



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R2:1977

676

**Ljudisolering hos fasad-
konstruktioner i befintlig
bebyggelse**

Byggnadsstatik

Lars Nordlund

Byggforskningen

R2:1977

LJUDISOLERING HOS FASADKONSTRUKTIONER
I BEFINTLIG BEBYGGELSE

Lars Nordlund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
750077-9 från Statens råd för byggnadsforskning till
IFM-Akustikbyrån AB, Göteborg.

UDK 534.6
69.022.3

Nyckelord:
akustiska mätningar
fasadkonstruktioner
fönster
ljudisolering
trafikbuller
mätmetoder
datoranpassade metoder

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm
ISBN 91-540-2641-5

LiberTryck Stockholm 1977

<u>INNEHÅLL</u>	
<u>BETECKNINGAR</u>	3
<u>BAKGRUND</u>	4
<u>MÄTSYSTEM</u>	5
BAKGRUND TILL UTFORMNINGEN	5
BESKRIVNING AV MÅTAPPARATUREN	6
Instrumentförteckning	6
Brusgenerator	6
Effektförstärkare	6
Högtalare	7
Roterande mikrofon	7
Förförstärkare	7
Övrig utrustning	8
TEST AV MÄTSYSTEMET	9
Laboratoriemätningar	9
Fältmätningar	13
Slutsatser	17
<u>FÄLTMÄTNINGAR AV FASADERS LJUDISOLERING</u>	18
MÅTOBJEKT	18
MÅTRESULTAT	20
KOMMENTARER TILL MÅTRESULTATEN	28
Allmänt	28
Inverkan av fasaden	29
Tätning	29
Sammanställning ΔL_A (uppmätt)	30
Mått på ljudisolering mot trafikbuller	30
SLUTSATSER	32
<u>REFERENSER</u>	33
SAMMANFATTNING	34

BETECKNINGAR

A_M	Mottagarrummets absorptionsmängd i m^2
I_a	Index för luftljudsisolering, dB
ΔL_A	Skillnad mellan utomhusnivå i fritt fält och inomhusnivå för ett normerat bostadsrum, dB(A).
$\Delta L_A(50)$	ΔL_A beräknad med ett utomhusspektrum som antas gälla vid 50 km/h
$\Delta L_A(90)$	ΔL_A beräknad med ett utomhusspektrum som antas gälla vid 90 km/h
$\Delta L_A(HJ)$	ΔL_A beräknad med utomhusspektrum enligt [8]
$\Delta L_A(\text{uppmätt})$	ΔL_A beräknad som differensen mellan utomhusnivå och inomhusnivå vid reduktionstalsmätningarna.
L_p	Ljudtrycksnivå, dB re $2 \cdot 10^{-5}$ Pa
$L_{p \text{ ute}}$	Ljudtrycksnivå invid fasad utomhus
$L_{p \text{ inne}}$	Ljudtrycksnivå i mätrum
L_{p10}	Ljudtrycksnivå normerad till $10 m^2$ absorption
R^*	Reduktionstal, dB
R_m	Medelreduktionstal, dB
S	Area, m^2
V	Volym, m^3

BAKGRUND

Vägtrafiken är den bullerkälla som föranleder mest klagomål vad gäller bullersituationen i bostäder. Fastare bedömningsnormer för vägtrafikbuller har kommit ett steg närmare i och med trafikbullerutredningens betänkande [1]. En strikt tillämpning av där föreslagna immissionsgränsvärden medför stora kostnader för samhället speciellt i den befintliga tätortsbebyggelsen. Missbedömningar i beslutsunderlaget kan ha omfattande ekonomiska konsekvenser.

En av de åtgärder mot trafikbullret som är aktuella är byte till bättre ljudisolerande fönsterkonstruktioner. Ett tämligen gott mätunderlag finns när det gäller ljudisoleringen hos nya fönsterkonstruktioner. Däremot saknas i stor utsträckning sådana mätningar på fönsterkonstruktioner i äldre bebyggelse. Ett större mätmaterial från den äldre bebyggelsen är nödvändigt för att man säkrare skall kunna beräkna trafikbullernivåerna inomhus samt bedöma vilka effekter man kan få av fönsterbyten.

Den mätmetodik som utnyttjas vid fältmätningar av fönsters ljudisolering innebär att trafiken utnyttjas som bullerkälla varvid ekvivalentnivån inomhus och utomhus utvärderas under samma tidsavsnitt. Analysen utförs ofta i datorbaserade system i realtid simultant i samtliga frekvensband. För att göra mätningarna mer rationella är det önskvärt att ha en mer datoranpassad metod att uppmäta korrektionstermen för mottagarrummets absorption. Detta gäller i synnerhet för fältmätningar där mätlokalernas små volymer och deras många gånger odefinierade volym äventyrar noggrannheten i konventionella efterklangstidsmätningar.

Till den serie ljudisoleringsmätningar på fönster som ingår i detta projekt har testats en metod att bestämma korrektionstermen med hjälp av standardljudkälla och roterande mikrofon. Standardljudkällan består av en högtalare som placeras mot en vägg. Den roterande mikrofonen ger möjlighet att relativt snabbt erhålla en medelvärdesbildning i rummet.

MÄTSYSTEM

BAKGRUND TILL UTFORMNINGEN

Ljudisoleringsmätningar på fönsterkonstruktioner utförs vanligen så att simultana bandinspelningar görs av inomhus- och utomhusnivån för senare utvärdering. Vid användande av diskreta mikrofonpositioner i mätrummet används oftast fem positioner vid fältmätningar. Ett snabbare sätt att genomföra denna medelvärdesbildning i rummet är att använda sig av en roterande mikrofon. Detta ger med en lämpligt utformad mikrofonbana ett rumsmedelvärde med bättre noggrannhet än fem diskreta mikrofonpositioner.

För att i största möjliga utsträckning eliminera alla extra rutiner vid utvärderingen önskades en mätmetod för bestämning av rummens korrektionsterm som kunde utvärderas analogt med de inspelade trafikbullernivåerna. Metoden att utnyttja en standardljudkälla föreföll då lämpligast.

I ett tidigare arbete för Statens råd för byggnadsforskning [2] har redovisats fältförsök med metoden att direkt fastställa korrektionstermen vid isolationsmätningar genom att uppmäta de ljudtrycksnivåer som en fläktstandardljudkälla ger upphov till då den placeras i mottagarrummet. Man konstaterade då att om standardljudkällan placerades med stor konsekvens och stor noggrannhet tycktes ingen försämring av mätnoggrannheten behöva uppstå jämfört med den spridning av mätresultaten som kan uppstå genom den valfrihet som föreligger mellan skott och brusmetoden. Mätmetoden med standardljudkälla ger avsevärda tidsvinster i förhållande till övriga metoder.

Metoden att bestämma korrektionstermen med hjälp av standardljudkälla ingår i den amerikanska standarden för ljudisoleringsmätningar i fält [3] samt som rekommenderad metod för bestämning av absorptionsförändringar vid laboratoriemätningar [4]. Dessutom ingår metoden i ett ISO-förslag för fältmätning av luftljudsisoleringen hos fasader och fasadelement [5].

Till denna mätserie önskade vi utprova en standardljudkälla i form av en högtalare med litet djup som matas från en stabil effektförstärkare vars insignal ges från en digital brusgenerator. Med standardljudkällan monterad på en plan yta kommer den hela tiden på ett väl definierat och relativt litet avstånd från ytan vilket borde medföra små impedansvariationer.

BESKRIVNING AV MÄTAPPARATUREN

Instrumentförteckning

Pseudobrusgenerator	Egen konstruktion
Effektförstärkare	Egen konstruktion
Högtalare	Fischer planex
Roterande mikrofonstativ	Konstruerad vid Institutionen för byggnadsakustik Chalmers Tekniska Högskola
Mätmikrofon	Brüel o Kjaer 2619 + 4145
Förförstärkare	Egen konstruktion
Batteriaggregat	Brüel o Kjaer 2804
Bandspelare	Nagra IV S

Brusgenerator

På grund av de höga kraven på konstant nivå hos bruskillan har valts en konstruktion som alstrar ett så kallat pseudobrus. Pseudobrus är en digitalt genererad funktion som har samma egenskaper som elektroniskt brus. Pseudobrusets vågform är sammansatt av en serie skenbart slumpmässigt valda momentannivåer med gaussisk fördelning. Denna serie återupprepas med mycket lång periodicitet. Signalen erhålles från ett 32-stegs skiftregister som stegas med en bestämd fast klockfrekvens. Två av utgångarna förs till en så kallad en modulo -2- adderare vars utgång i sin tur levererar ingångssignalen till hela skiftregistret.

Utgångssignalen från skiftregistret består av en så kallad PN-sekvens dvs en signal som varierar mellan två fasta nivåer. Denna signal är inte i sig själv lämplig att påföra en förstärkare och högtalare varför den omvandlas till gaussiskt brus genom lågpasfiltrering av PN-signalen. Efter detta filter förs brussignalen till en kombination av lågpas- och högpasfilter vars uppgift bl.a är att begränsa signalnivån utanför det mätområde som är aktuellt.

Beroende på vilka gränsfrekvenser som väljs bildar det erhållna brusets ett linjespektrum med upplösningen $2,6 \cdot 10^{-4}$ Hz respektive $5,3 \cdot 10^{-5}$ Hz, vilket för de flesta användningsområden kan betraktas som ett kontinuerligt spektrum.

Effektförstärkare

Förstärkarenheten har följande data:

Matningsspänning $2 \times 30 \text{ V} \sim$
 Nominell utgångseffekt 70 W i 8 ohm
 Max utgångseffekt 100 W i 4 ohm
 Frekvensgång $20\text{-}20\ 000 \text{ Hz} \pm 0,5 \text{ dB}$
 Förstärkning 30 dB

Högtalare

Förutom kravet på en någorlunda jämn frekvensgång inom det för byggnadsakustiska mätningar intressanta området 80-4 000 Hz har högtalaren valts med tanke på att en konstruktion var önskvärd som gick att placera på ett väl definierat avstånd från den skiljevägg högtalaren placeras mot. En högtalare med ett litet djup i förhållande till övriga dimensioner valdes därför och testades. Denna högtalare har sedan använts vid de fortsatta mätningarna. Något försök till optimering med avseende på typ av högtalare har ej gjorts.

