

Balkongers dämpning av vägtrafikbuller

Modellmätningar och beräkningar

Esse Kamph

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac *ser*

*K
17/82*

R41:1982

BALKONGERS DÄMPNING AV VÄGTRAFIKBULLER

Modellmätningar och beräkningar

Esse Kamph

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
800105-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till IFM Akustikbyrån AB, Göteborg

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R41:1982

ISBN 91-540-3684-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

LiberTryck Stockholm 1982

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
BETECKNINGAR	9
TABELLFÖRTECKNING	11
FIGURFÖRTECKNING	13
1 INLEDNING	15
2 PROJEKTETS UPPLÄGGNING	17
3 TEORETISK BERÄKNINGSMODELL	19
3.1 Beräkningsmodell	19
3.2 Ljuddämpning med en halvoändlig skärm	20
3.3 Ljuddämpning med en balkong som skärm	22
3.4 Kommentarer	24
4 MODELLMÄTNINGAR	25
4.1 Frekvensområde	25
4.2 Modell	25
4.3 Absorbenter	27
4.4 Mättrum	28
4.5 Beskrivning av mätsystem	29
4.6 Ljudkälla	30
4.7 Val av källpositioner	31
4.8 Mätförfarande	32
5 MÄT- OCH BERÄKNINGSRESULTAT	33
5.1 Uppmätta balkongdämpningar i oktavband	33
5.2 Inbyggd respektive uthyggd balkong	34
5.3 Balkongdämpning som funktion av höjdvinkel ϕ_0 ...	35

5.4	Fönsterplaceringens betydelse	36
5.5	Balkongdämpning vid öppet och stängt fönster	37
5.6	Balkongdämpning vid fönster- och dörröppning	38
5.7	Balkongdämpning vid ventilationsöppning	38
5.8	Inverkan av springor i balkongräcke	39
5.9	Balkongdämpning utomhus	39
5.10	Teoretiskt beräknade balkongdämpningar	40
6	ANVISNINGAR FÖR BESTÄMNING AV BALKONGDÄMPNING ...	45
6.1	Förutsättningar	45
6.2	Beräkningsförfarande	45
BILAGA 1	BALKONGENS INSÄTTNINGSDÄMPNING ΔL_{Ab} , ΔL_{Aeb}	49
BILAGA 2	LJUDDATA	53
BILAGA 3	MÄTRESULTAT - BALKONGDÄMPNING I OKTAVBAND	55
BILAGA 4	ΔL_{Aeb} SOM FUNKTION AV HÖJDVINKEL ϕ_0	75
LITTERATUR	83

SAMMANFATTNING

Syftet med projektet har varit att ta fram en metod för prediktering av den dämpning av vägtrafikbuller som uppnås med balkonger av olika utformning. Det förslag till predikteringsmetod för olika typfall som ges i rapporten är baserat på resultaten från modellmätningar. En teoretisk beräkningsmodell för mer generella fall presenteras också.

Dämpningen för ett 30-tal balkongvarianter har bestämts genom mätning i modell (skala 1:10). I första hand har dämpningen av ljudnivån inomhus studerats. Ett antal mätningar utomhus på balkongen har dock ingått.

En modellfasad med en höjd motsvarande 8 våningar har använts. Inomhusmätningarna gjordes i ett flyttbart modellrum. De viktigaste balkongvarianterna var följande:

- . utan räcke (=glast räcke), utan och med takabsorbent
- . med tätt räcke, utan och med takabsorbent
- . med tätt räcke och sidoväggar, utan absorbenter och med takabsorbent respektive takabsorbent och absorbent på sidoväggar

Balkongbredden var 3 m och balkongdjupet 1.2 respektive 2 m mätt i fullskala. Andra parametrar som varierats var läget av balkongen i djupled (utbyggd respektive inbyggd balkong), fönsterplaceringen, öppet respektive stängt fönster, placering av ventilationsöppning, springor i balkongräcke.

Balkongens insättningsdämpning har bestämts oktavbandsvis med en ljudkälla (högtalare) placerad i diskreta positioner. Sex olika positioner och tre våningar har då utnyttjats. Med insättningsdämpning eller balkongdämpning avses här skillnaden i ljudtrycksnivå för fallet utan balkonger (slät fasad) och med balkonger.

Utgående från uppmätta dämpningar och vissa antaganden om trafikbullerspektrum, fönsterisolering, rumsabsorption och vägsträckning har balkongens dämpning (i dBA) av den ekvivalenta ljudnivån inomhus bestämts. Två fönstervarianter har valts: 2-glasfönster respektive öppet fönster. I praktiken torde dessa fall vara de mest intressanta. Dämpningen i dBA för dessa ger också en uppfattning om dämpningen vid låga respektive höga frekvenser.

Redovisningen av mätresultat har begränsats till de viktigaste fallen (ca 20 varianter). Mätresultaten redovisas dels som dämpningar i dB inom oktavband för diskreta ljudkällepositioner dels som dämpningar i dBA av ekvivalenta ljudnivån från en väg parallell med husfasaden. I det sistnämnda fallet avses medelvärden för tre källpositioner.

Vid jämförelser mellan inbyggda och utbyggda balkonger med sidoväggar kan man konstatera att skillnaden i dämpning i genomsnitt är mycket liten (≤ 0.3 dBA). För enstaka fall kan differensen vara ca 1-2 dBA. Det finns därför normalt ingen anledning att skilja mellan dessa fall.

Balkongdämpningens beroende av infallsvinkeln i horisontalplanet har studerats översiktligt. Dämpningen är normalt störst mitt för balkongen då sidoväggar saknas och avtar med ökande vinkel. Med sidoväggar är det grovt sett tvärtom. Ett vinkelberoende i storleksordningen 5 dBA är vanligt. I extremfall uppgår det till ca 10 dBA (inom enstaka oktavband 15 dB).

Dämpningen av den ekvivalenta ljudnivån har bestämts för sex olika höjdvinklar till fönsteröppningen. För fallen med absorberer är dämpningen med öppet fönster upp till ca 5 dBA högre än med stängt fönster. Dämpningen ökar med ökande höjdvinkel till följd av att balkongens effektiva skärhöjd ökar.

Vid höjdvinklar på 30-60° (vanligt i innerstadsfallet) är dämpningen för balkong med tätt räcke och takabsorbent 3-8 dBA respektive 3-5 dBA vid öppet respektive stängt fönster. Motsvarande balkonger med absorberbeklädda sidoväggar ger 7-14 dBA respektive 5-9 dBA. Utan absorberer erhålls en mycket blygsam dämpning eller i vissa fall förstärkning med upp till 1 å 2 dBA.

Jämförelser har gjorts med resultat från fullskalemätningar (högtalare som ljudkälla) utförda av Gilbert et al (1968). Modellbalkongernas utformning överensstämmer inte exakt med Gilberts balkonger. Skillnaden i dämpning är i de flesta fall liten (som mest ca 2.5 dBA).

Vid modellmätningarna har i första hand en i sidled symmetriskt placerad fönsteröppning använts. Dämpningen varierar dock med placeringen i sidled. För diskreta ljudkällepositioner varierar dämpningen med upp till 3-4 dBA (dämpningsintervall 5-14 dBA) mellan olika ytterlighetsfall. Inverkan på dämpningen av den ekvivalenta ljudnivån från en lång väg är dock liten (<1 dBA).

Skillnaden i balkongdämpning med ett normalt placerat fönster respektive med en dörr, som ju är något bättre skärmat, är också liten (<1 dBA). Beräkningsmässigt behöver man därför inte skilja mellan dessa.

Springor i balkongräcke etc., reducerar balkongdämpningen. Med en 10 mm (0.1 m i fullskala) bred springa mellan balkongräcke (fronten) och balkonggolvet minskade dämpningen ca 2 dBA (dämpningsintervall ca 7-15 dBA).

Den teoretiska beräkningsmodellen bygger på att balkongens räcke, sidoväggar etc. fungerar som akustiska skärmar. Hänsyn till ljudreflexer mot golv, tak, sidoväggar etc. tas genom ett speglingsförfarande. Balkongdämpningen beräknas oktavbandsvis. Dämpningar i dBA för olika fönsterkonstruktioner bestäms därefter på samma sätt som för uppmätta dämpningar.

Vid jämförelser mellan teoretiskt beräknade och uppmätta balkongdämpningar var överensstämmelsen dålig för balkonger utan absorber. De teoretiska värdena var för höga. Å andra sidan är dessa balkongfall inte så intressanta ur ljuddämpningssynpunkt. För gruppen balkonger med absorber erhöles en god korrelation mellan uppmätta (M) och beräknade (B) dämpningar. Med stängt fönster respektive öppet fönster erhöles: $M = 1.8 + 0.88 \cdot B$ (korrelationskoefficienten $R = 0.8 - 0.88$) respektive $M = 0.7 + 0.95 \cdot B$ ($R = 0.93 - 0.98$). I genomsnitt är beräknade värden något för låga vid stängt fönster. Modellen har också förutsatts fungera sämre vid låga frekvenser.

Ett förslag till anvisningar för bestämning av balkongdämpningen för vägtrafikbuller ges i rapporten. Anvisningarna är tänkta att utgöra ett komplement till den nordiska beräkningsmodellen, statens naturvårdsverk (1979). De är tillämpliga på i första hand innerstadsfallet. Det skall framhållas att förslaget är baserat på resultaten från modellmätningarna. Det är därför önskvärdt att metoden testas ut ytterligare med mätningar på ett antal praktikfall. Även andra erfarenheter av och synpunkter på balkongutformning etc. än de rent akustiska bör också samlas in.

