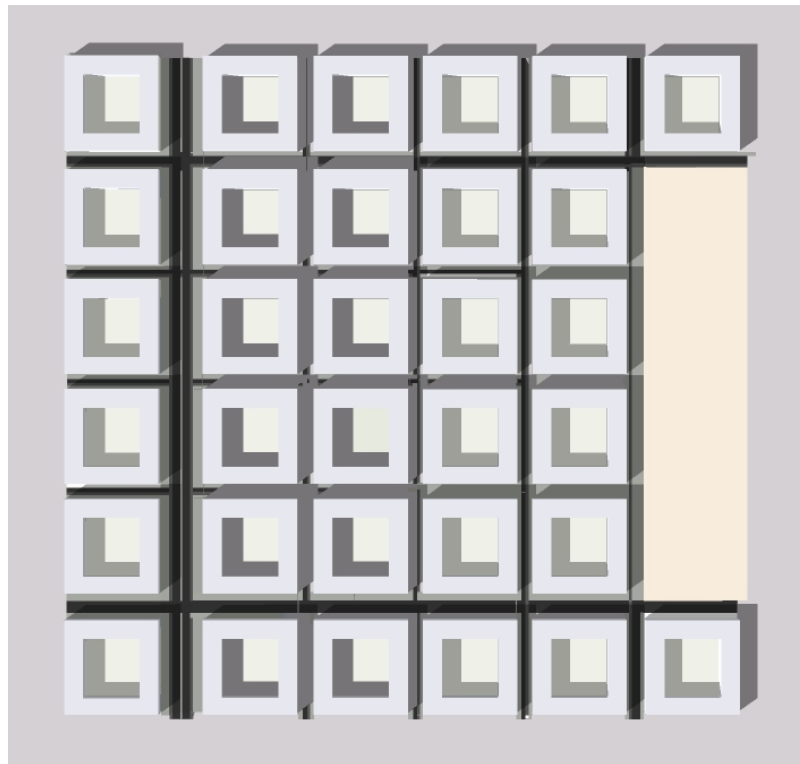
MODELLSTUDIE MED GRÖNA FASADER

För ett bostadsområde där trafiken huvudsakligen är lokaliserad till utkanterna kan man förvänta sig att akustiskt absorberande fasader ger mer effekt längre in i området. Bidragen till ljudnivån från högtrafikerade vägar i områdets utkant har till stor del fasadreflekterats ett flertal gånger innan de når de inre delarna. Därmed kan dessa bidrag bli av med en betydande del av energin när fasadernas reflexer minskas i styrka genom absorption.