Roterande mikrofon

Mikrofonen har konstruerats vid Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för byggnadsakustik. Mikrofonstativet bygger på en princip som möjliggör en kontinuerlig mikrofonrörelse utan att mikrofonkabeln vrider sig. Med denna konstruktion utesluts således behovet av avancerade släpkontaktkonstruktioner. Mikrofonbommen är statiskt väl utbalanserad och kan härigenom drivas av en mycket svag synkronmotor vilket garanterar jämn gång. Mikrofonbanan kan inställas från en horisontell cirkel till en oregelbunden åtta med omloppstiden 60 s. Mikrofonstativet är isärtagbart och kan i särtaget tillstånd transporteras utan risk för skador. Mikrofonbommen är anpassad och utbalanserad för en förstärkare Brüel o Kjaer 2619 med 1" kapsel. I stativfoten kan inbyggas spänningsmatningsaggrat för mikrofonen vilket betyder att mätsignalen kan ledas till mätutrustningen via en skärmad enkelledare.

Förförstärkare

Förförstärkaren har två kanaler med vardera förstärkningen 40 till -30 dB. Förförstärkarnas dynamik är optimalt anpassad till Brüel o Kjaer mätmikrofon 2619 + 4145.

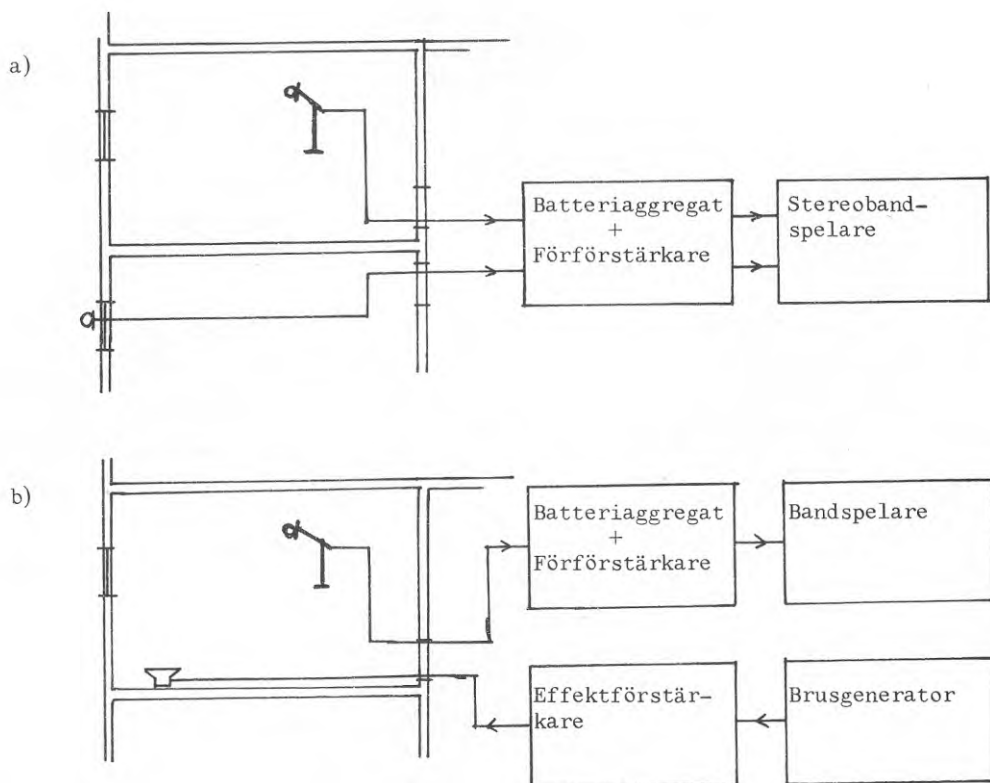
Tekniska data

Förstärkning:	+40 till -30 dB
Frekvensområde:	20 - 20 000 Hz \pm 0,5 dB
Ovägd brusnivå (1/3 oktav):	0 dB SPL
Vägd brusnivå:	20 dB(A)
Överstyrningsgräns:	134 dB SPL
Matningsspänning:	28 V
Strömförbrukning:	4 mA inklusive 2 st 2619

Förförstärkarens ena kanal är försedd med ett vägningsfilter 6 dB/oktav till förmån för högre frekvenser. Detta filter är avsett att kompensera för de ur mätsynpunkt ofördelaktiga bullerspektra som erhålles när trafikbuller passerat ett fönster. Utan detta filter är det omöjligt att uppnå tillfredsställande dynamik hos bullerinspelningar i samband med fönsterisoleringsmätning.

Övrig utrustning

Övrig utrustning för fältmätningarna är tillgängliga på marknaden och är av konventionell typ. Utvärderingar av ekvivalentnivåerna utomhus och inomhus samt från standardljudkällan har genomförts med parallellanalysator Brüel o Kjaer 3347 och minidator Varian 620.



Figur 1. Mätapparatur för

- a) inspelning av trafikbullernivåer.
- b) bestämning av korrektionsterm.

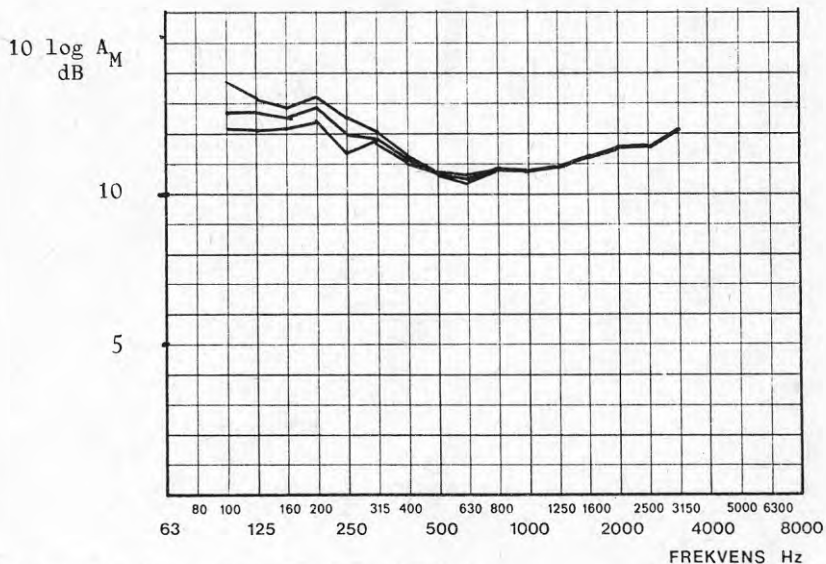
TEST AV MÄTSYSTEMET

Den enda enskilda komponenten som inte förelåg klar och funktionstestad innan projektet startade var högtalaren. Mätningar har därför utförts dels för att testa högtalaren dels för att studera noggrannheten hos mätmetoden. Mätningarna har utförts som laboratoriemätningar respektive fältmätningar i normalmöblerade boningsrum.

Laboratoriemätningar

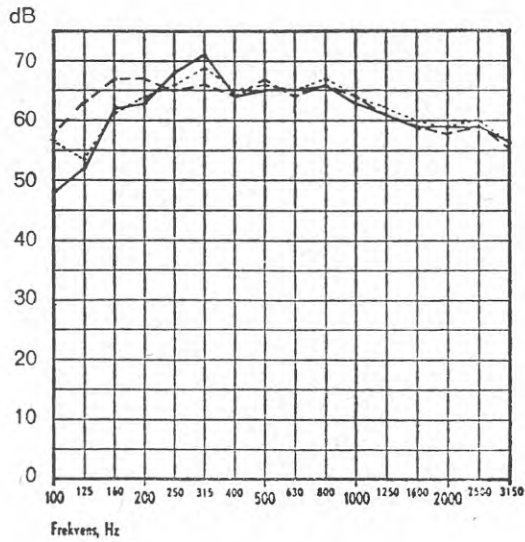
Mätserien omfattade spridningen i ljudtrycksnivå i efterklangsfältet vid olika placering av högtalaren och inverkan på ljudtrycksnivån från högtalaren då absorberer tillfördes osymmetriskt och på olika avstånd från högtalaren.

Mätningarna utfördes i det så kallade nedre transmissionslaboratoriet vid Institutionen för byggnadsakustik på Chalmers Tekniska Högskola. Mättrummet har en volym på 100 m^3 . Innan mätningarna genomfördes utfördes en noggrann efterklangstidsmätning med brusmetoden. Mätningarna utfördes i 5 mikrofonpositioner för vardera 3 högtalarpositioner. I figur 2 redovisas uppmätt absorptionsmängd med spridningen mellan de olika högtalarpositionerna.



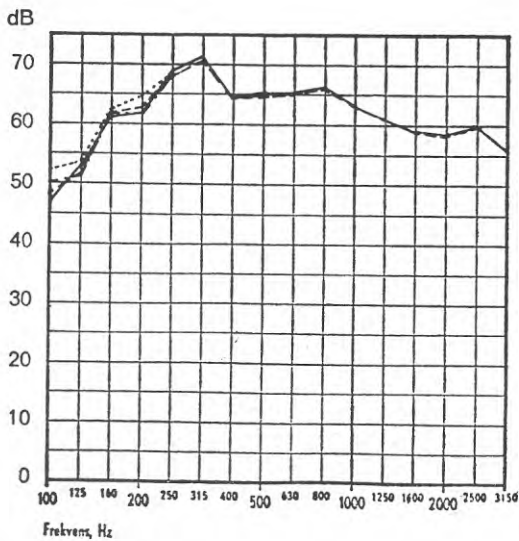
Figur 2. Absorptionsmängd i mätlokal.

Skillnaden i ljudtrycksnivån i efterklangsfältet vid placering av högtalaren mot vägg, i hörn respektive ute på golvet framgår av figur 3. Avsevärda variationer föreligger upp till ca 400 Hz.



Figur 3. Ljudtrycksnivå i efterklangsfältet vid olika placering av högtalare — på vägg (45 mm avstånd) - - - - i hörn 1,2 m från vägg.

Placeringen av högtalaren på en vägg har förutsatts i försöksuppläggnigen varför fortsättningsvis endast denna placering studerades.



Figur 4. Ljudtrycksnivå i efterklangsfältet då högtalaren placeras på olika höjd över golvet — 1,5 m, - - - 1,0 m, — · — 0,5 m, 0 m.