BETECKNINGAR

A	fasadöppningens area	m^2
A_e	rummets ekvivalenta ljudabsorptionsarea	m^2 Sabine
D	skärmens dämpningsfaktor	
I_o, I_s	ljudintensitet utan respektive med skärm	W/m^2
L_A, L_{Ab}	ljudnivå utan resp med balkong	dB
$L_A(t)$	momentan ljudnivå	dB
L_{Ae}, L_{Aeb}	ekvivalent ljudnivå utan resp med balkong	dB
L_e, L_{eb}	ekvivalent ljudtrycksnivå inom oktavband utan resp med balkong	dB
L_{ei}, L_{ebi}	ekvivalent ljudtrycksnivå p.g.a. ljud från sektor i utan resp med balkong	dB
L_{pA}, L_{pbA}	A-vägd ljudtrycksnivå inom oktavband utan resp med skärm eller balkong	dB
L_p, L_{ps}, L_{pb}	ljudtrycksnivå inomhus utan skärm, med skärm resp med balkong	dB
L_{ref}	ljudtrycksnivå för trafikbullerspektrum	dB
R	korrelationskoefficient	
$R_\theta, R_{\theta'}$	reduktionstal vid infallsvinkel θ resp θ'	dB
r_o, r_s	avstånd ljudkälla - mottagare	m
$r_{\theta'}$	reflexionsfaktor vid infallsvinkel θ'	
t	tid	s
T	tidsperiod	s
W	ljudeffekt	W
W_i	infallande ljudeffekt	W
W_t, W_{ts}	transmitterad ljudeffekt utan resp med skärm	W
W_{tss}	transmitterad ljudeffekt (med skärm) via speglad fasadöppning	W
α_o	infallsvinkel mot fasadens normal mätt i horisontalplanet	grader
$\alpha_{\theta'}$	absorptionsfaktor vid infallsvinkel θ'	grader

ΔA	delytor i fasadöppningen A	m^2
ΔL_{Ab}	dämpning av balkong vid enstaka källposition	dBA
ΔL_{Aeb}	dämpning av ekvivalent ljudnivå p.g.a. balkong	dBA
$\Delta L_b, \Delta L_{bi}$	balkongens insättningsdämpning (balkongdämpning)	dB
ΔL_{ps}	dämpning av ljudtrycksnivån p.g.a. skärm	
$\Delta \theta_i$	sektorvinkel nr i	grader
ΔW_t	ljudeffekt transmitterad genom en delyta	W
ϕ_o	höjdvinkel till fasadöppningens mitt, mätes från horisontalplanet mitt för öppningen ($\alpha_o=0$)	grader
θ, θ'	infallsvinkel mot ytnormalen utan resp med skärm	grader
θ_t	total siktinkel (normalt = 180° i innerstadsfallet)	grader

TABELLFÖRTECKNING

- Tabell 5.1 Balkongdämpning $\Delta L_{A_{eb}}$ enligt Gilbert (G)
respektive modellmätningar (M) för olika höjdvinklar.
- Tabell 5.2 Balkongdämpning ΔL_{Ab} respektive $\Delta L_{A_{eb}}$ (medel-
värde) i dBA för olika fönsterplaceringar.

FIGURFÖRTECKNING

- Figur 3.1 a,b. Infallsvinklar θ , θ' och avstånd r_o , r_s utan respektive med balkong.
- Figur 3.2. Balkonglåda (A-H) med möjliga öppningar för ljudtransmission.
- Figur 3.3. Princip för spegling av mottagarpunkten i reflekterande ytor på balkong. Endast första ordningens reflexer beaktas.
- Figur 3.4. Princip för skärmning av öppning i balkonglåda.
- Figur 4.1. Modellfasad (mått i m).
- Figur 4.2 a-e. Balkongutformningar (mått i m). a) utbyggd utan räcke b) dito med sidoväggar c) inbyggd utan räcke d) utbyggd med tätt räcke e) dito med sidoväggar f) inbyggd med tätt räcke.
- Figur 4.3. Fasadvarianter. DV=dörröppning till vänster, DH=dito till höger, FV=fönsteröppning till vänster, FH=dito till höger, FS=symmetriskt placerad fönsteröppning (även med och utan "vädringsfönster" respektive helt öppet fönster).
- Figur 4.4 a,b. Tak- respektive väggabsorbent för praktiskt bruk.
- Figur 4.5 a,b. Absorptionsfaktorer mätta i rörapparat. Uppskattade värden: ----. Frekvensskalan för modellabsorbenter är $10 \times f$ Hz. a) Takabsorbent enligt figur 4.4 a: — ; 10 mm mineralull, densitet 120 kg/m^3 : x x. b) Väggabsorbent enligt figur 4.4 b: — ; 5 mm mineralull, densitet 120 kg/m^3 : x x.
- Figur 4.6. Mättrum med modellfasad och källpositioner (A1-A4, B1-B4). Samtliga ytor utom golv (linoleum) och fasad är klädda med 45 mm mineralull, densitet ca 22 kg/m^3 .
- Figur 4.7. Principiell uppbyggnad av mätsystem för modellmätningar.
- Figur 4.8. Högtalarkonstruktion.
- Figur 4.9 a,b. Ljudkällans direktivitet mätt i oktavband på 1 m avstånd från skärningspunkten högtalaraxel-golv. a) Vertikalt, sidvinkel $\alpha_o = 0^\circ$. Nivåer relativt $\phi_o = 0^\circ$. b) Horisontellt, $\phi_o = 30^\circ$. Nivåer relativt $\alpha_o = 0^\circ$.
- Figur 5.1 a,b. Jämförelse mellan uppmätta ΔL_{Aeb} (36 medelvärden) med utbyggd (U) respektive inbyggd (I) balkong. a) 2-glasfönster: $I=0.1+0.96 \cdot U$ ($R=0.98$). b) öppet fönster: $I=0.3+1.00 \cdot U$ ($R=0.995$).

- Figur 5.2 a,b. Jämförelse mellan beräknade (B) och uppmätta (M) ΔL_{Aeb} för balkonger utan absorbenter (24 värden). a) 2-glasfönster: $M=1.0+0.40 \cdot B$ ($R=0.62$). b) öppet fönster: $M=-0.1+0.47 \cdot B$ ($R=0.70$).
- Figur 5.3 a,b. Jämförelse mellan beräknade (B) och uppmätta (M) ΔL_{Ab} för balkonger med absorbenter (128 värden). a) 2-glasfönster: $M=1.9+0.88 \cdot B$ ($R=0.80$). b) öppet fönster: $M=0.8+0.94 \cdot B$ ($R=0.93$).
- Figur 5.4 a,b. Jämförelse mellan beräknade (B) och uppmätta (M) ΔL_{Aeb} för balkonger med absorbenter (42 värden). a) 2-glasfönster: $M=1.7+0.88 \cdot B$ ($R=0.88$). b) öppet fönster: $M=0.6+0.96 \cdot B$ ($R=0.98$).
- Figur 6.1. Definition av höjdvinkel ϕ_0 .
- Figur 6.2. Princip för spegling av vägbana.
- Figur A1. Indelning av vägsträckan i sektorer.

1 INLEDNING

Bullermiljön i bostäder i tätorter domineras oftast av buller från vägtrafiken. Bullerbegränsande åtgärder kan indelas i tre huvudgrupper, statens naturvårdsverk (1980):

- . åtgärder vid källan - vägen, t.ex. minskning av trafikmängd
- . åtgärder under ljudets utbredningsväg, t.ex. skärm eller vall vid väggkant
- . åtgärder vid mottagaren

I många fall är man hänvisad till åtgärder enbart vid mottagaren. Detta gäller bl.a. större trafikleder i centrala stadsdelar. De åtgärder som normalt diskuteras vid förnyelse eller ombyggnad i centrala stadsdelar är fönster med hög ljudisolering, ljuddämpade friskluftsintag eller tillufts-system samt planlösningen. Dessa åtgärder är inte alltid tillräckliga eller tillämpliga.

Problem uppstår bl.a. då krav på ljudnivån vid öppet fönster föreligger. Ett sådant krav fanns med i trafikbullerutredningens förslag SOU (1974) till riktvärden för tillåtna vägtrafikbullernivåer. Vid fårumslägenheter är det heller inte alltid möjligt att undvika en ensidig orientering åt gatan. I en del av dessa situationer kan en lämpligt utformad balkong ge en betydelsefull bullerdämpning. Merkostnaden för åtgärden torde normalt bli måttliga i de fall husen ändå skall förses med balkonger.

Med ett tidigare anslag från Statens råd för byggnadsforskning har en litteraturgenomgång, Kamph (1980), av experimentella och teoretiska arbeten på balkongers dämpning av vägtrafikbuller genomförts. Man kan konstatera att i litteraturen redovisade insättningsdämpningar för balkonger visar att balkongen kan vara ett betydelsefullt ljuddämpande element mot vägtrafikbuller. Dämpningar av ljudnivån inomhus om 5-10 dBA bedöms rimliga att uppnå. Dessa värden är jämförbara med de insättningsdämpningar som normalt erhålls med trafikbullerskärmar. Av litteraturen framgår bl.a. att absorberbektädnad på balkongytorna - speciellt taket - är en betydelsefull åtgärd. Av de experimentella resultaten är fullskale-mätningar (med högtalare som bullerkälla) utförda av Gilbert et al (1968) av visst intresse. Mätningarna är relativt omfattande och detaljerat redovisade, men begränsar sig till grunda balkonger (1 m). Den absorberbektädnad som studerats är knappast ej heller praktiskt tillämpbar m.h.t. tjockleken.