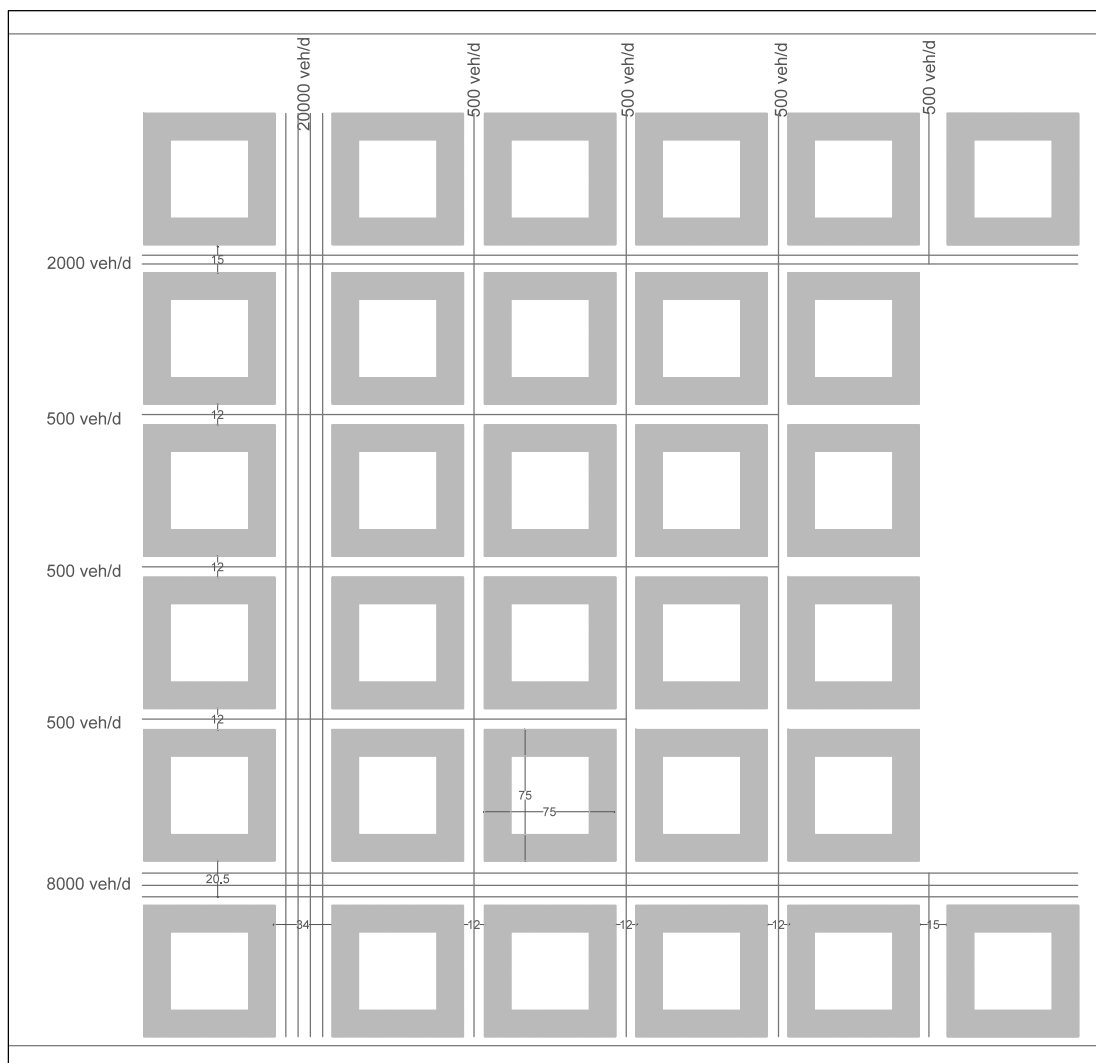
Kvartersstrukturen som visas i figur 3 har använts för att skatta inverkan av vegetationsfasader med akustiskt absorberande substrat. De akustiska absorptionsdata som använts är

enligt bilagd tabell (Appendix A), för en täckningsgrad på 80 %, med 20 % fönsteryta. Beräkningarna är gjorda med programvara för bullerkartläggning*, med upp till fem reflexer. figur 4 visar de vägtrafikflöden som utgör bullerkällor samt måtten i geometrin. Hastigheten är 50 km/h och andelen tunga fordon är 5 %. (Övriga modelldata finns i Appendix B.) Figur 5 visar minskningen i ljudnivå (LAEq,24h) på fasad för de tre våningsplanen, när man har vegetationsfasad på alla våningar (plan 1–3). Man kan se att effekten uppgår till 2–3 dB i det inre av området, längs ett flertal fasader på alla våningsplan. Punktvis uppgår effekten till 3–4 dB. I kvarterens hörn är resultaten generellt lägre, vilket beror på ökad inverkan av direktljud från vägtrafiken. För vegetationsfasad på enbart bottenvåningen (plan 1) uppnås en effekt på 2–3 dB för samtliga våningsplan men i mindre utsträckning på plan 3. I medeltal för alla mottagarpunkter på fasad är effekten cirka 1 dB. (1,1 dB för vegetation på plan 1–2, eller plan 1–3, och 0,9 dB för vegetation på plan 1.) En ytterligare testberäkning gjordes för vegetation på enbart nedre hälften av bottenvåningens fasad, d.v.s. med en höjd på cirka 1,5 m. Då blev den bullerminskande effekten 0,7 dB som medelvärde för alla våningsplan och 0,9 dB för plan 1.