Ljudnivåns variation vid olika placering på väggen har uppmätts. Den aktuella väggen är ca 5 m bred och högtalaren placerades mitt på väggen på olika höjder över golvet. Såsom framgår av figur 4 blev variationerna vid olika höjd över golvet små och i de flesta fall helt obetydliga.

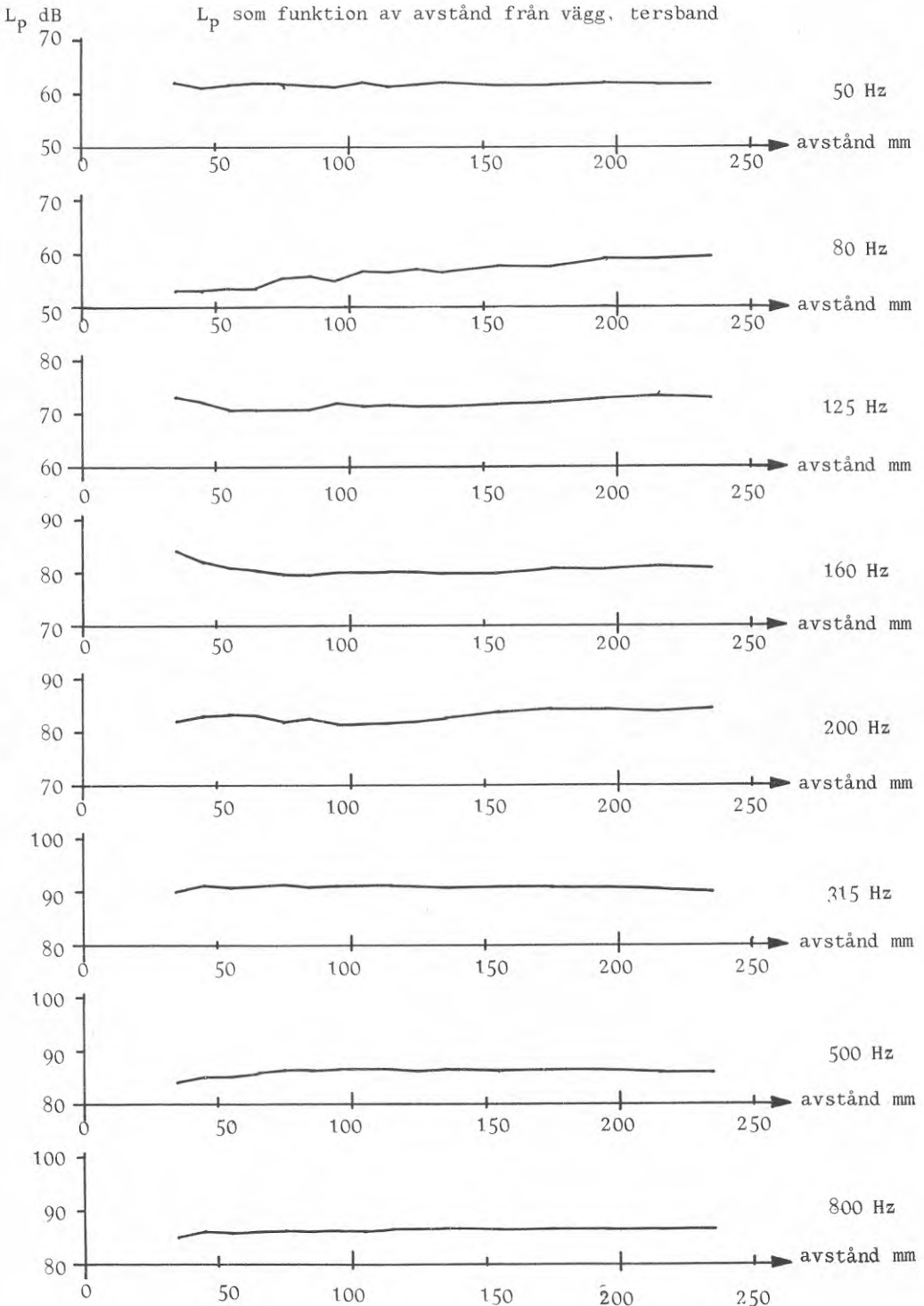
Efterklangsnivåns beroende av högtalarens avstånd från väggen testades därefter, resultaten redovisas i figur 5. Som väntat förekommer en del variationer i de lägsta tersbanden men från 315 Hz och uppåt är variationerna mindre än ± 1 dB. Vid de små variationer i avstånd som det i praktiken kan bli fråga om vid olika monteringar av högtalaren förefaller skillnaderna inte ge upphov till någon anmärkningsvärd försämring av noggrannheten.

Efter det att 3 m^2 mineralull placerats på mätlokalens golv varierades ånyo högtalarens höjd. Då höjden varierades från 0 m till 1 m som är den normala höjden varierade ljudtrycksnivån ganska måttligt för frekvenser över 200 Hz. (I allmänhet $\pm 0,3$ dB.) Variationerna i lågfrekvensen var betydligt större (Ex.vis ± 4 i 100 Hz-terzen.) Det bör emellertid observeras att i dessa variationer ingår den totala mätosäkerheten, varför resultaten tyder på att ändringar av mineralullens placering endast i ringa grad påverkat högtalarens uteffekt.

3 m^2 mineralull gav emellertid en ljudtrycksnivå som var ca 3 dB lägre än för tomt rum vid frekvenser över 400 Hz. Detta är ungefär dubbelt så stor effekt som kunde förväntas om ljudtrycksnivån antas minska med $10 \log A_M$.

Ur mätresultaten har också ljudtrycksnivån i efterklangsfältet vid en total absorptionsmängd av 10 m^2 beräknats. Beräkningen har gjorts dels utgående från uppmätta ljudtrycksnivåer samt efterklangstid i rummet, dels genom jämförelse med standardljudkälla av fläkttyp.

Resultaten redovisas i samband med utvärderingen av dessa värden från fältmätningarna.

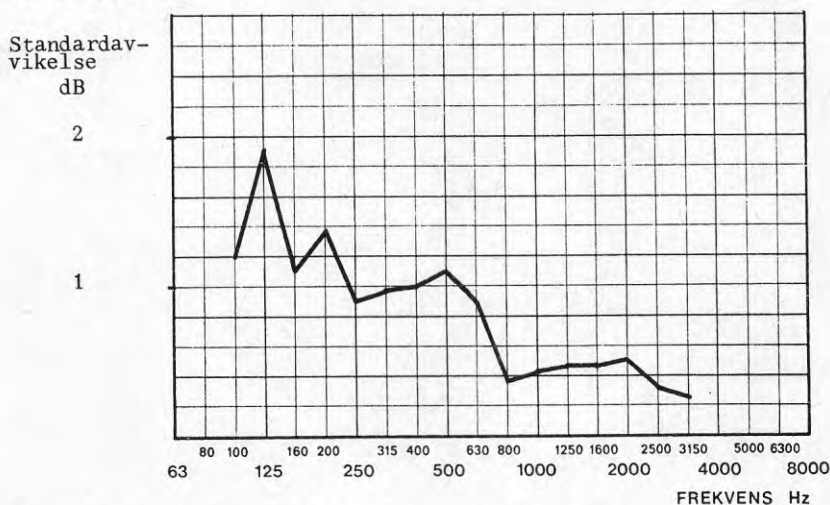


Figur 5. Ljudtrycksnivå i efterklangsfältet som funktion av högtalarens avstånd från väggen

Fältmätningar

Inför fältmätningarna monterades högtalaren på en ställning som gjorde det enkelt att applicera den mot väggen. En benställning av stål har konstruerats, där högtalaren kan vridas i förhållande till benen och låsas i valfritt läge. På baksidan av högtalaren har monterats fyra stöd som gör att den kommer parallellt med väggen och på konstant avstånd. Dessutom har högtalaren kompletterats med handtag och en del skydd för att minska risken för transportskador.

Innan fältmätningarna testades reproducerbarheten hos mätningarna genom att 10 stycken mätningar utfördes i ett rum med volymen 40 m^3 . Högtalaren placerades på 10 olika ställen. Standardavvikelsen redovisas i figur 6.



Figur 6. Standardavvikelse vid 10 upprepade mätningar i samma rum.

Fältmätningarna omfattade mätningar av efterklangstiden med brusmetoden samt mätningar med standardljuskällan av högtalartyp i normalmöblerade boningsrum i avsikt att dels få ett mått på spridningen i mätvärden relativt brusmetoden dels få fram referensljudtrycksnivåer för ett boningsrum med total absorptionsarea av 10 m^2 . Vid dessa utvärderingar av mätresultaten har mycket oregelbundna mätrum sorterats bort med tanke på svårigheterna att korrekt ansätta volymen vid beräkningen av A_M enligt brusmetoden. Därefter återstod 14 mätningar i rum med volymer som varierade mellan $19,5 \text{ m}^3$ och $58,8 \text{ m}^3$.

I inledningen av mätserien genomfördes mätningarna dels med tre olika positioner för högtalare och mikrofon dels med en position. En jämförelse mellan felen i förhållande till brusmetoden ger vid handen att tre positioner gav en mycket obetydlig förbättring av mätnoggrannheten. Samtliga mätningar genomfördes därefter med en högtalarposition och en mikrofonposition.

Ljudtrycksnivån i efterklangsfältet har för de tämligen likartade rum som undersökningen genomförts för samt där mätmetoden kommer att tillämpas antagits följande sambandet

$$L_p = L_{p10} - 10 \log \frac{A_M}{10}$$

Detta samband är förmodligen inte tillämpligt vid extrema värden på A_M varför alltför omfattande extrapolationen bör undvikas. Då variationen i A_M för normalmöblerade bostadsrum är tämligen liten förefaller det rimligast att beräkna L_{p10} (= ljudtrycksnivån i efterklangsfältet vid 10 m^2 absorptionsarea i mättrummet) utgående från mätningar i den aktuella rumstypen.