En beräkningsmetod baserad på teoretiskt och empiriskt (modell-mätningar, skala 1:10) underlag har presenterats av Oldham/Mohsen (1977), (1979), (1980). I den sistnämnda referensen, som publicerades efter det ovan nämnda litteraturstudie genomförts, redovisas en relativt enkel metod att bestämma balkongens insättningsdämpning uttryckt i dBA. Metoden omfattar dock inte dämpningsvärden för den ekvivalenta ljudnivån. Vidare är metoden tillämpbar enbart på balkonger utan sidoväggar eller tak (ovanliggande balkong). Inverkan av olika absorberbektädnader har heller inte studerats.

Av den genomförda litteraturstudien framgår att det f.n. saknas en någorlunda lätthanterlig och genomarbetad metod för bestämning av balkongens ljuddämpande effekt. Syftet med föreliggande projekt

har därför varit att ta fram en metod för prediktering av insättningsdämpningar för balkonger med olika utformning. Metoden är också tänkt som ett naturligt komplement till den nordiska trafikbullermodellen, statens naturvårdsverk (1979). Det primära målet har varit att man med måttlig arbetsinsats skall kunna bestämma dämpningseffekten i dBA.

Underlaget för den predikteringsmetod som redovisas här baseras huvudsakligen på resultaten av egna modellmätningar (skala 1:10) och beräkningar. I litteraturen redovisade resultat har i viss utsträckning använts för jämförelser med mätta och beräknade värden.

Den angivna predikteringsmetoden omfattar ett antal typfall. Det är tänkbart att man genom en vidare bearbetning av mätdata och utveckling av den teoretiska modellen kan komma fram till en mer generellt användbar metod.

Till sist skall framhållas att det är önskvärt att metoden testas ut ytterligare med mätningar i ett antal praktikfall. Dessutom är det av intresse att samla in andra erfarenheter av och synpunkter på användningen och utformningen av ljuddämpande balkonger än de rent akustiska.

2 PROJEKTETS UPPLÄGGNING

Projektarbetet kan grovindelas i följande moment.

- . Utveckling av teoretisk modell för beräkning av balkongers insättningsdämpning (balkongdämpning)
- . Uppmätning av balkongdämpningar i modell
- . Jämförelser mellan teoretiskt beräknade och uppmätta dämpningar
- . Utarbetande av predikteringsmetod

Som nämndes inledningsvis finns en teoretisk modell för beräkning av balkongens insättningsdämpning redovisad av Oldham/Mohsen (1977), (1979). Inom detta projekt har denna modell använts dock med vissa modifieringar (avsnitt 3).

Bl.a. har beräkningsförfarandet att bestämma ljudnivån inomhus modifierats. Vid beräkning av inomhusnivåerna antar nämligen Oldham/Mohsen att dessa bestäms av den mot fönsteröppningen infallande ljudeffekten (A-vägd) utan och med balkong. Ingen hänsyn tas således till frekvensberoendet hos fönstrets ljudisoleringsförmåga. Åtminstone i fallet med stängt fönster av normal 2- eller 3-glaskonstruktion måste detta beaktas.

För beräkning av de frekvensberoende dämpningarna har ett datorprogram tagits fram. Programmet är skrivet i FORTRAN-IV. Beräkningsprogrammet är relativt omständligt att använda samtidigt som det kräver tillgång till en dator. Det är därför inte lämpligt att använda vid normalt predikteringsarbete.

Med hänsyn till att problemet att beräkna balkongens dämpning är mycket komplext kan en beräkningsmetod inte baseras enbart på teoretiska modeller. Det är därför nödvändigt att även använda empiriskt framtagna data. De i litteraturen, se Kamph (1980), redovisade empiriska resultaten har inte bedömts tillräckliga att basera en beräkningsmetod på. Kompletterande mätningar har därför genomförts i modell (skala 1:10) för att kunna studera ett stort antal mätfall till en rimlig kostnad. Den modellteknik som använts liknar den som Oldham/Mohsen (1977), (1979) utnyttjat, men dämpningen har bestämts oktavbandsvis. Detta gör resultaten tillämpbara på fönsterkonstruktioner vars ljudisolering har annat frekvensberoende än modellmaterialets. Dämpningen uttryckt i dBA har räknats fram utgående från dämpningen inom oktavband. I avsnitt 4 beskrivs modell och mätförfarande.

För att testa den teoretiska beräkningsmodellen har beräknade dämpningar jämförts med resultaten från modellmätningarna. Mät- och beräkningsresultat redovisas i avsnitt 5. Förutom mätningar på typiska balkongvarianter har en del detaljer studerats speciellt: läget av balkongen i djupled (utbyggd respektive inbyggd balkong), fönsterplaceringen, öppet respektive stängt fönster, placering av ventilationsöppning och springor i balkongräcke. Även balkongens inverkan på ljudnivån utomhus har bestämts för ett mindre antal balkongvarianter. Resultaten redovisas och diskuteras i avsnitt 5.

Det har inte varit möjligt att inom ramen för projektet utarbeta någon enkel, generellt användbar metod för bestämning av balkongdämpningen. För det praktiska predikteringsarbetet torde det dock normalt vara tillräckligt att ha tillgång till dämpningsvärden (i dBA) för ett antal vanligen förekommande fasad- och balkongkonstruktioner.

Balkongdämpningen uttryckt i dBA har därför bestämts för ett antal typfall. Därvid har de empiriskt funna dämpningsvärdena inom oktavband utnyttjats. De parametrar som varierats är fönsterisoleringen, balkongens avstånd till och höjd över vägen samt balkongtypen (tätt/glest räcke, med/utan sidoväggar, med/utan absorbenter m.m.). Då verklig situation avviker från typfallen torde en "interpolation" mellan olika fall kunna göras utan alltför stora fel. Anvisningar för bestämning av balkongdämpningen för typfall ges i avsnitt 6.

3 TEORETISK BERÄKNINGSMODELL

En teoretisk modell för bestämning av den ljudnivåsänkning som erhålles inomhus på grund av en balkong skall presenteras. Modellen gör inga anspråk på att vara teoretiskt korrekt utan är snarare en ansats för att på ett ingenjörsmässigt sätt lösa problemet.

Den grundläggande idén, som är hämtad från Oldham/Mohsen (1977), bygger på att balkongens golv, väggar och tak fungerar som akustiska skärmar. Vid beräkning av skärmeffekten utnyttjas resultat som gäller för halvoändliga skärmar och punktljudkälla i fri rymd. Hänsyn tas till ljudreflexer mot vägbana respektive olika ytor på balkongen genom att tillämpa ett speglingsförfarande för ljudkälla och mottagarpunkt.

Skärmteorin, som används, har tidigare beskrivits av Kamph (1980) och återges ej här. Nedan ges en översiktlig beskrivning av beräkningsmodellen för bestämning av balkongdämpningen.

3.1 Beräkningsmodell

Ljudtransmissionen antas ske genom en rektangulär fasadöppning, som kan ha olika ljudisoleringsförmåga. Balkongdämpningen ΔL_p kommer att vara frekvensberoende och bestäms därför inom olika frekvensband (oktavband).

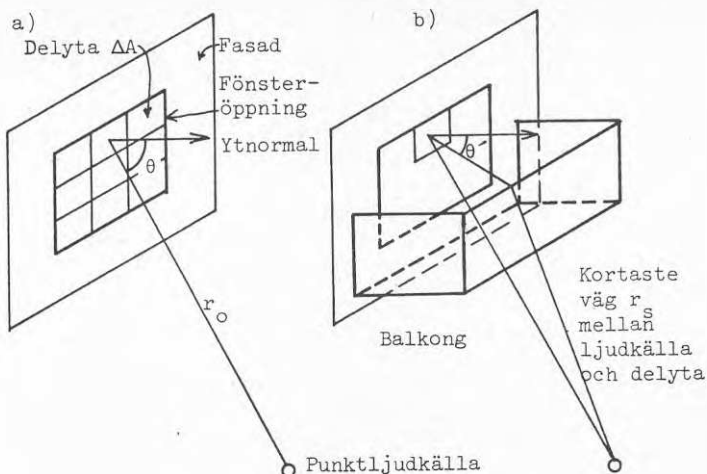
Ljudtrycksnivån L_p inomhus är relaterad till den ljudeffekt W_t , som transmitteras^p via öppningen, och rummets ekvivalents ljudabsorptionsarea A_e enligt (diffust ljudfält antas)

$$(3.1) \quad L_p = 10 \log W_t - 10 \log A_e + \text{konstant dB}$$

Ljudeffekten som transmitteras antas bero på den ljudeffekt som faller in mot öppningen samt öppningens reduktionstal R . Reduktionstalet är frekvensberoende, men varierar också med ljudets infallsriktning, se t.ex. Ljunggren (1973). Sambandet mellan infallande ljudeffekt W_i och transmitterad W_t är

$$(3.2) \quad W_t = W_i \cdot 10^{-R_\theta/10}$$

där R_θ är öppningens reduktionstal vid infallsvinkeln θ (figur 3.1 a).



Figur 3.1 a,b. Infallsvinklar θ , θ' och avstånd r_0 , r_s utan respektive med balkong.