Om man har förhållandevis ännu mindre trafikflöden in i området, kan man förvänta sig större effekt av vegetationsfasader. I det tidigare projektet Stadens ljud, beräknades för ett fall exempel en effekt strax över 4 dB [6].

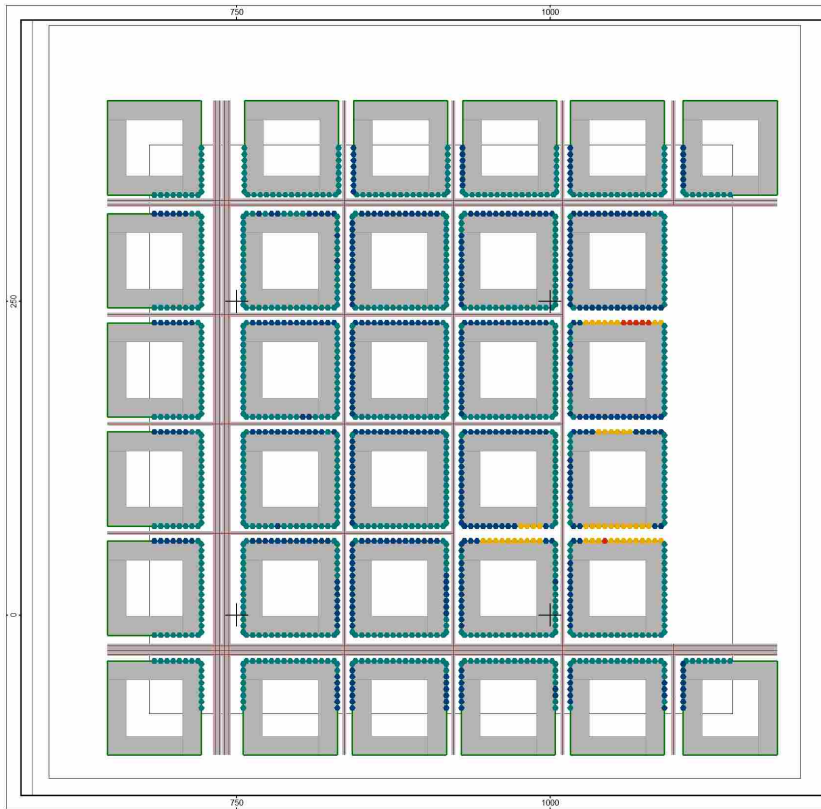


Figur 3. Kvarter och gator för modellstudiens bostadsområde (vy uppifrån).



Figur 4. Ritning av bostadsområdet i planvy med trafikflöden angivna som antal fordon per dygn (veh/d).

*Soundplan (version 7.3 & 7.4); meteorologiska förhållanden: relativ luftfuktighet 70 %, temperatur 8°C, ingen vind; vägyta: tät asfaltbetong med stenstorlek upp till 11 mm, två år gammal.



C:\Users\STAFF\Documents\Soundplan_all\Laura soundplan projects\c_o_city\urban configurations\1_diff_ref_allveg_GF.aps