Följande referensnivåer L_{p10} har erhållits ur de 14 utvärderade mätningarna

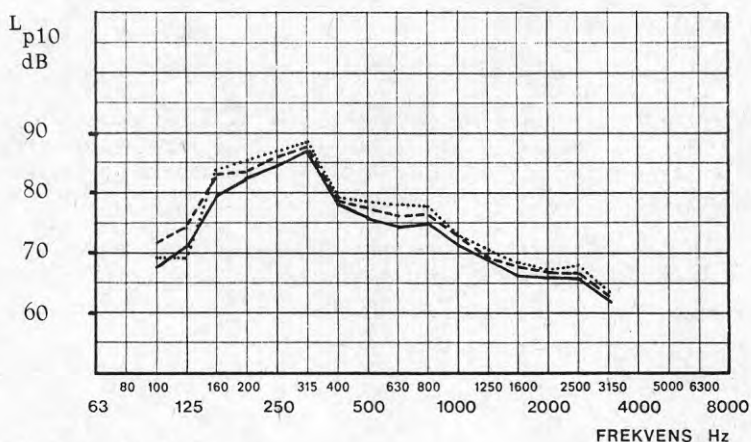
tersband mitt- frekvens Hz	L_{p10} dB re $2 \cdot 10^{-5}$ Pa
100	67,8
125	71,2
160	79,7
200	82,2
250	84,6
315	86,4
400	77,9
500	75,6
630	74,6
800	74,9
1000	71,2
1250	68,5
1600	66,1
2000	65,7
2500	65,5
3150	62,1

Mätvärdena avser en inspänning till högtalaren på 2,37 V med brusgeneratoren inställd på 80-4000 Hz, -6 dB/oktav.

Skillnaden mellan nivån i tersbanden 315 Hz och 400 Hz är så stor som 8,5 dB. Om man antar en absorptionsmängd som är dubbelt så stor i 400 Hz-bandet som i 315 Hz-bandet skulle skillnaden i ljudtrycksnivå närma sig 12 dB. Risken för att 315 Hz-bandet då skall påverka mätvärdet i 400 Hz-bandet har studerats.

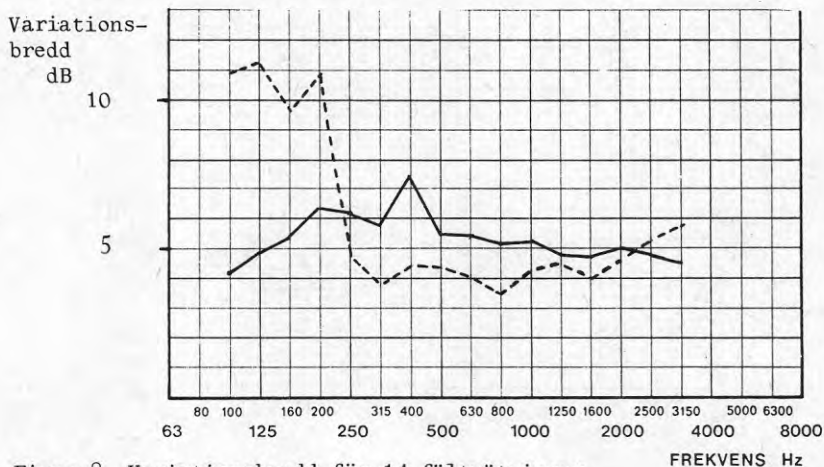
Med uppgiven filterkaraktäristik hos Brüel o Kjaers parallell-analysator 3347 samt med antagande av ett relativt kontinuerligt spektrum inom respektive tersband förefaller inverkan kunna vara ca 1 dB. I praktiken erhålles emellertid inte ett mätfel på 1 dB i 400 Hz-bandet så länge referensnivåer och mätvärden mäts med samma filter eftersom den intressanta storheten utgörs av skillnaden i ljudtrycksnivå.

I figur 7 jämförs dessa värden med de värden som beräknades ur laboratorieförsöken som utfördes i en lokal som i dessa sammanhang får sägas vara extrem så till vida att absorptionsmängden uppgick till ca 10 m^2 vid en rumsvolym på 100 m^3 .



Figur 7. L_{p10} beräknat ur:

- 14 fältmätningar
- - - - en laboratoriemätning
- jämförelse med fläktstandardljudkälla i lab.



Figur 8. Variationsbredd för 14 fältmätningar

- $10 \log A_M$ (brusmetod)
- - - - L_p (högtalare)

I figur 8 jämförs den totala variationsbredden för de 14 mätningarna för $10 \log A_M$ mätt med brusmetoden samt L_P mätt med högtalaren. Av kurvorna framgår att 100–200 Hz inte oväntat ger mycket stora variationer i L_P . För de två högsta tersbanden är variationerna i L_P något större än variationerna i $10 \log A_M$, vilket möjligen kan bero på högtalarens riktningsskaraktäristik.

För den största delen av mätområdet, 250 Hz–2000 Hz gäller att variationsbredden i L_P är mindre än variationsbredden i $10 \log A_M$. Detta antyder att giltighetsområdet för sambandet för L_P på sidan 14 är begränsat. Extrapolation till lokaler som avviker avsevärt från den lokaltyp som referensnivåerna är uppmätta för bör undvikas. Detta har verifierats vid några enstaka mätningar i stora relativt ljudhårda lokaler.

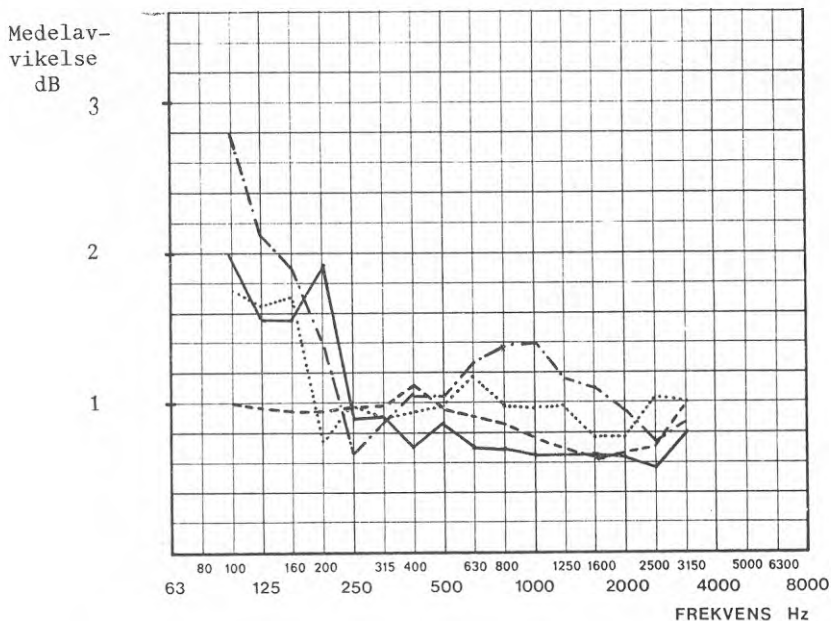
Jämförelse med andra mätmetoder

Medelavvikelsen tersbandsvis i förhållande till mätvärden enligt brusmetoden har beräknats för de 14 genomförda mätningarna. Dessa medelavvikelser framgår av figur 9 där även motsvarande avvikelser redovisas för följande mätmetoder:

En i [6] angiven metod att approximera absorptionsmängden till $0,32 \times$ volymen - oberoende av frekvensen

Skottmetoden enligt [2]

Fläkt- standardljudkälla enligt [2]



Figur 9. Medelavvikelser relativt brusmetoden

- Standardljudkälla - Högtalare
- $A_M = 0,32 \cdot V$
- · - · - · Skottmetoden
- Standardljudkälla - Fläkt

Vid de lägsta frekvenserna är de tre mätmetoderna ungefär likvärdiga. De beräknade frekvensoberoende värdena är där bäst. Anmärkningsvärt är att de beräknade värdena uppvisar ganska små avvikelser i förhållande till brusmetoden i hela frekvensområdet.

I större delen av frekvensområdet ligger standardljudkällorna bättre än skottmetoden. Högtalaren är därvid att föredra framför fläkten.

Den kvalitetsmässiga förbättringen genom att mäta upp absorptionsmängden jämfört med den enkla beräkningen tycks vara utomordentligt liten med tanke på skillnaden i arbetsinsats. Man bör emellertid ha i åtanke att de aktuella 14 mätrummen var relativt okomplicerade. Vid mera oregelbundna rumsformer och svårdefinierade rumsvolymer vid sammanhängande utrymmen bör det rimligtvis vara en fördel att använda en metod som ej kräver någon uppmätning av volymen, dvs mätmetoder med en standardljudkälla.

Slutsatser

En jämförelse med den spridning som erhålles genom den valfrihet som föreligger mellan skottmetoden och brusmetoden vid bestämning av ett rums korrektionsterm ger vid handen att den testade standardljudkällan tycks vara mycket användbar. Högtalaren ger bättre överensstämmelse med brusmetodens mätvärden än vad standardljudkällan av fläkttyp ger.

Bland fördelarna med denna mätmetod kan framhållas:

Analysen sker analogt med övrig utvärdering vid en reduktions-talsmätning.

Mätsystemet blir datoranpassat.

Kortare utvärderingstid.

Man undviker svårigheterna att ansätta rätt rumsvolym vid odefinierade volymer såsom sammanhängande utrymmen.

Några nackdelar finns även med mätmetoden:

Den medför att fler instrument måste med ut i fält.

I små rum är det svårt att finna någon placering för den roterande mikrofonen där mikrofonbanan ej går för nära någon av väggarna.











FÄLTMÄTNINGAR AV FASADERS LJUDISOLERING

MÄTOBJEKT

Med den i föregående del beskrivna utrustningen har en serie mätningar på olika fasadkonstruktioner i befintlig bebyggelse genomförts. Enligt planerna skulle sju olika fastigheter ingå och för varje fastighet skulle mätningar utföras på tre objekt. Därvid skulle mätobjekten väljas så att de var representativa för det fastighetsbestånd där fönsterbyte, som åtgärd mot trafikbuller, kan vara aktuellt.

Det föreligger inte någon lätt tillgänglig statistik över förekomsten av olika fönsterkonstruktioner. En metod som i stället prövades var att studera statistik över inkomna klagomål på trafikbuller och att försöka göra en bedömning av huruvida dessa fastigheter var konstruktionsmässigt representativa. Detta förfaringssätt har den fördelen att de studerade fastigheterna då med säkerhet skulle vara exponerade för tillräckligt höga trafikbullernivåer för att mätningarna skulle gå att genomföra. Den statistik som fanns tillgänglig över inkomna klagomål tycktes emellertid omfatta bebyggelse av ungefär samma typ varför ingen tillfredsställande variation skulle erhållas. I det slutliga valet av mätobjekt ingår emellertid tre fastigheter utmed de i denna statistik förekommande gatorna.