3.2 Ljuddämpning med en halvoändlig skärm

För en punktljudkälla med effekten W är ljudintensiteten I_0 på avståndet r_0 i fri rymd

$$(3.3) \quad I_0 = W/4\pi r_0^2$$

Ljudeffekten som faller in mot en yta A ges av

$$(3.4) \quad W_i = I_0 \cdot A \cdot \cos \theta$$

Infallsvinkelns θ variation över olika delar av ytan antas vara försumbar. Vid varierande ljudintensitet över öppningen A delas denna in i mindre delytor ΔA , se figur 3.1 a. Ljudintensiteten antas konstant över respektive delyta. Transmitterad ljudeffekt ΔW_t genom en delyta ges av (3.2) och (3.4).

$$(3.5) \quad \Delta W_t = I_0 \cdot \Delta A \cdot \cos \theta \cdot 10^{-R\theta/10}$$

Den genom ytan A totalt transmitterade effekten erhålls genom att summera delbidragen genom varje delyta ΔA

$$(3.6) \quad W_t = \sum_{\text{delytor}} I_0 \cdot \Delta A \cdot \cos \theta \cdot 10^{-R\theta/10}$$

Infallsvinkeln θ samt ljudintensiteten I_o kan i fallet utan skärm antas variera obetydligt över ytan A. Uttrycket (3.6) kan därför förenklas till

$$(3.7) \quad W_t = I_o \cdot A \cdot \cos \theta \cdot 10^{-R_\theta/10}$$

Med (3.1) och (3.7) erhålls ljudtrycksnivån inomhus enligt

$$(3.8) \quad L_p = 10 \log (I_o \cdot A) + 10 \log (\cos \theta) - 10 \log A_e - R_\theta + \text{konstant dB}$$

som gäller för en viss infallsvinkel θ , d.v.s. en diskret ljudkälla-position.

I det skärmade fallet kommer ljudintensiteten I_o enligt (3.3) att reduceras med en dämpningsfaktor D enligt

$$(3.9) \quad I_s = I_o \cdot D$$

där

$$(3.10) \quad D = 10^{-\Delta L_{ps}/10}$$

ΔL_{ps} är dämpningen för en halvoändlig skärm enligt Kurze/Anderson (1971), se även Kamph (1980).

På grund av skärmen kommer ljudets infallsriktning att ändras. Vinkeln θ' , se figur 3.1 b, väljs som vinkeln mellan ytelementets normalriktning och den diffrakterade "ljudstrålen". Riktningen på denna bestäms av att den följer kortaste vägen mellan ljudkälla och delyta (mittpunkten) via skärmkrönet. Avståndet r_o i (3.3) räknas längs denna väg.

Transmitterad ljudeffekt W_{ts} i det skärmade fallet blir således

$$(3.11) \quad W_{ts} = \sum_{\substack{\text{del-} \\ \text{ytor}}} I_o \cdot D \cdot \Delta A \cdot \cos \theta' \cdot 10^{-R_{\theta'}/10}$$

Om infallsvinkeln θ' varierar lite mellan olika delytor kan (3.11) förenklas till

$$(3.12) \quad W_{ts} = 10^{-R_{\theta'}/10} \cdot \cos \theta' \cdot \sum I_o \cdot D \cdot \Delta A$$

som insatt i (3.1) ger ljudtrycksnivån L_{ps} inomhus med skärm

$$(3.13) \quad L_{ps} = 10 \log (\sum I_o \cdot D \cdot \Delta A) + 10 \log \cos \theta' - 10 \log A_e - R_{\theta'} + \text{konst.}$$

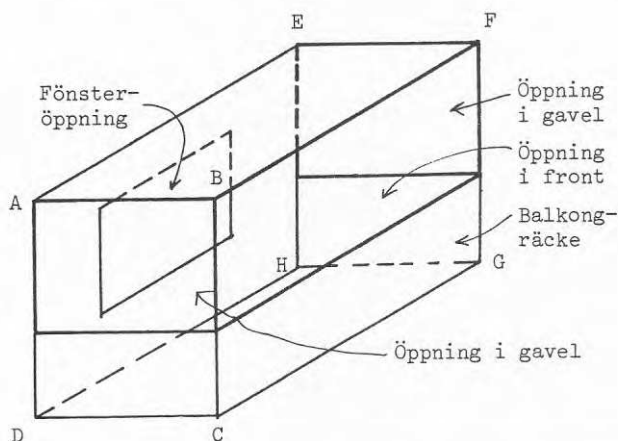
Skärmens tillskottsdämpning ΔL_b för en specifik infallsvinkel θ blir således

$$(3.14) \quad \Delta L_b = L_p - L_{ps} = 10 \log (W_t/W_{ts}) \\ = 10 \log (I_o \cdot A / \sum I_o \cdot D \cdot \Delta A) + 10 \log (\cos \theta / \cos \theta') + R_{\theta'} - R_\theta \text{ dB}$$

Skärmens insättningsdämpning ΔL_b enligt (3.14) gäller för ett visst frekvensband (t.ex. oktavband). Dämpningen uttryckt i dBA beräknas enligt bilaga 1.

3.3 Ljuddämpning med en balkong som skärm

Balkongen betraktas som en rektangulär låda (A-H) med öppningar i vissa lådytor, se figur 3.2. Öppningarnas storlek och antal (1-3) kan väljas.

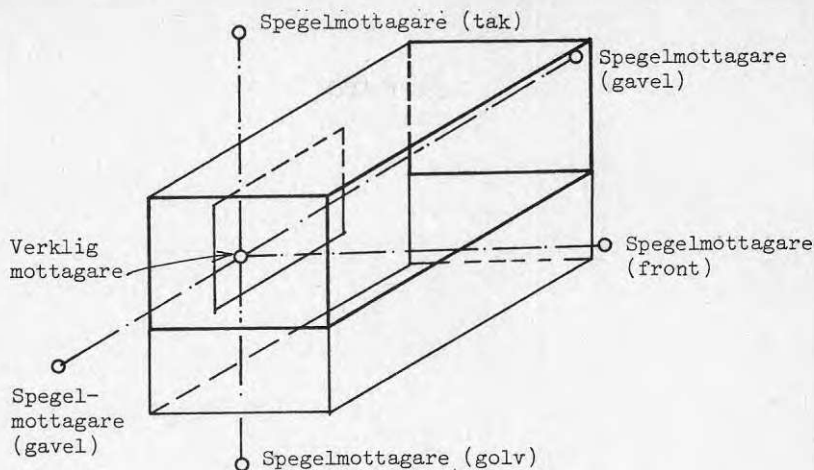


Figur 3.2. Balkonglåda (A-H) med möjliga öppningar för ljudtransmission.

Balkongräcket som är tätt antas fungera som en skärm. Ljudreflexer mot olika balkongytor medför att den mot fasadöppningen infallande ljudeffekten ökar i förhållande till fallet med en halvvändlig skärm. Hänsyn till detta tas genom att spegla fasadöppningens delytor i lådytorna, se figur 3.3. Endast första ordningens reflexer beaktas. Den del, r_{θ}' , av infallande ljudintensitet som reflekteras beror på ytans absorptionsfaktor α_{θ}' enligt

$$(3.15) \quad r_{\theta}' = 1 - \alpha_{\theta}'$$

Absorptionsfaktorn och därmed reflexionsfaktorn varierar både med frekvensen och infallsvinkeln mot ytan.



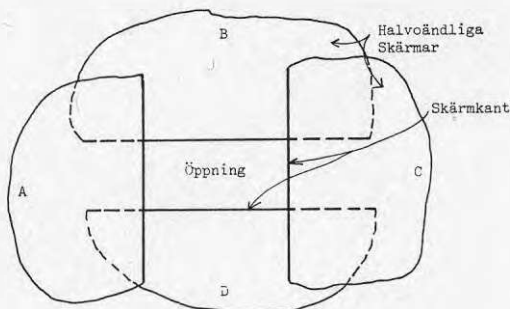
Figur 3.3. Princip för spegling av mottagarpunkten i reflekterande ytor på balkong. Endast första ordningens reflexer beaktas.

Den ljudeffekt som transmitteras genom en speglad fasadöppning kan då skrivas (jämför 3.11)

$$(3.16) \quad W_{tss} = \sum_{\text{del- ytor}} I_o \cdot D \cdot \Delta A \cdot \cos \theta' \cdot (1 - \alpha_{\theta'}) \cdot 10^{-R_{\theta'}/10}$$

Balkongen utgör en ändligt stor skärm som dessutom inte är plan. Hänsyn till detta måste tas på något sätt vid beräkning av skärmens dämpningsfaktor D . I litteraturen finns redovisat teorier för fall med ändliga, plana skärmar med oregelbunden form, se t.ex. Yuzawa (1981). Beracha (1980) har behandlat fallet med en rektangulär öppning (apertur) i en oändligt stor plan skärm. Nämda fall är idealiserade jämfört med balkongfallet samtidigt som beräkningsförfarandet blir relativt komplicerat. En enklare (och därmed sannolikt mindre noggrann) metod har därför tillgripits.

Varje öppning (gavlar, front) antas avgränsad av fyra halvoändliga skärmar A-D enligt figur 3.4.



Figur 3.4. Princip för skärmning av öppning i balkonglåda.