Project: c/o city Urban configurations

Difference map 1

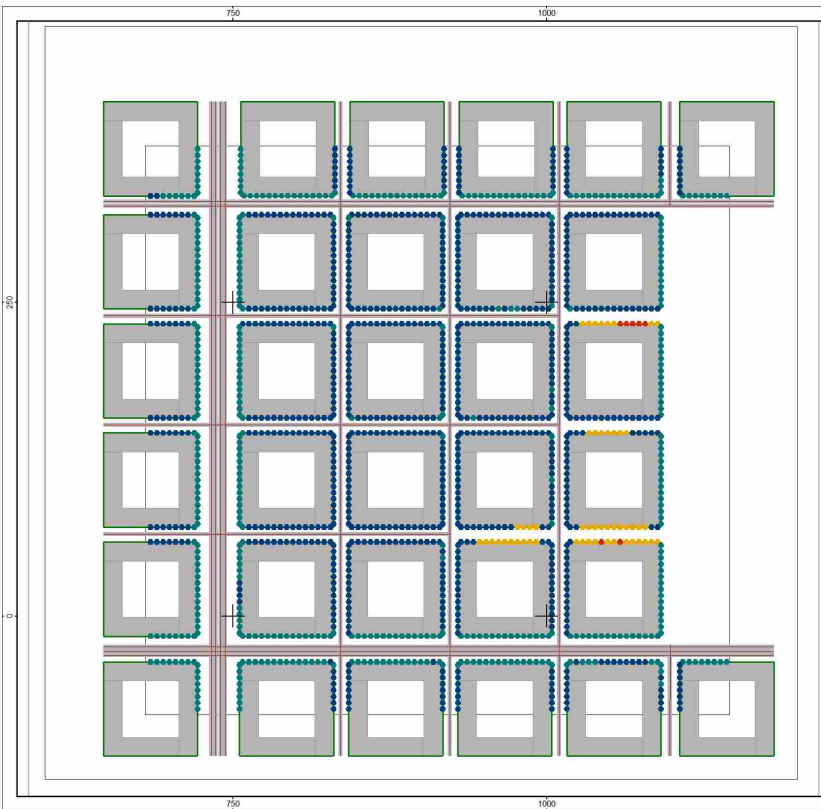
Difference map
Reference facade - All vegetated facade

Ground floor
5 refl. order
facade receivers at: 0.035 m from facade and 0.005 m from barrier

Processed with SoundPLAN 7.3, Update 2015-11-18

Levels <LAeq> in dB(A)	Signs and symbols
<ul style="list-style-type: none"> < 0 0 - 1 1 - 2 2 - 3 3 - 4 >= 4 	<ul style="list-style-type: none"> — Emission line ■ Surface ■ Main building — Wall □ Noise calculation area
	<p>Facade Noise Map</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Facade point <p>Facade map operati</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Facade point ○ Facade point with con ○ Free field point ○ Free field point with c

Length scale 1:2316
0 20 40 80 120 160 m



C:\Users\STAFF\Documents\Soundplan_all\Laura soundplan projects\c_o_city\urban configurations\2_diff_ref_allveg_F1.aps

Project: c/o city Urban configurations

Difference map 2

Difference map
Reference facade - All vegetated facade

Floor 1
5 refl. order
facade receivers at: 0.035 m from facade and 0.005 m from barrier

Processed with SoundPLAN 7.3, Update 2015-11-18

Levels <LAeq> in dB(A)	Signs and symbols
<ul style="list-style-type: none"> < 0 0 - 1 1 - 2 2 - 3 3 - 4 >= 4 	<ul style="list-style-type: none"> — Emission line ■ Surface ■ Main building — Wall □ Noise calculation area
	<p>Facade Noise Map</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Facade point <p>Facade map operati</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Facade point ○ Facade point with con ○ Free field point ○ Free field point with c