Gatukontoret i Göteborg hade tidigare gjort en inventering av fönstertyper utmed gator i Göteborg med trafikbullernivåer över 68 dB(A). Undersökningen omfattade 10% av detta gatunät men var enligt uppgift jämnt fördelat över nätet varför värdena torde vara representativa för hela nätet. De sju vanligaste fönstertyperna i det fastighetsbestånd som exponeras för trafikbullernivåer över 68 dB(A) framgår av nedanstående tabell. Dessutom redovisas vid vilken gata respektive mätningar genomfördes. Med det valda tillvägagångssättet blev det äldre fastighetsbeståndet väl representerat vilket är väsentligast då ljudisoleringen för nyare fönsterkonstruktioner ofta är känd.

Vanligaste fönstertyper				Valda mätobjekt	
Fasad	Öppnas	Bågar	Typ	Gata	avvikelser
Sten	Inåt	Kopplade		Distansgatan	
Sten	Inåt	Kopplade		Karl Johansgatan	
Sten	Inåt	Kopplade		Nya Allén	pivåhängt
Sten	Utåt	Kopplade		Norra Gubberogatan	
Sten	Utåt	Ej kopplade		Södra vägen	
Trä	Utåt	Kopplade		S:t Sigfridsgatan	spröjsade 
Trä	Utåt	Ej kopplade		Såggatan	

Stora svårigheter uppstod när det gällde att få fram identiska mättrum respektive identiska fönsterkonstruktioner inom varje fastighet. Genom det begränsade urvalet av lägenheter som var tillgängliga under dagtid utfördes efter hand mätningarna i de tre lägenheter som det var enklast att få tillträde till.

Parametrarna glastjocklekar och glasavstånd har därmed endast i liten utsträckning påverkat valet av mätobjekt. Speciellt glastjocklekarna kunde variera genom att någon glasruta ofta hade bytts ut. Mättrummen, som oftast ej var identiska, hade ibland fönster även i andra riktningar. Mätresultaten har då korrigerats med avseende på dessa fönsters inverkan.

För några mättrum var det nödvändigt att placera utomhusmikrofon på fönstret till det rum där inomhusnivån mättes. Dessutom leddes i några fall mikrofonkabeln in genom fönstret vilket medfört läckage vid högre frekvenser. Dessa mätningar har särskilt markerats i resultatredovisningen.

På grund av praktiska svårigheter i kombination med den tidsmässiga begränsningen kom en av mätningarna ej till utförande. Materialet omfattar således 20 mätningar.

MÄTRESULTAT

Mätresultaten redovisas på sidorna 21-27. Följande storheter har angivits:

$$\text{Reduktionstalet, } R^* = L_{p \text{ ute}} - L_{p \text{ inne}} - 10 \log \frac{A_M}{S}$$

där $L_{p \text{ ute}}$ mäts omedelbart indvid fasaden och S avser verklig fönsterarea (till skillnad från förfarandet enligt Svensk Byggnorm för mätningar inom en byggnad, där S aldrig sätts mindre än 10 m^2).

Index för luftljudsisolering, I_a , beräknat ur R^*

Medelreduktionstalet, R_m , beräknat ur R^*

ΔL_A är skillnaden i dB(A) mellan en utomhusnivå mätt i fritt fält (utan inverkan av fasadreflex) och inomhusnivån. ΔL_A kan beräknas för en given uppmätt reduktionstalskurva och kan användas för att beskriva och jämföra olika fönsterkonstruktioners ljudisolerande egenskaper. En förutsättning därför är att alla andra parametrar än R^* är normerade. Dessa parametrar är utomhusspektrum, fönsterarea och mottagarrummets absorptionsmängd.

Med undantag för ΔL_A (uppmätt) (se nedan) har för ΔL_A -beräkningarna utnyttjats samma fönsterarea och A_M . Skillnaden mellan de olika måtten beror på att olika utgångsspektrum antagits. Motiv för sådana olika val kan vara (förutom en allmän osäkerhet om vilket som är "bästa spektrum" för denna typ av beräkningar) skillnader i hastighet, dämpning fram till beräkningspunkten m.m.

I ΔL_A (50) och ΔL_A (90) ingår de spektra vid en hastighet av 50 respektive 90 km/h som ligger bakom beräkningsmodellen i [7]. En viss markdämpning ingår även.

ΔL_A (HJ) är beräknade med det odämpade spektrum för vägtrafikbullen som anges i beräkningsmodellen i [8].

ΔL_A (uppmätt) har beräknats ur de utomhus- och inomhusnivåer som uppmättes vid reduktionstalmätningen, dvs med ett för platsen korrekt utespektrum samt med de verkliga värdena på A_M . Beräkningen omfattar endast tersbanden 100-3150 Hz. Bidragen från frekvensområdena utanför detta intervall beräknas kunna påverka ΔL_A (uppmätt) med maximalt 0,5 dB(A). ΔL_A (uppmätt) har normerats med avseende på fönsterarean.

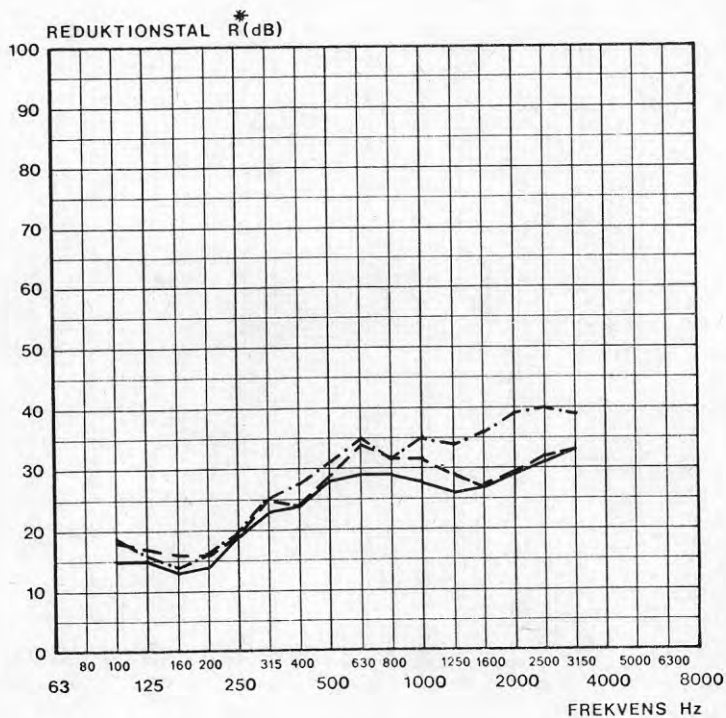
Fönstertyp Utåtgående, kopplade bågar



träfasad

Gata St Sigfridsgatan. Byggt 1925-1930

Mätning nr	1 ———	2 - - - - -	3 - - - - -
Glastjocklek/avstånd mm	1,7-25-1,7	1,7-25-1,7	1,7-25-1,7
Korrigerad fönsterarea m ²	1,84	1,84	2,96
Tätning	-	-	bra lister
I _a dB	28	29	32
R _m dB	24,0	25,7	28,8
$\Delta L_A(50)$ dB(A)	17,2	19,3	19,0
$\Delta L_A(90)$ dB(A)	22,3	24,2	24,6
$\Delta L_A(HJ)$ dB(A)	23,1	25,0	25,3
$\Delta L_A(\text{uppmätt})$ dB(A)	23,8	24,3	30,1



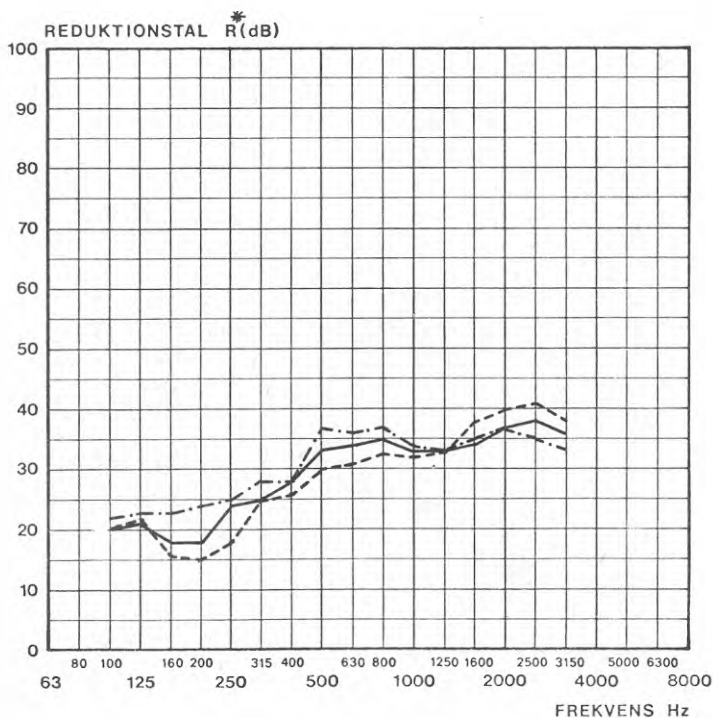
Fönstertyp Pivåhängt Stenfasad


Gata Nya Allén. Byggt 1946

Mätning nr	4 ———	5 - - - - -	6 - - - - -
Glastjocklek/avstånd mm	4,5-80-4,5	1,7-70-1,7	3,8-70-3,8
Korrigerad fönsterarea m ²	4,30 ¹⁾	1,43	4,34 ¹⁾
Tätning	normal ²⁾	bra tätning	bra tätning
I _a dB	33	31	34
R _m dB	29,2	28,6	30,7
$\Delta L_A(50)$ dB(A)	22,0	20,4	25,5
$\Delta L_A(90)$ dB(A)	27,3	25,7	30,0
$\Delta L_A(HJ)$ dB(A)	27,8	25,6	31,0
ΔL_A (uppmätt) dB(A)	30,7	26,7	33,0