Vid bestämning av öppningens skärmeffekt beaktas endast den skärm (A-D) som ger störst effekt. Dämpningsfaktorn D enligt (3.10) används därvid. Infallsvinkeln θ' mot en delyta i fasadöppningen bestäms av den punkt inom balkongglådeöppningen som ger kortaste gångvägen mellan ljudkälla och delyta. Beräkningsförfarandet bör innebära att skärmdämpningen underskattas, speciellt vid låga frekvenser.

Genom summation av W_{tss} enligt (3.16) över alla speglade fasadöppningar och verklig fasadöppning (sätt $\alpha_{\theta'} = 0$) och öppningar i balkongglådan erhålls den totalt transmitterade ljudeffekten

$$(3.17) \quad W_{ts} = \sum_{\text{balkong-öppning}} \sum_{\text{fasad-öppning}} W_{tss}$$

Balkongdämpningen ΔL_b ges av (3.14) (jämför halvoändlig skärm)

$$(3.18) \quad \Delta L_b = L_p - L_{ps} = 10 \log (W_t / W_{ts})$$

3.4 Kommentarer

Övannämnda approximationer kan leda till att beräknade dämpningar blir felaktiga. Större fel kan också erhållas på grund av att geometrisk utbredningsteori (strålgång) har tillämpats. Denna förutsätter bl.a. att ljudväglängden är liten i förhållande till övriga längddimensioner (balkongdjup etc.). Speciellt vid frekvenser inom det lägsta oktavbandet (125 Hz) som beaktas är detta kriterie dåligt uppfyllt. Väglängden är då ca 3 m. Det finns därför risk för dålig överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta dämpningar vid låga frekvenser.

Vid beräkning av ΔL_b enligt (3.14) förutsätts kännedom om reduktionstalets vinkelberoende. Ytterligare en förenkling har därför införts. Beräkningen av ΔL_b har gjorts med två alternativa antaganden: reduktionstalet respektive transmitterad ljudeffekt är oberoende av infallsvinkeln. Det sistnämnda antagandet innebär att $10 \log (\cos \theta) - R_{\theta}$ är konstant för alla θ . Detta diskuteras vidare i avsnitt 5.10 samt bilaga 1.

Även för reflexionsfaktorn enligt (3.15) har ett förenklande antagande gjorts genom absorptionsfaktorer mätta med diffust ljudfält används. Dessa kan ses som medelvärden för olika infallsriktningar.

4 MODELLMÄTNINGAR

4.1 Frekvensområde

Normalt är man i vägtrafikbullersammanhang intresserad av A-vägda ljudnivåer ute och inne. Det frekvensområde som vanligen är betydelsefullt för bestämning av A-vägda ljudnivåer omfattar oktavbanden med mittfrekvenser 125-2000 Hz (tersbanden 100-2500 Hz).

Vid aktuell typ av modellmätningar skall i första hand längddimensioner och ljudvåglängd skalas på samma sätt. Ljudvåglängden är omvänt proportionell mot frekvensen. Mätningarna skall därför omfatta frekvenser som är 10 gånger högre än i det verkliga fallet, dvs. oktavband med mittfrekvenser 1.25-20 kHz (tersbanden 1-25 kHz).

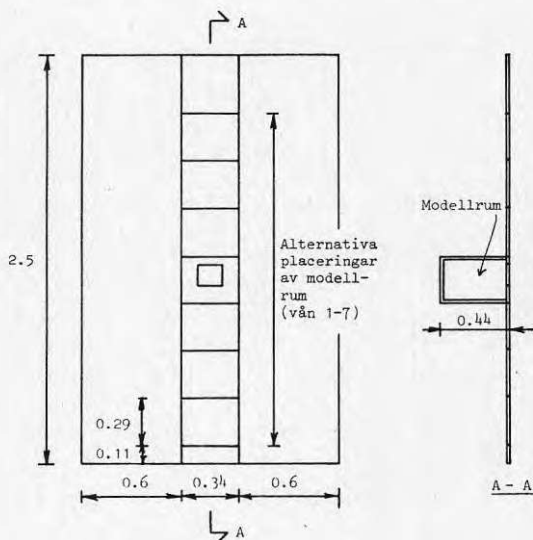
På den parallellanalysator som använts saknas filter för tersbandet 25 kHz. "Oktavbandet" 20 kHz omfattar därför tersbanden 16 och 20 kHz. Avsaknaden av tersbandet 25 kHz är av underordnad betydelse eftersom skärmdämpningar etc. är relativt svagt frekvensberoende vid höga frekvenser. Dessutom domineras den A-vägda trafikbullernivån av bullerkomponenter vid lägre frekvenser.

Det kan också nämnas att ljudabsorptionsfaktorer inte skall skalas.

4.2 Modell

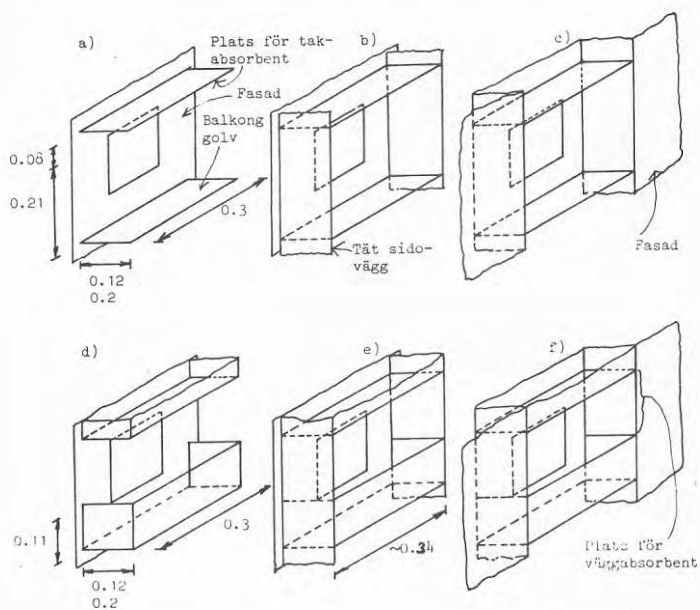
Modellen byggdes i skala 1:10 i kryssfaner (obehandlad) och spånskiva (lackad en gång). Absorptionsfaktorer för dessa material är < 0.15 för frekvenser upp till ca 25 kHz enligt Brebeck (1967).

Husfasaden var av 18 mm kryssfaner med bredden 1.54 m och höjden 2.5 m vilket motsvarar 8 våningar, se figur 4.1



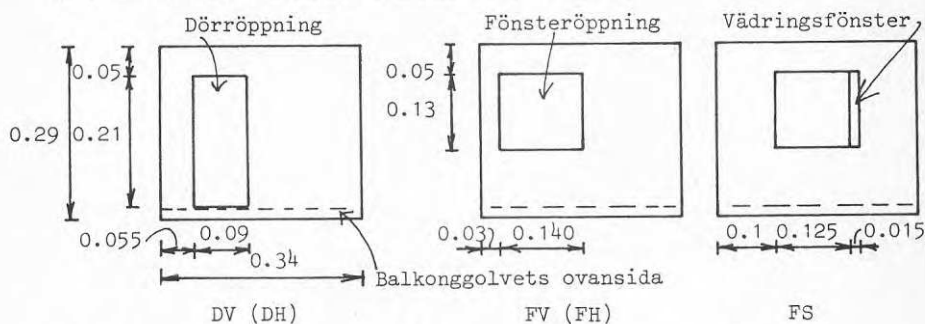
Figur 4.1 Modellfasad (mått i m).

I den centrala delen kunde ett flyttbart modellrum placeras på våningarna 1-7. På fasaden monterades balkonger med olika utformningar. Balkongerna var tillverkade av 8-12 mm kryssfäner eller spånskiva. De varianter som huvudsakligen använts framgår av figur 4.2. De i figur 4.2 redovisade varianterna avser fall med flera balkonger i höjdlid. Mätningar har även gjorts med en 0.2 m djup enstaka balkong (utan tak) med tätt räcke, jämför figur 4.2 d.



Figur 4.2 a-e. Balkongutformningar (mått i m). a) utbyggd utan räcke b) dito med sidoväggar c) inbyggd utan räcke d) utbyggd med tätt räcke e) dito med sidoväggar f) inbyggd med tätt räcke.

Även modellrummet var av 18 mm kryssfäner med invändiga mått: bredd 0.3 m, djup 0.4 m och höjd 0.25 m. Rumsfasaden var utbytbar. De olika fasadvarianterna framgår av figur 4.3.



Figur 4.3. Fasadvarianter. DV=dörröppning till vänster, DH=dito till höger, FV=fönsteröppning till vänster, FH=dito till höger, FS=symmetriskt placerad fönsteröppning (även med och utan "vädringsfönster" respektive helt öppet fönster).

I fallet med tät fasad användes 0.2 mm papp som fönster- respektive dörrkonstruktion. Pappen, som har låg ljudisolering, valdes för att få tillräckligt höga ljudtrycksnivåer relativt mikrofonbruset även i fallen med hög balkongdämpning. Eftersom mätningarna har gjorts oktavbandsvis behövde modellfasadens reduktionstal inte ha samma frekvensberoende som den verkliga fasaden.