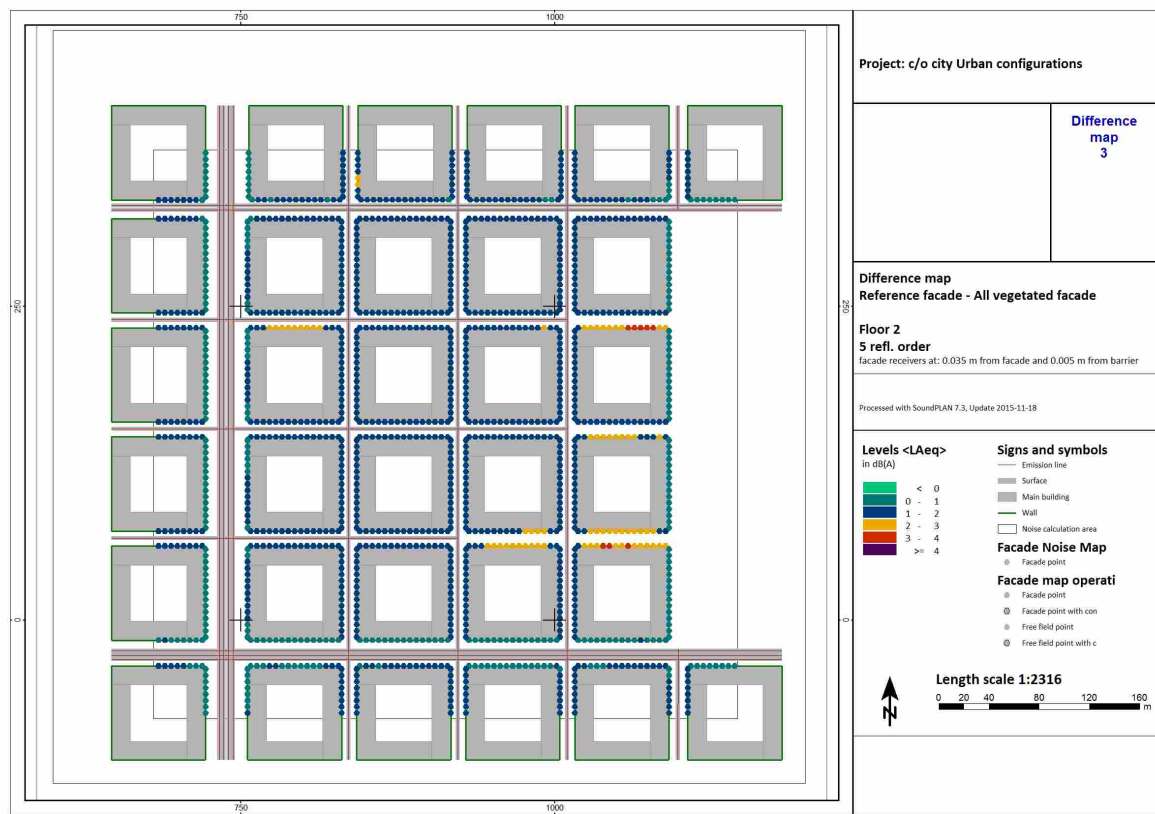
Length scale 1:2316
0 20 40 80 120 160 m

Datum: 2017.11.14

Kontaktperson: Jens Forssén

Telefon: 0766 334468

E-mail: jens.forssen@chalmers.se



Figur 5. Minskningen i ljudnivå (LAEq,24h), för vegetationsfasad på alla våningsplan (överst: fasadnivåer på plan 1, *mitt*: fasadnivåer på plan 2, *nederst*: fasadnivåer på plan 3).

SLUTSATSER

Effekter av akustiskt absorberande grönytor har skattats för några typer av fall inom projektet C/O City. Beräknade resultat från litteraturen har använts för att exemplifiera inverkan enligt följande.

- Smalt gaturum med gröna fasader: 2–3 dB
- Innergård med grönt platt tak: 3 dB
- Innergård med gröna fasader: 4 dB
- Låg vegetationskärm: 4 dB

För gräsmattor och trädbälten, se litteraturhänvisning.

De exemplifierade typerna av åtgärder har använts inom C/O City pilotprojekt för inspirerande initiala förslag. För pilotprojektet Årstastråket/Bolidenvägen illustrerades förslag med låg skärm och med absorberande vegetationselement på fasadytor och för pilotprojektet Solvalla illustrerades förslag med absorberande vegetationselement på fasadytor samt gröna tak.