1) Osäker korrektion. Dessutom annan glastjocklek i annat fönster

2) Mikrofonen på "mätfönstret". Sladd genom balkongdörr

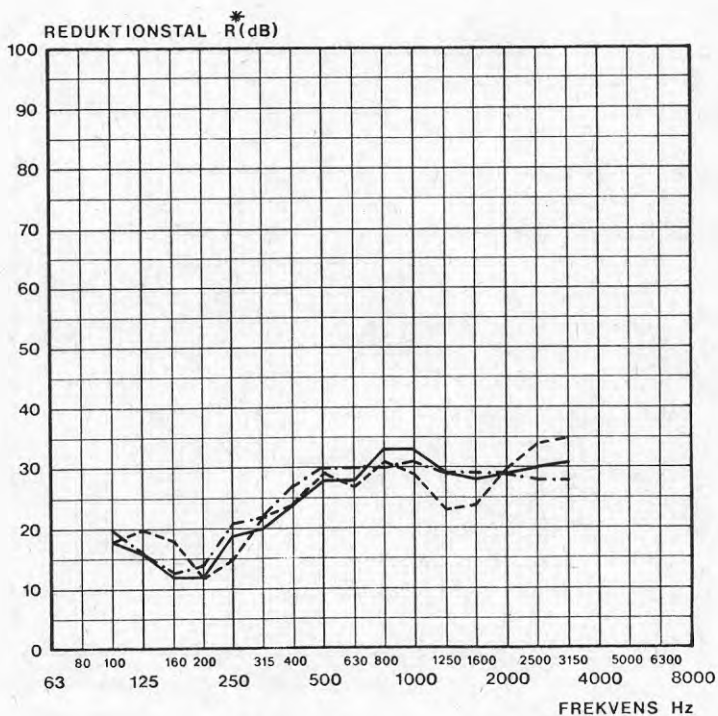


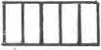
Fönstertyp Utåtgående, kopplade bågar  Stenfasad

Gata Norra Gubberogatan. Byggt 1938-1939.

Mätning nr	7 ———	8 - - - - -	9 ——— 1)
Glastjocklek/avstånd mm	1,7-50-1,7	1,7-35-1,7	1,7-46-1,7
Korrigerad fönsterarea m ²	1,96	1,89	1,82
Tätning	-	-	tättningslist
I _a dB	28	27	28
R _m dB	24,4	24,4	24,8
$\Delta L_A(50)$ dB(A)	17	18,6	18,2
$\Delta L_A(90)$ dB(A)	22,2	23	23,2
$\Delta L_A(HJ)$ dB(A)	22,6	22,8	23,8
ΔL_A (uppmätt) dB(A)	23,7	23,0	22,9

- 1) Efter att redan ha spräckt en ruta användes inte sugkopp för att montera utomhusmikrofonen. Den annorlunda mikrofonplaceringen kan möjligen ha givit för låga värden på R* vid högre frekvenser.

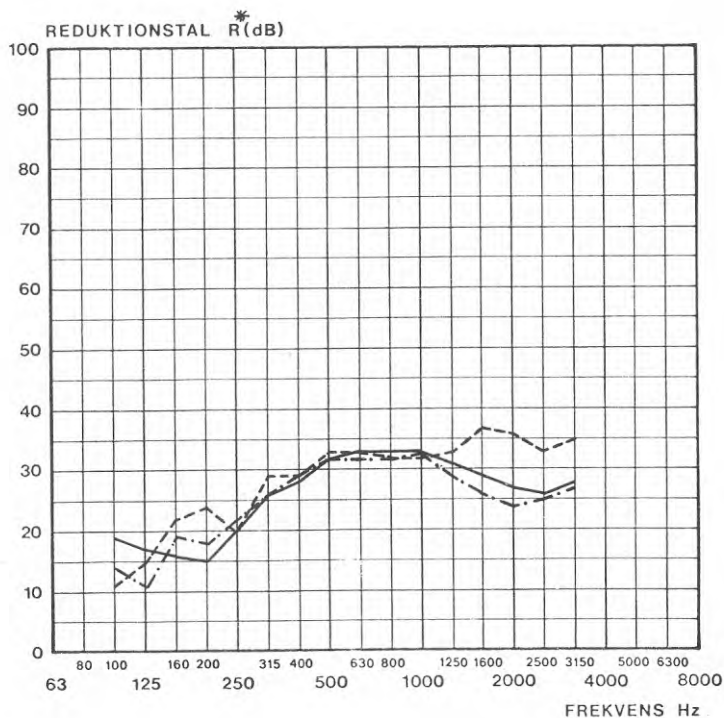



Fönstertyp Inåtgående, kopplade bågar  Stenfasad

Gata Karl Johansgatan. Byggt ca 1960

Mätning nr	10 ———	11 - - - - -	12 - · - · - ·
Glastjocklek/avstånd mm	1,7-50-1,7	1,7-50-1,7	1,7-50-1,7
Korrigerad fönsterarea m ²	7,68	3,43	7,22
Tätning	plastlist ¹⁾	bomullslist	plastlist ¹⁾
I _a dB	29	33	28
R _m dB	25,7	28,4	25,0
$\Delta L_A(50)$ dB(A)	19,6	17,9	17,5
$\Delta L_A(90)$ dB(A)	24,2	23,3	22,1
$\Delta L_A(HJ)$ dB(A)	25,1	26,4	24,3
$\Delta L_A(\text{uppmätt})$ dB(A)	28,7	29,5	29,7

1) Mikrofonen på "mätfönstret". Sladd genom fönster.



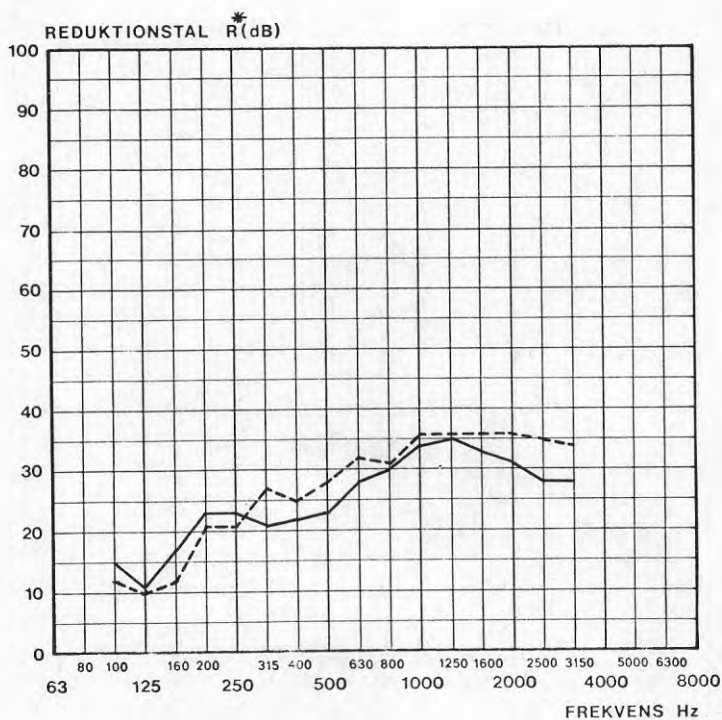
Fönstertyp Utgående, ej kopplade bågar  Träfasad

Gata Såggatan. Byggt 1912.

Mätning nr	13 ———	14 - - - - -	
Glastjocklek/avstånd mm	1,7-110-1,7	2,8-110-2,8	
Korrigerad fönsterarea m ²	3,2	5,23 ¹⁾	
Tätning	- 2)	-	
I _a dB	28	33	
R _m dB	25,1	28,9	
$\Delta L_A(50)$ dB(A)	17,3	17,2	
$\Delta L_A(90)$ dB(A)	22,4	22,9	
$\Delta L_A(HJ)$ dB(A)	24,2	25,1	
$\Delta L_A(\text{uppmätt})$ dB(A)	26,9	31,5	

1) Osäker korrektion

2) Mikrofon på "mätfönster". Sladd genom fönster.



Fönstertyp Utåtgående, ej kopplade



Stenfasad

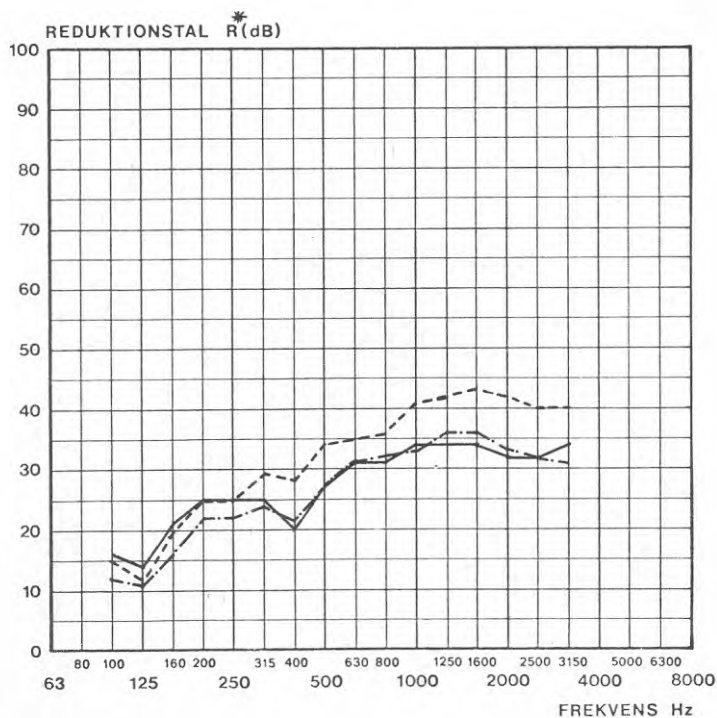
Gata Södra vägen. Byggt 1920-talet.