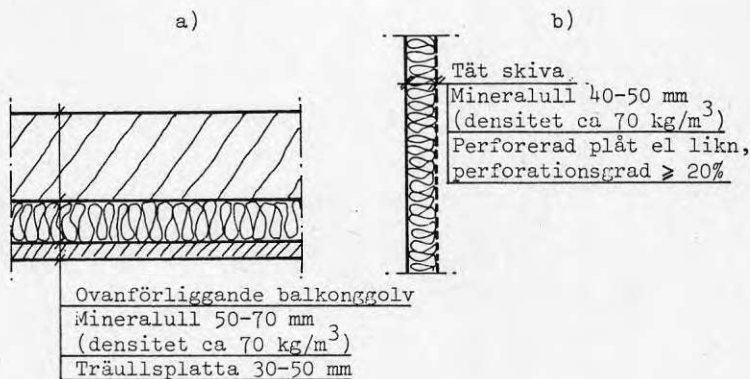
I fallet med "öppet vädringsfönster" försågs fasadöppningen med en 1 mm styv plastskiva i vilken ett hål skurits ut. Storleken på detta var ca $15 \times 140 \text{ mm}^2$, vilket bedömdes motsvara öppningen med vanligen förekommande vädringsfönster. Även några fall med "helt öppet fönster" (= öppning i fasaden) har studerats.

Placerings betydelse för ljuddämpningen då det gäller mindre ventilationsöppningar har studerats i några fall. Fasader (18 mm kryssfäner) utan fönsteröppning försågs därvid med hål $\phi 20 \text{ mm}$ placerade symmetriskt med centrum 30 respektive 210 mm över balkonggolvet.

4.3 Absorbenter

Det är i första hand balkongens tak och eventuella sidoväggar som är aktuella att förse med absorbentbeklädnader. I de situationer där det är möjligt att uppnå hög balkongdämpning krävs normalt också att dessa beklädnader har hög ljudabsorption inom ett brett frekvensområde. Vid andra situationer kan absorbenter med lägre absorptionsförmåga vara tillfyllest.

Några försök att optimera valet av absorbenter m.h.t. aktuell balkongdämpning har inte gjorts. Istället har studierna inriktats på två absorbenttyper som även kan anses lämpliga ur praktisk synpunkt. Dessa är skisserade i figur 4.4 nedan.

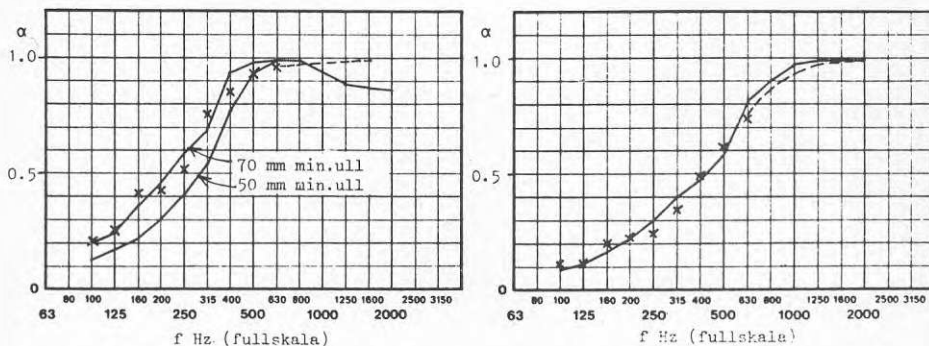


Figur 4.4 a,b. Tak- respektive väggabsorbent för praktiskt bruk.

Vid modellmätningarna har porösa mineralullsskivor utan täckskikt använts. Valet av mineralullstyp baseras på absorptionsmätningar av fullskala- respektive modellabsorbent med rörapparat. Tjockleken på de mätta modellabsorbenterna var ca 5 respektive 10 mm och densiteten ca 22, 50 respektive 120 kg/m^3 .

För fullskaleabsorbenterna omfattar mätningarna frekvensområdet ca 100-2000 Hz medan modellabsorbenterna endast är mätta inom 1000-6300 Hz på grund av rörapparatens begränsning. Absorptionsfaktorer för högre frekvenser har uppskattats.

Takabsorbenten och väggabsorbenten enligt figur 4.4 motsvaras bäst av en ca 10 mm respektive 5 mm tjock skiva med densiteten ca 120 kg/m^3 (Gullfiber 6152). I figur 4.5 jämföres uppmätta absorptionsfaktorer.



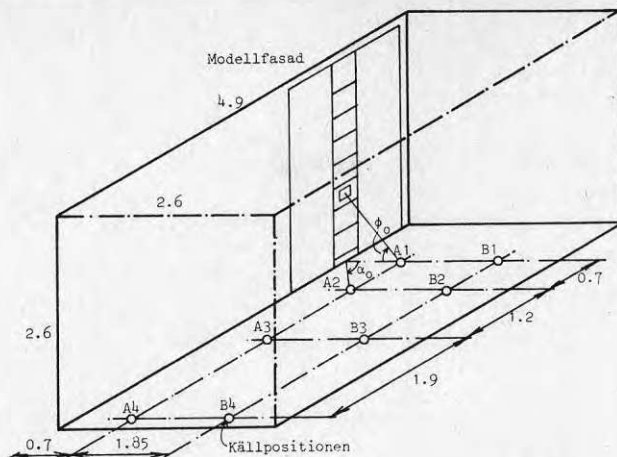
Figur 4.5 a,b. Absorptionsfaktorer mätta i rörapparat. Uppskattade värden: ----. Frekvensskalan för modellabsorbenter är $10 \times f$ Hz. a) Takabsorbent enligt figur 4.4 a: —; 10 mm mineralull, densitet 120 kg/m^3 : x x. b) Vaggabsorbent enligt figur 4.4 b: —; 5 mm mineralull, densitet 120 kg/m^3 : x x.

Som framgår av figur 4.5 a ger modellabsorbenten något högre absorption än takabsorbenten vid höga frekvenser. Vid jämförelse mellan balkongdämpningar mätta i modell och teoretiskt beräknade har absorptionsfaktorer enligt bilaga 2 använts.

4.4 Mättrum

Som mättrum har använts ett rum med hårt golv och absorberande väggar och tak. Rumsdimensionerna var $4.9 \times 2.6 \times 2.6 \text{ m}^3$ (längd \times bredd \times höjd). Väggar och tak var klädda med 45 mm mineralull med densiteten ca 22 kg/m^3 (Gullfiber 3024). Absorptionsfaktorn inom aktuellt frekvensområde var tillräckligt hög för att ljudreflexer från väggar och tak skulle kunna försummas.

Golvet som utnyttjades som vägbana var täckt med helklistrade linoleumplattor (absorptionsfaktor < 0.1). Modellfasaden monterades i liv med ena långväggen i mättrummet, se figur 4.6. Vid inbyggd balkong (figur 4.2 c,f) monterades extra fasadskivor framför den ursprungliga fasaden.

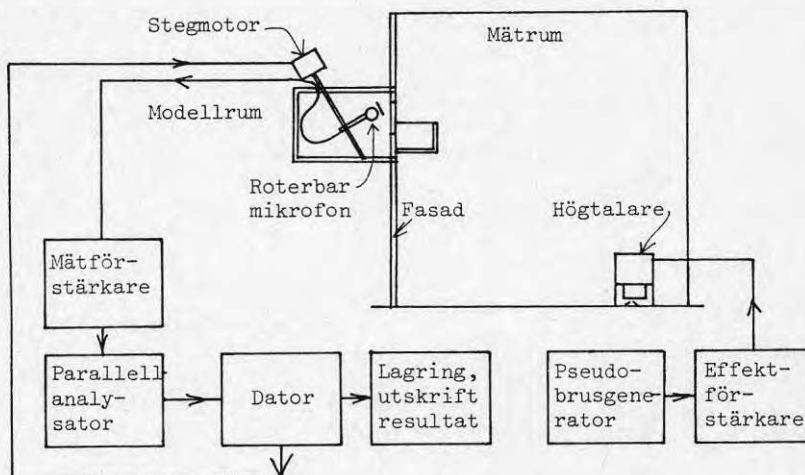


Figur 4.6. Mättrum med modellfasad och källpositioner (A1-A4, B1-B4). Samtliga ytor utom golv (linoleum) och fasad är klädda med 45 mm mineralull, densitet ca 22 kg/m³.

Mätningarna utfördes med ljudkällan i diskreta positioner. Dessa var belägna utefter linjer (väbanan) med två olika avstånd (0.7 respektive 1.85 m) till fasaden. Utmed varje linje fanns fyra positioner. Huvudsakligen utnyttjades tre av dessa: A1, A2, A4 respektive B1, B3, B4.

4.5 Beskrivning av mätsystem

Mätsystemets principiella uppbyggnad framgår av figur 4.7 nedan.



Figur 4.7. Principiell uppbyggnad av mätsystem för modellmätningar.

Mätssystemets funktion var i korthet följande.

Högtalaren i mätrummet matades med bredbandigt (0.8 - 25 kHz) brus från en pseudobrusgenerator via en effektförstärkare. Pseudobrusgeneratorn är närmare beskriven av Nordlund (1977).

Ljudet i modellrummet registrerades med en 1/2-tums mikrofon som var fäst vid en roterbar, snedställd axel. Axeln vreds med en stegmotor varvid mikrofonen rörde sig i en sned cirkelbana i rummet. Stegmotorn styrdes via datorn.

Cirkelns radie var ca 100 mm med origo 150 mm över golv, 220 mm från fasad och 150 mm från sidovägg. Cirkelytans normal lutade ca 33° från vertikalaxeln. Minsta mikrofonavstånd till rummets begränsningsytor blev därmed 50 mm.