En beräkningsstudie med gröna fasader på trevåningshus genomfördes för ett modellområde med ett rutnät av vägar och bostadskvarter, där de inre vägarna har mindre trafik. Resultaten indikerar att man i det inre av området kan uppnå en minskad ljudnivå från trafiken på cirka 3 dB för stora delar av fasadytorna för samtliga våningsplan med undantag för hörnen där effekten blir lägre.

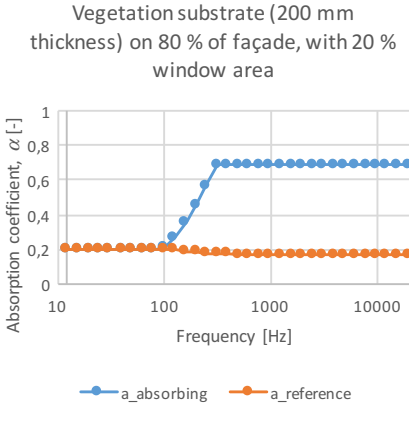
REFERENSER

- [1] Timothy Van Renterghem, Jens Forssén, Keith Attenborough, Philippe Jean, Jerome Defrance, Maarten Hornikx, Jian Kang. Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors, *Applied Acoustics*, Volume 92, May 2015, Pages 86-101, ISSN 0003-682X.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X15000067>
- [2] Nilsson, M., Klæboe, R., Bengtsson, J., et al. NOVEL SOLUTIONS FOR QUIETER AND GREENER CITIES. Stockholm, 2013.
<http://publications.lib.chalmers.se/publication/208780-novel-solutions-for-quieter-and-greener-cities>
http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/208780/local_208780.pdf
- [3] Nilsson, M., Bengtsson, J., Klæboe, R. (Eds.) *Environmental Methods for Transport Noise Reduction*. CRC Press 2014, Print ISBN: 978-0-415-67523-9, eBook ISBN: 978-1-4822-8877-3.
- [4] Forssén, J., Estévez Mauriz, L., Torehammar, C. & Jean, P. (2016) A low-height acoustic screen in a setting with an urban road: measured and predicted insertion loss. *INTER-NOISE 2016, 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering*.
<http://pub.dega-akustik.de/IN2016/data/articles/000607.pdf>
- [5] Hornikx, M., Smyrnova, Y., Van Renterghem, T., Cheal, C., Kang, J., Acoustic simulation tools for urban streets, squares and road-side courtyards integrating vegetation, FP7 HOSANNA Deliverable 5.3, 2012. <http://www.greener-cities.eu>
- [6] Hellström, B., Torehammar, C., Malm, P. Grundfelt, G. *Stadens Ljud – Akustisk design & hållbar stadsutveckling*, Rapport TYRÉNS AB, 2013.

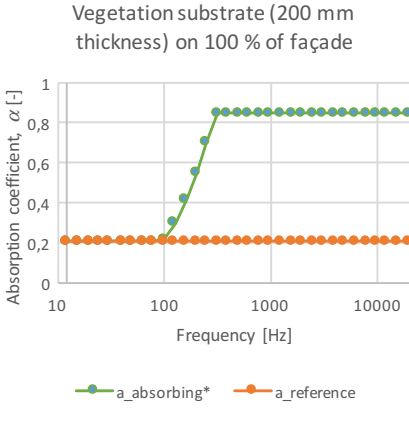
APPENDIX A: Akustiska absorptionsdata för fasad med växtsubstrat