Mätning nr	15 ———	16 - - - - -	20 - -
Glastjocklek/avstånd mm	1,7-130-1,7	1,7-130-1,7	1,7-130-1,7
Korrigerad fönsterarea m ²	5,06	7,65	6,33 ¹⁾
Tätning	- 2)	-	- 2)
I _a dB	31 ³⁾	35	30
R _m dB	27,2	31,7	26,2
$\Delta L_A(50)$ dB(A)	19,8	18,4	16,4
$\Delta L_A(90)$ dB(A)	24,8	23,9	21,8
$\Delta L_A(HJ)$ dB(A)	26,4	26,8	24,1
$\Delta L_A(\text{uppmätt})$ dB(A)	30,2	32,7	28,5

1) Osäker korrektion

2) Mikrofonen på "mätfönstret". Sladd genom fönster

3) 29 om hänsyn tas till 8 dB-regeln vid 400 Hz



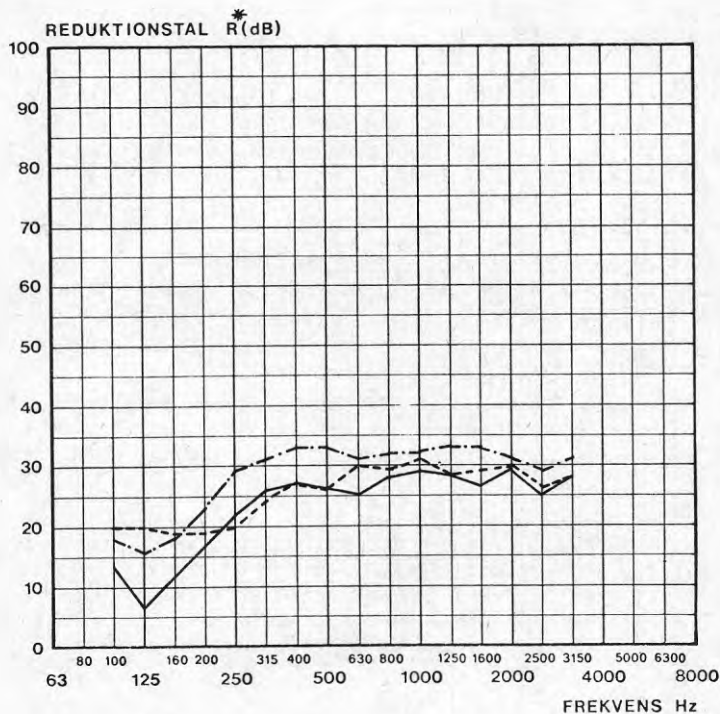
Fönstertyp Inåtgående, kopplade bågar Stenfasad



Gata Distansgatan. Byggt 1962.

Mätning nr	17 ———	18 - - - - -	19 - -
Glastjocklek/avstånd mm	3,5-48-3,5	1,7-48-1,7	3,5-48-3,5
Korrigerad fönsterarea m ²	1,69	1,69	1,69
Tätning	plastlist	?	plastlist
I _a dB	27	28	32
R _m dB	23,1	25,4	28,3
$\Delta L_A(50)$ dB(A)	13,7 ¹⁾	21,8	21,0
$\Delta L_A(90)$ dB(A)	19,0 ¹⁾	25,6	25,9
$\Delta L_A(HJ)$ dB(A)	21,2 ¹⁾	26,2	27,8
ΔL_A (uppmätt) dB(A)	25,4	24,6	29,6

1) R* vid 125 Hz påverkat av ett till synes orimligt värde på korrektionstermen, vilket medför dessa låga värden på ΔL_A .



KOMMENTARER TILL MÄTRESULTATEN

Allmänt

I resultatredovisningen anges flera olika mått på fönstrens ljudisolering. De olika måttens användbarhet för att beskriva en fönsterkonstruktions ljudisolerande egenskaper kommenteras något senare. Reduktionstalskurvorna är det primära mätmaterial men för den fortsatta diskussionen skall, för att ge en bättre överskådlighet, ett av ensiffervärdena användas.

Det mått som kommer att användas är ΔL_A (uppmätt), då det är detta mått som beskriver det man är intresserad av vid en beräkningsmässig bedömning av trafikbullernivåer inomhus i situationer då man ej närmare känner rummets akustiska egenskaper. Först redovisas några allmänna kommentarer till mätvärdena.

S:t Sigfridsgatan (sid 21).

Fönstrens grundresonansfrekvens är beräknad till ca 270 Hz. Mätvärdena antyder dock en något lägre resonansfrekvens. Skillnaden i ΔL_A (uppmätt) beror på att ett av fönstren var väl tätat.

Nya Allén (sid 22).

Mätning nr 5 har avvikande glastjocklek och avstånd. Övriga två mätvärden är behäftade med vissa osäkerheter. Skillnader i reduktionstalet för låg- och mellanfrekvensen ger en differens i ΔL_A (uppmätt) på ca 2 dB(A).

Norra Gubberogatan (sid 23).

Fönstrens resonansfrekvens ligger kring 200 Hz. Tätningen av mätobjekt nr 9 ger oväntat låg effekt. Observera dock fotnoten. En korrekt mikrofonplacering skulle ha givit högre värden på reduktionstalet i de högre frekvenserna.

Karl Johansgatan (sid 24).

Fönstrens resonansfrekvens är ca 200 Hz. Inverkan av sladdgenomföringen till utomhusmikrofonen tydlig vid frekvenser över 1000 Hz. Detta springläckage tycks dock ha måttlig inverkan på ΔL_A (uppmätt).

Såggatan (sid 25).

Fönstrens resonansfrekvens kring 130 Hz. Observera att glastjockleken är olika för de två mätobjekten vilket förklarar skillnaden i ΔL_A (uppmätt).

Södra Vägen (sid 26).

Fönstrens resonansfrekvens ca 115 Hz. Sladdgenomföringen till mätmikrofonen tycks inverka mycket på reduktionstalet i en stor del av frekvensområdet. Inverkan på ΔL_A (uppmätt) är dock måttlig.

Distansgatan (sid 27).

Fönstrens resonansfrekvens ca 100 Hz (respektive ca 200 Hz för mätobjekt 18). Det mycket låga värdet för mätobjekt 17 vid 125 Hz beror på ett orimligt värde på korrektionstermen. Även i övriga frekvenser ligger dock denna reduktionstalskurva klart lägre än mätobjekt 19. Möjligen kan någon otäthet förekomma mellan fasad och karm.

Spridningen mellan de olika mätobjekten är oftast måttlig. Stora avvikelser förekommer naturligtvis då springläckaget ökats genom att det varit nödvändigt att dra mätmikrofonens sladd genom fönsteröppningen i mätrummet. Inverkan på mätresultaten är därvid olika beroende på hur väl man lyckats stänga fönstren trots sladden.

Genom att fönsterkonstruktioner och mätrummens utseende varierat mer än vad som var avsikten är underlaget för jämförelser mellan olika utföranden ganska litet. Det finns dock anledning att titta något på inverkan av fasadkonstruktion samt tätning.

Inverkan av fasaden

Exakt samma fönsterkonstruktion i träfasad respektive stenfasad förekommer inte i mätserien. Däremot förekommer en del relativt lika konstruktioner på några ställen. Till denna jämförelse har utförandet inte kontrollerats särskilt noga. Förutom själva fasadens eventuella inverkan på mätresultaten ingår även skillnader i utförandet av drevning mellan karm och fasad. Denna förmodas kunna skilja sig åt högst avsevärt, i synnerhet mellan mätobjekt som inte är byggda under samma tidsperiod.

För kopplade bågar kan mätningarna på Karl Johansgatan och Norra Gubberogatan (stenfasad) jämföras med S:t Sigfridsgatan (träfasad). Medelvärdet av ΔL_A (uppmätt) för stenfasaden är 26,2 dB(A) och för träfasaden 26,1 dB(A). Skillnaderna i glasavstånd respektive förekomsten av tätningar är inte större än att man kan säga att mätresultaten tyder på att fasaden ej har någon inverkan.

För ej kopplade bågar kan Södra Vägen (stenfasad) jämföras med Säggatan (träfasad). ΔL_A (uppmätt) för Södra Vägen är i genomsnitt 3 dB(A) högre än för Säggatan. Så gott som samtliga dessa mätvärden är lämnade med olika reservationer. Dessutom skiljer sig glasavståndet något, varför slutsatser är svåra att dra.

Om någon slutsats skall dras av det ringa materialet så tyder mätvärdena på att vid ΔL_A kring 25 dB(A) föreligger ingen skillnad mellan stenfasader och träfasader medan när ΔL_A närmar sig 30 dB(A) en viss inverkan av ljudtransmissionen genom träfasaden kan förekomma.

Tätning

De tätningar som angivits i mätprotokollen avser endast de tätningar som kan konstateras vid en okulärbesiktning. Någon bedömning av hur väl det är tätat mellan fasad och karm har ej kunnat göras. Ett mycket litet underlag finns för ett uttalande om tätningens inverkan.

För Norra Gubberogatan har ingen effekt av en tätningslist erhållits. Just mätvärdet med tätningslist är emellertid mättekniskt osäkert på grund av utomhusmikrofonens placering. På S:t Sigfridsgatan erhöles en skillnad i ΔL_A (uppmätt) på 6 dB(A). En höjning av ΔL_A från 24 dB(A) till 30 dB(A) konstaterades där vara möjlig.

Sammanställning ΔL_A (uppmätt)

Genom de skillnader som förekommit när det gäller fönsterkonstruktion har totalt 10 stycken olika fönsterkonstruktioner mätts. Då vissa mätningar inrymmer osäkerheter av olika slag blir underlaget för en sammanställning av ΔL_A för olika fönster osäkert. Om man emellertid antar att ΔL_A varierar kontinuerligt med glasavståndet och interpolerar mellan olika värden erhåller man ungefär följande resultat.

Glastjocklek mm	Glasavstånd mm	ΔL_A dB(A)
1,7	25-50	23-24
1,7	70	26-27
1,7	110-130	27-31
2,8	110	31-32
3,5	48	26-28
3,8-4,5	70-80	30-33

Mått på ljudisolering mot trafikbuller

En mycket väsentlig fråga då man önskar förbättra trafikbullersituationen inomhus genom utbyte till bättre fönster är hur (med vilket mått) man skall kunna bedöma fönsters ljudisolering mot trafikbuller. Det vore enklast om man kunde använda sig av något av de väl etablerade måtten på en konstruktions ljudisoleringsförmåga, såsom exempelvis I_a eller R_m . Detta har emellertid i praktiken visat sig kunna ge upphov till ganska stora beräkningsfel i många situationer.

För den genomförda mätserien har korrelationskoefficienterna mellan några av de olika angivna måtten beräknats. Dessa framgår av nedanstående tabell.

	I_a	R_m	$\Delta L_A(50)$	$\Delta L_A(HJ)$
R_m	0,92			
$\Delta L_A(50)$	0,44	0,55		
$\Delta L_A(HJ)$	0,74	0,78	0,83	
ΔL_A (uppmätt)	0,81	0,79	0,34	0,67

ΔL_A (uppmätt) kan betraktas som ett "facitvärde" varför korrelation med detta värde är intressantast. Man finner att I_a och R_m uppvisar en ganska hög korrelationskoefficient medan de båda redovisade beräknade ΔL_A -måtten är sämre. Ett värde på korrelationskoefficienten på 0,8 för I_a och R_m får dock ses mot bakgrunden att ett visst, relativt stort, värde på korrelationskoefficienten under alla omständigheter måste kunna förväntas.