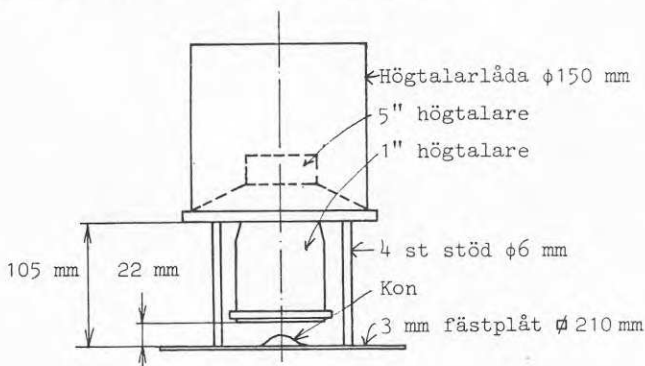
Antalet möjliga fasta mikrofonpositioner utefter cirkelbana uppgick till ca 1000. Vid mätningarna utnyttjades normalt 10 positioner jämnt fördelade över banan.

Mikrofonsignalen frekvensanalyserades med en parallellanalysator (Brüel & Kjaer 3347). I varje mikrofonposition utlästes ett antal frekvensspektra (normalt 4) från analysatorn till datorn. Tiden mellan varje avläsning uppgick till ca 1 sekund medan analysatorns tidskonstant var ca 20 sekunder. Utgående från spektra för samtliga positioner beräknades ett medelspektrum. Tillsammans med data för aktuellt mätfall lagrades detta medelspektrum på ett yttre skivminne. Analys och medelvärdesbildning gjordes tersbandsvis men omräknades till och lagrades som oktavbandsvärden.

Mätning och analys av ljudet på balkongen har i princip genomförts på samma sätt, men med fasta mikrofonpositioner. En 1/8-tums mikrofon användes då.

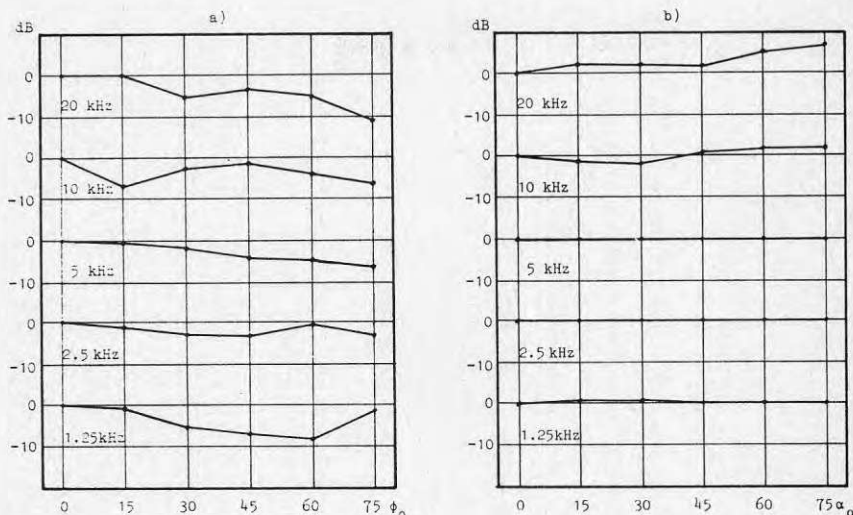
4.6 Ljudkälla

Med hänsyn till jämförelserna med beräknade balkongdämpningar hade det varit önskvärt med en liten rundstrålande ljudkälla placerad i golvnivå. För att kunna utnyttja lättillgänglig utrustning har dock en högtalarkonstruktion använts, se figur 4.8. Denna försågs med två högtalare (1-tums respektive 5-tums) för att kunna täcka in hela mätområdet (ca 0.8 - 25 kHz).



Figur 4.8. Högtalarkonstruktion.

Genom att högtalarna placerades ovanpå varandra erhöles en svag direktivitet i sidled, se figur 4.9 b (α_0 och ϕ_0 enligt figur 4.6). Direktiviteten i höjdljed var betydligt större, se figur 4.9 a.



Figur 4.9 a,b. Ljudkällans direktivitet mätt i oktavband på 1 m avstånd från skärningspunkten högtalaraxel-golv. a) Vertikalt, sidvinkel $\alpha_0 = 0^\circ$. Nivåer relativt $\phi_0 = 0^\circ$. b) Horisontellt, $\phi_0 = 30^\circ$. Nivåer relativt $\alpha_0 = 0^\circ$.

4.7 Val av källpositioner

Det är i innerstadsfallet som bullerdämpning med balkonger kan få störst betydelse. Speciellt gäller detta då vägen går parallellt med fasaden på kort avstånd. Någon extra dämpning (t.ex. skärmning) utöver avståndsdämpningen finns normalt inte.

Det expositionsmaßt som skall användas för bedömning av vägtrafikbuller enligt SOU (1974) är ekvivalenta ljudnivåer i dBA för dygn som definieras

$$(4.1) \quad L_{Ae} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_A(t)/10} dt$$

där $L_A(t)$ är den momentana ljudnivån i dBA och T är aktuellt tidsintervall (t.ex. dygn). Vid bestämning av den ekvivalenta ljudnivån i en punkt måste man i innerstadsfallet normalt ta hänsyn till buller från hela vägsträckan.

I fallet med balkonger kan balkongdämpningen variera i olika riktningar. För att förenkla beräkningar är det önskvärt med ett medelvärde för dämpningen i olika riktningar.

Mättekniskt skulle ett sådant medelvärde kunna erhållas genom att använda en ljudkälla som flyttas med konstant fart längs körbanan. Vid modellmätningarna har emellertid använts ett antal fasta källpositioner dels för att förenkla mätförfarandet dels för att kunna studera balkongdämpningens variation med olika infallsvinklar.

För de flesta balkongvarianter har tre källpositioner utnyttjats, jämför figur 4.6. Infallsvinkeln α_0 (mätt i horisontalplanet) var 0° , 45° och 80° för främre körbanan respektive 0° , 45° och 64° för bortre körbanan.

4.8 Mätförfarande

Balkongens insättningsdämpning för de olika källpositionerna har bestämts genom att mäta ljudtrycksnivåerna i modellrummet utan och med balkong. Skillnaden mellan dessa ljudtrycksnivåer utgör insättningsdämpningen ΔL_b , jämför med uttryck (3.14) i avsnitt 3.2 ovan.

Mätningarna "utomhus" på balkongen gjordes på motsvarande sätt men med en helt tät och slät fasad. Två mikrofonpositioner utnyttjades. Dessa var belägna 0.05 m ut från fasaden, 0.12 m över balkonggolvet samt 0.12 m från fasadmitten.

5 MÄT- OCH BERÄKNINGSRESULTAT

I detta avsnitt redovisas och diskuteras erhållna mät- och beräkningsresultat. Antalet uppmätta balkongdämpningar (oktavbandspektra) uppgår till närmare ett tusental. Alla resultat redovisas inte här. Skillnaden i dämpning mellan inbyggd och utbyggd balkong var relativt liten (se avsnitt 5.2). Resultatredovisningen har koncentrerats till den utbyggda balkongen bl.a. därför att denna typ kan förekomma i något fler varianter.

I bilaga 3 redovisas rådata för balkongdämpningen i form av oktavbandsspektra. Utgående från dessa har balkongens insättningsdämpning i dBA inomhus, ΔL_{Ab} respektive ΔL_{Aeb} , beräknats enligt bilaga 1.

ΔL_{Ab} avser enstaka källposition medan ΔL_{Aeb} avser medelvärdet för tre källpositioner. Beräkningarna har gjorts för fyra olika reduktionstal hos öppningen i fasad. Redovisningen här kommer dock att begränsas till två fall: stängt 2-glasfönster respektive öppet fönster. Beräknade värden för öppet fönster baseras på mätningarna gjorda med "fönster" (pappskiva) om inget annat anges. Detta gäller även dämpvärden för stängt fönster.

Dessa två varianter ger en god bild av dämpningen vid låga respektive höga frekvenser. Vid frekvensoberoende rumsabsorption och 2-glasfönster (3 mm glas 40 mm luftspalt) dominerar bidraget från oktavbanden 125-250 Hz ljudnivån i dBA. Vid öppet fönster dominerar oktavbanden 500-2000 Hz. I modellskala är det således oktavbanden 1.25-2.5 kHz respektive 5-20 kHz som är aktuella.

Det kan nämnas att balkongens insättningsdämpning för ett 3-glasfönster med förhöjd ljudisolering (4 mm glas och luftspalt ca 12 respektive 75-100 mm) ofta blir något lägre än för ett 2-glasfönster. Totaldämpningen för 3-glasfönstret är utan balkong dock ca 10 dBA högre. Det har därför bedömts som mindre intressant att redovisa balkongdämpningar för denna fönsterkonstruktion. Med en skiljekonstruktion som har frekvensoberoende reduktionstal blir dämpningen endast något lägre än för fallet med öppet fönster.

5.1 Uppmätta balkongdämpningar i oktavband

I bilaga 3 redovisas uppmätta dämpningar inom oktavband för olika fall med utbyggd balkong. Ett par kommentarer skall ges här.

Man noterar att för vissa balkongvarianter utan absorberer (se t.ex. figur 301 a-f, 309 a-f) erhålls negativa dämpningar, d.v.s. förstärkning på grund av balkongen, på upp till 3-4 dB.

Ätminstone för fallen med absorberer ökar dämpning i stort sett med ökad höjdvinkel till balkongen. Detta kan också förväntas eftersom balkongens effektiva skärnhöjd också ökar och därmed dämpningen.