Absorption coefficient, α [-] (fraction of acoustic power that is absorbed at reflection)				
Frequency [Hz]	20 % window area		No windows	
	$\alpha_{\text{absorbing}}$	$\alpha_{\text{reference}}$	$\alpha_{\text{absorbing}}^*$	$\alpha_{\text{reference}}$
12	0.2	0.2	0.21	0.21
16	0.2	0.2	0.21	0.21
20	0.2	0.2	0.21	0.21
25	0.2	0.2	0.21	0.21
31	0.2	0.2	0.21	0.21
40	0.2	0.2	0.21	0.21
50	0.2	0.2	0.21	0.21
63	0.2	0.2	0.21	0.21
80	0.2	0.2	0.21	0.21
100	0.21	0.2	0.22	0.21
125	0.27	0.2	0.3	0.21
160	0.36	0.19	0.42	0.21
200	0.46	0.19	0.55	0.21
250	0.57	0.18	0.7	0.21
315	0.69	0.18	0.85	0.21
400	0.69	0.18	0.85	0.21
500	0.69	0.17	0.85	0.21
630	0.69	0.17	0.85	0.21
800	0.69	0.17	0.85	0.21
1000	0.69	0.17	0.85	0.21
1250	0.69	0.17	0.85	0.21
1600	0.69	0.17	0.85	0.21
2000	0.69	0.17	0.85	0.21
2500	0.69	0.17	0.85	0.21
3150	0.69	0.17	0.85	0.21
4000	0.69	0.17	0.85	0.21
5000	0.69	0.17	0.85	0.21
6300	0.69	0.17	0.85	0.21
8000	0.69	0.17	0.85	0.21
10000	0.69	0.17	0.85	0.21
12500	0.69	0.17	0.85	0.21
16000	0.69	0.17	0.85	0.21
20000	0.69	0.17	0.85	0.21

Vegetation substrate (200 mm thickness) on 80 % of façade, with 20 % window area



Vegetation substrate (200 mm thickness) on 100 % of façade



*Absorption data, 200 mm thick substrate (for vegetation) mounted in front of facade wall, from Ref. [1], modified for more general applicability as follows. Data from Ref. [1], in the frequency range 50–2000 Hz, is extrapolated to lower frequencies and, for frequencies ≥ 315 Hz, the mean value over 315–1600 Hz is used. Also, the absorption layer of the substrate is assumed to not reduce the total absorption to a value less than that of the behind placed reference facade, which here has 1 dB loss (see below).

To mix in 20 % of window area, data from Cox & D'Antonio [2] is used ("Double glazing, more than 3 mm spacing"):
 $f=[125\ 250\ 500\ 1000\ 2000\ 4000]$
 $\alpha_{\text{window}}=[0.15\ 0.05\ 0.03\ 0.03\ 0.02\ 0.02]$

The reference facade, without window area, corresponds to 1 dB loss: e.g. SoundPlan's "smooth facade of a building": 1 dB loss (i.e. $\alpha=0.206$)