De oväntat höga värdet här kan bero på att endast en trafikbullersituation (innerstadsfall) ingår i mätserien. Detta innebär att utomhusspektrat är tämligen likartat för samtliga mätobjekt.

I_a ligger i medeltal 2,4 dB över ΔL_A (uppmätt) och R_m ligger i medeltal 1,0 dB under ΔL_A (uppmätt). Om man korrigerar för dessa medelavvikelser och använder dessa korrigerade I_a och R_m för att beräkna ΔL_A erhålles ett 95-procentigt konfidensintervall för felet till $\pm 3,5$ à 4 dB(A). Förutom metodfelet ingår dessutom osäkerheten i $10 \log A_m$ i dessa värden. Noggrannheten får därför sägas vara acceptabel. Några motsvarande jämförelser för mätningar på andra avstånd till trafikleden har ej gjorts.

Den dåliga korrelationen mellan ΔL_A (uppmätt) och ΔL_A ("beräknade") måste delvis bero på att antagandena angående utomhusspektrum är felaktiga. Detta förefaller leda till att ett bättre mått än sådana som bygge på I_a och R_m kräver att man arbetar med olika spektrum för olika situationer.

SLUTSATSER

ΔL_A (uppmätt) varierade mellan 23 och 33 dB(A). Trots att mätningar genomfördes i flera gamla fastigheter påträffades således inga riktigt dåliga fönster, om man därmed menar fönster som är signifikant sämre än vad som antas vara ljudisoleringen hos standardkonstruktioner.

Någon skillnad mellan träfasad och stenfasad kunde inte konstateras vid ett ΔL_A (uppmätt) kring 25 dB(A). Vid bättre ljudisolering fönster kan viss inverkan av transmissionen via den övriga fasaden ej uteslutas vid träfasad.

Enbart tätning av fönstren gav i ett fall en förbättring från 24 dB(A) till 30 dB(A) i uppmätt ΔL_A . Detta måste naturligtvis förutsätta att tätningen mellan karm och fasad är sådan att utrymme finns för denna förbättring.

För bra fönsterkonstruktioner av dagens tillverkning gäller att skillnaden mellan utomhus- och inomhusnivå är 30-35 dB(A). Den möjliga förbättringen vid normalt utförande av tätning och drevning genom byte till dessa fönsterkonstruktioner skulle ligga mellan 2 och 12 dB(A).

Mätseriens 20 mätobjekt exponeras för trafikbuller med ungefär samma spektrum. För detta spektrum framgår det av mätmaterialiet att man med hjälp av något mått utgående från I_a och/eller R_m tämligen väl skulle kunna beräkna inomhusnivån när utomhusvärdet är känt. Någon generell slutsats om detta kan emellertid ej dras då några mätobjekt ej ingår där utomhusspektrum kunde förväntas vara annorlunda exempelvis på grund av skärm eller markdämpning.

REFERENSER

- [1] SOU 1974:60
Trafikbuller. Del 1. Vägtrafikbuller
Stockholm 1974
- [2] Lundquist, Björn, Svensk Akustikplanering AB.
Slutrapport BFR C 403.
Metoder och apparater för mätning av rumsisolering mot
luft- och stegljud. Skivspelare för brusalstring vid
luftljudsmätning. Direkt uppmätning av korrektionsterm
genom användning av standardljudkälla. 1971.
- [3] ASTM E 336 - 71
Standard Recommended Practice for Measurement of Airborne
Sound Insulation in Buildings.
- [4] RM 14 - 3
Steady State Method of Determining Changes in Sound
Absorption of a Room.
- [5] ISO/TC 43/SC 2
Second proposal for ISO 140 Acoustics - Measurement of
sound insulation in buildings and of building elements.
Part V Field measurements of airborne sound insulation of
facade elements and facades.
- [6] Statens Provningsanstalt
Cirkulär 40
Rekommendationer för mätning av ljudnivå i bostäder.
1973-11-05
- [7] Statens Planverk
Rapport 22/1972
Samhällsplanering och vägtrafikbuller.
- [8] Jonasson Hans G. Lunds Tekniska Högskola
Samhällsbuller med beräkningsmetod för vägtrafikbuller.
Lund, oktober 1974

SAMMANFATTNING

En serie fältmätningar av fönsterkonstruktioners reduktionstal har genomförts. Mätningarna genomfördes i avsikt att erhålla ett bättre underlag dels för beräkningar av trafikbullernivåer inomhus dels för bedömning av vilka förbättringar som kan erhållas genom byte till nya bättre ljudisolerande fönsterkonstruktioner.

Den mätmetodik som utnyttjas vid fältmätningar av fönsters ljudisolering innebär att trafiken utnyttjas som bullerkälla varvid ekvivalentnivån inomhus och utomhus utvärderas under samma tidsavsnitt. Analysen utförs ofta i datorbaserade system i realtid simultant i samtliga frekvensband. För att göra mätningarna mer rationella är det önskvärt att ha en mer datoranpassad metod att uppmäta korrektionstermen för mottagarrummets absorption. Detta gäller i synnerhet för fältmätningar där mätlokalernas små volymer och deras många gånger odefinierade volym äventyrar noggrannheten i konventionella efterklangstidsmätningar.

Inför denna serie ljudisoleringsmätningar på fönster har testats en metod att bestämma korrektionstermen med hjälp av standardljudkälla och roterande mikrofon. Standardljudkällan består av en högtalare som placeras mot en vägg. Den roterande mikrofonen ger möjlighet att relativt snabbt erhålla en medelvärdesbildning i rummet.

Den högtalare som valdes till mätsystemet valdes huvudsakligen av geometriska skäl. Innan fältmätningarna kunde startas genomfördes därför en serie kontroller av dels högtalaren och dels noggrannheten hos mätmetoden.

Mätningarna på högtalaren genomfördes i laboratorium och gav vid handen att variationerna i uteffekt från högtalaren var tämligen små vid de variationer i högtalarplacering som kunde tänkas förekomma.

Vid fältmätningarna genomfördes absorptionsmätningar i 14 normalmöblerade bostadsrum med volymer som varierade mellan 19, 5 m³ och 58 m³. Mätningar genomfördes dels med brusmetoden och dels med högtalaren som standardljudkälla. Med brusmetoden som referens visade det sig att medelavvikelseerna i uppmätt absorptionsmängd med högtalaren som standardljudkälla var relativt små och mindre än de medelavvikelse som enligt tidigare publicerade arbeten kan erhållas med skottmetoden eller en standardljudkälla av fläkttyp. Mätmetoden föreföll därmed mycket användbar.

Den utnyttjade mätmetoden har följande fördelar:

Analysen sker analogt med övrig utvärdering vid en reduktionstalsmätning.

Mätsystemet blir datoranpassat

Utvärderingstiden blir kortare

Man undviker svårigheterna att ansätta rätt rumsvolym vid odefinierade volymer såsom sammanhängande utrymmen.

Till metodens nackdelar hör:

Den medför att fler instrument måste med ut i fält.

I små rum kan det vara svårt att finna någon placering för den roterande mikrofonen där mikrofonbanan ej går för nära någon av väggarna.

Fältmätningarna på fasadkonstruktioner genomfördes på konstruktioner som är vanliga i fastighetsbeståndet utmed trafikleder i Göteborg med höga trafikbullernivåer. Denna statistik har insamlats av Gatukontoret i Göteborg.

För varje mätobjekt redovisas reduktionstal, index för luftljuds-isolering, I_a , samt medelreduktionstal, R_m . Dessutom har ΔL_A beräknats, dvs skillnaden mellan utomhusnivå i fritt fält (utan inverkan av fasadreflex) och inomhusnivå, med tre olika utgångsspektrum, vilken utnyttjas i några av de mest använda beräkningsmodellerna för trafikbuller. Dessutom har den verkliga differensen mellan utomhusnivå och inomhusnivå vid mättillfället utvärderats. I nedanstående tabell redovisas dessa värden på ΔL_A för några av mätobjekten.

Glastjocklek mm	Glasavstånd mm	ΔL_A dB(A)
1,7	25-50	23-24
1,7	70	26-27
1,7	110-130	27-31
2,8	110	31-32
3,5	48	26-28
3,8-4,5	70-80	30-33

ΔL_A varierade således mellan 23 och 33 dB(A). Trots att mätningar genomfördes i flera gamla fastigheter påträffades således inga riktigt dåliga fönster, om man därmed menar fönster som är signifikant sämre än vad som antas vara ljudisoleringen hos standardkonstruktioner.

Någon skillnad mellan träfasad och stenfasad kunde inte konstateras vid ett ΔL_A (uppmätt) kring 25 dB(A). Vid bättre ljudisolerande fönster kan viss inverkan av transmissionen via den övriga fasaden ej uteslutas vid träfasad.

Enbart tätning av fönstren gav i ett fall en förbättring från 24 dB(A) till 30 dB(A) i uppmätt ΔL_A . Detta måste naturligtvis förutsätta att tätningen mellan karm och fasad är sådan att utrymme finns för denna förbättring.

För bra fönsterkonstruktioner av dagens tillverkning gäller att skillnaden mellan utomhus- och inomhusnivå är 30-35 dB(A). Den möjliga förbättringen vid normalt utförande av tätning och drevning genom byte till dessa fönsterkonstruktioner skulle ligga mellan 2 och 12 dB(A).

Mätseriens 20 mätobjekt exponeras för trafikbuller med ungefär samma spektrum. För detta spektrum framgår det av mätaterialet att man med hjälp av något mått utgående från I_a och/eller R_m tämligen väl skulle kunna beräkna inomhusnivån när utomhusvärdet är känt. Någon generell slutsats om detta kan emellertid ej dras då några mätobjekt ej ingår där utomhusspektrum kunde förväntas vara annorlunda exempelvis på grund av skärm eller markdämpning.

R2:1977

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750077-9 från
Statens råd för byggnadsforskning till IFM-Akustikbyrån AB,
Göteborg.**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: konstruktioner**

Pris: 20 kronor + moms