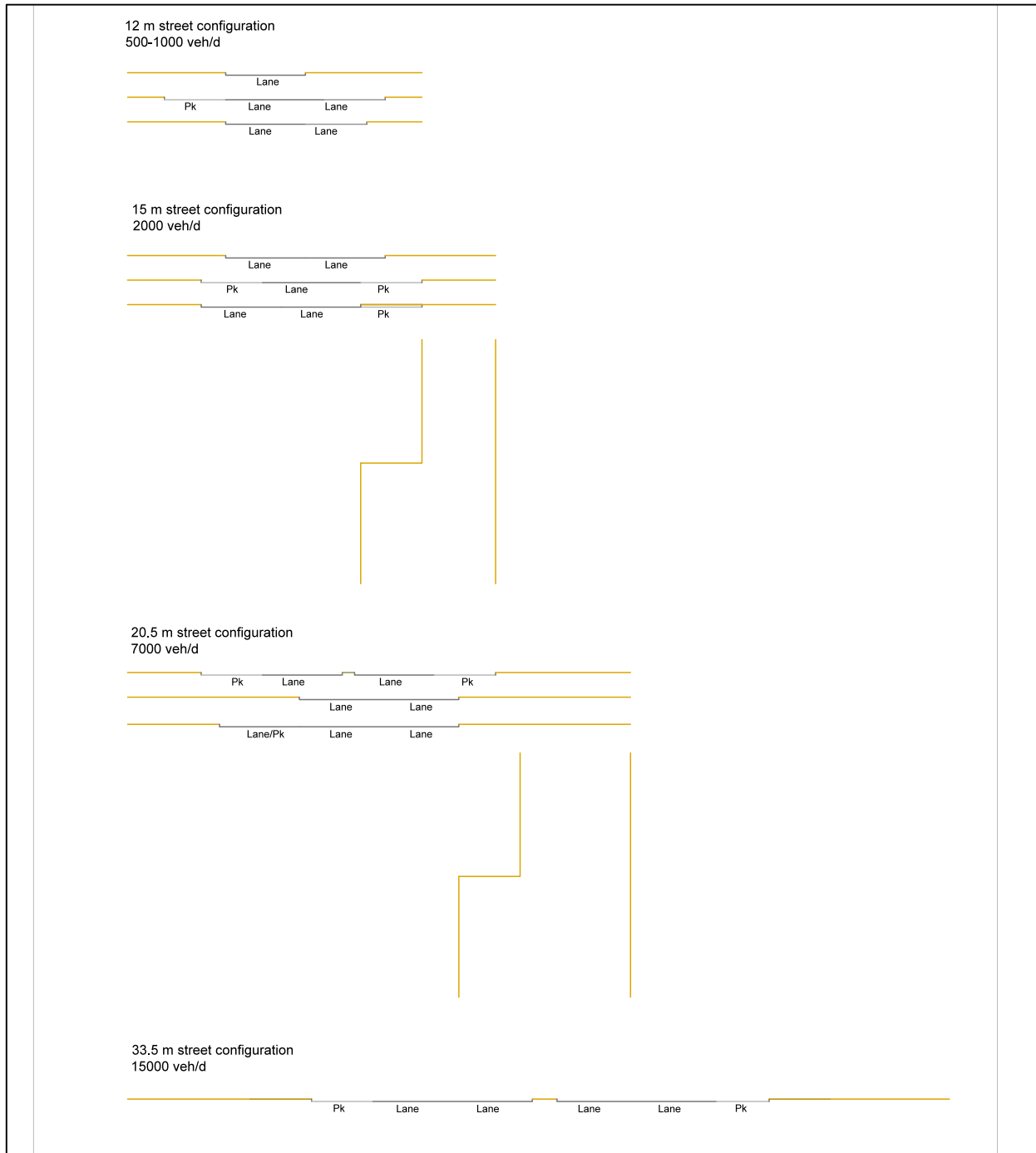
[1] Timothy Van Renterghem, Jens Forssén, Keith Attenborough, Philippe Jean, Jerome Defrance, Maarten Hornikx, Jian Kang, Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors, Applied Acoustics, Volume 92, May 2015, Pages 86-101, ISSN 0003-682X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.01.004>, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X15000067>

[2] Trevor J. Cox, Peter D'Antonio. Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application. CRC Press, 27 Feb 2004.

APPENDIX B: Ytterligare indata till modellstudien

Utgående från ritningen i figur 4 med trevåningshus (totalhöjd 9 m, husbredd 15 m) kan man beräkna exploateringsgrad GSI och FSI. Ground space index (GSI), kvoten mellan byggnadens fotavtryck och markytan, blir 0.45 och Floor space index (FSI), kvoten mellan den totala golvytan och hela markytan, blir 1.34.

Figur B1 nedan visar ritningar av olika vägytelösningar i tvärsnitt. Yta benämnd "Pk" kan vara cykelbana, terrass eller parkering. Parkering behöver inte vara kontinuerlig längs gatan, vilket illustreras med variabel bredd i planvy.



Figur B1. Ritningar för val av lösningar för vägytan inom modellområdet.