Dämpningen är normalt störst med ljudkällan mitt för balkongen (positionerna A1, B1). Utan sidoväggar avtar dämpningen med ökande sidvinkel α_0 (figur 4.6). Detta är att förvänta eftersom avskärmningen på grund av balkongen då blir sämre. Med sidoväggar är det i stort sett tvärtom.

5.2 Inbyggd respektive utbyggd balkong

Det som kan tänkas skilja helt inbyggd balkong från utbyggd balkong med sidoväggar ur ljuddämpningssynpunkt är läget av fasaden runt balkongen. Ljudreflexen mot fasaden medför en ljudtrycksökning runt balkongöppningen. Denna tryckökning kan bli större vid inbyggd än utbyggd balkong, där fasaden är i liv med öppningen. Det är därför möjligt att den inbyggda balkongen ger lägre dämpning, speciellt vid låga frekvenser.

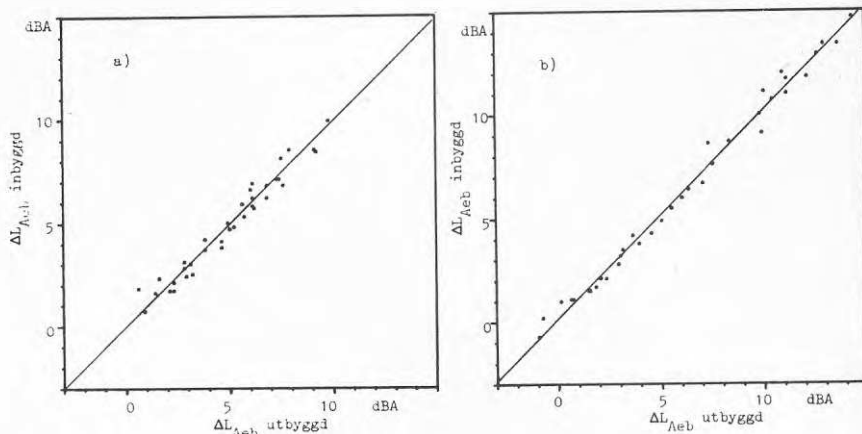
Dämpningen ΔL_{Aeb} och ΔL_{Aeb} för inbyggd respektive utbyggd balkong har bestämts för sex olika balkongvarianter (se figur 4.2):

- . balkongdjup 1.2 respektive 2 m, tätt räcke
- . utan absorbent
- . med takabsorbent
- . med tak- och väggabsorbent

Balkongdämpningen har mätts på våning 1, 4 och 7 med ljudkällan i positionerna A1, A2, A4 respektive B1, B3, B4, se figur 4.6.

Notera att alla dämpningar för inbyggd balkong relateras till fallet med fasaden i liv med fönsteröppningen.

I figur 5.1 nedan jämföres ΔL_{Aeb} (36 medelvärden) uppmätt med utbyggd (U) respektive inbyggd (I) balkong. Korrelationskoefficienten R har bestämts med linjär regressionsanalys.



Figur 5.1 a,b. Jämförelse mellan uppmätta ΔL_{Aeb} (36 medelvärden) med utbyggd (U) respektive inbyggd (I) balkong. a) 2-glasfönster: $I = 0.1 + 0.96 \cdot U$ ($R = 0.98$). b) öppet fönster: $I = 0.3 + 1.00 \cdot U$ ($R = 0.995$).

Som framgår av figur 5.1 är skillnaden i ΔL_{Aeb} mellan inbyggd och utbyggd balkong i genomsnitt ≤ 0.3 dBA för aktuella värden på ΔL_{Aeb} . Som mest är skillnaden 1.3 dBA. Korrelationskoefficienterna är också höga.

Jämför man istället dämpningarna för enskilda positioner (108) blir skillnaderna något större, som mest 2.3 dBA. Med 2-glasfönster erhöles sambandet $I = 0.3 + 0.91 \cdot U$ och korrelationskoefficienten $R = 0.94$. Med öppet fönster erhöles $I = 0.1 + 0.96 \cdot U$ och $R = 0.98$.

Slutsatsen av ovanstående jämförelse blir att skillnaderna i dämpning med utbyggd respektive inbyggd balkong normalt är mycket små. Det finns därför ingen anledning att särskilja dessa varianter.

5.3 Balkongdämpning som funktion av höjdinkel ϕ_0

I bilaga 4 (figur 401-420) redovisas $\Delta L_{A_{eb}}$ som funktion av höjdvinkeln ϕ_0 (se figur 4.6) för ett antal balkongvarianter. Detta material utgör underlag för de anvisningar för bestämning av balkongdämpning som beskrivs i avsnitt 6 nedan. En "jämn" form för dämpningsfunktionen har därvid antagits. Enstaka större avvikelser (2-3 dBA) från kurvan har bortsetts från.

Man kan konstatera att för fallen med absorbenter är dämpningen $\Delta L_{A_{eb}}$ vid öppet fönster högre än vid stängt fönster. Speciellt vid stora höjdvinklar kan skillnaden bli betydande - upp till ca 5 dBA. Detta är rimligt med tanke på att skärmen dämpar det högfrekventa ljudet bäst. För dessa fall ökar också dämpningen med ökande höjdinkel till följd av att balkongens effektiva skärnhöjd blir större.

En jämförelse har gjorts med fullskalemätningar som redovisats av Gilbert (1968). Dessa mätningar är refererade av Kamph (1980), och avsåg en 1 m djup balkong. Som jämförelsematerial valdes den 1.2 m djupa balkongen. Förutom skillnaden i balkongdjup finns skillnader mellan absorbentbeklädnaderna.

Följande balkongtyper har jämförts. Figurnummer inom parentes avser balkongvarianter enligt bilaga 4.

1. Balkong med glest räcke. (Figur 401).
2. Dito men med ljudabsorbent i taket. Absorbenten var av porös typ, 100 mm tjock och monterad med 50 mm luftspalt bakom. Absorptionskoefficienten uppges vara ca 0.8 inom oktavbandet 125 Hz och ca 0.4-0.6 inom oktavbanden 250-2000 Hz. (Figur 402).
3. Balkong med 1 m högt tätt räcke. (Figur 403).
4. Dito men med samma ljudabsorbent som i fall 2 i taket och på insidan av räcket. (Figur 404).
5. Balkong med tätt räcke och hela sidoväggar. (Figur 406).
6. Dito men med absorbentbeklädnad i tak, på insidan av räcket och på sidoväggar (Figur 408).

I tabell 5.1 nedan redovisas ΔL_{Aeb} för öppet fönster enligt Gilbert (G) respektive modellmätningarna (M) för olika höjdvinklar.

Tabell 5.1 Balkongdämpning ΔL_{Aeb} enligt Gilbert (G) respektive modellmätningar (M).

Balkongtyp/ källa	ϕ_o :	0°	15°	30°	45°	60°	75°
1	G	-1.5	-1	0	0	0	2
	M	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	1
2	G	-1	0	0	1.5	3	6.5
	M	0	0	0	1	2.5	4
3	G	-1.5	-0.5	1	1	1	2
	M	1	1	1	1	2	3.5
4	G	-1	0.5	3	5	4.5	9.5
	M	0	2	3.5	5	7	8.5
5	G	0.5	1.5	2	2	3	4.5
	M	-1	0.5	2	2.5	3	3.5
6	G	2	2.5	6	8	12	13.5
	M	2	4.5	7	9	11	13

Skillnaden i dämpning är i de flesta fall liten (som mest 2.5 dBA) trots att jämförelsen inte avser exakt samma balkongutformning.

5.4 Fönsterplaceringens betydelse

Inverkan av fönsterplaceringen i sidled på balkongdämpningen skall redovisas med ett exempel. Aktuella fönsterplaceringar var FV (vänster), FH (höger) respektive FS (symmetrisk) enligt figur 4.3. Mätningarna har gjorts på en 0.2 m djup balkong med sidoväggar och absorberent i tak och på väggar. Balkongen var placerad på våning 4. Ljudkällpositionerna var B1, B3 och B4 enligt figur 4.6.

I tabell 5.2 nedan redovisas mätresultat i form av ΔL_{Ab} respektive ΔL_{Aeb} (medelvärde för 3 källpositioner) för 2-glasfönster respektive öppet fönster.

Tabell 5.2 Balkongdämpning ΔL_{Ab} respektive ΔL_{Aeb} (medelvärde) i dBA för olika fönsterplaceringar.

Fönstertyp	Källposition	Fönsterplacering		
		FV	FS	FH
Stängt fönster	B1	6.2	6.1	6.4
	B3	9.1	8.7	5.5
	B4	11.7	10.0	9.8
	Medelvärde B1, B3, B4	8.4	7.9	6.9
Öppet fönster	B1	7.3	8.4	8.5
	B3	14.3	12.5	9.8
	B4	14.5	13.9	14.0
	Medelvärde B1, B3, B4	10.6	10.9	10.2

Som framgår av tabell 5.2 varierade dämpningen ΔL_{Ab} som mest ca 5 dBA medan ΔL_{Aeb} varierade betydligt mindre (<1.5 dBA). I genomsnitt var dämpningen lägst för det högerplacerade fönstret. Detta fönsterläge är ju också minst skärmat.

ΔL_{Aeb} enligt ovan har baserats på mätvärden för tre källpositioner som representerar en sektor om ca 90°, se bilaga 1. Vid symmetriskt placerad öppning erhålls två lika sektorer om 90°. Mätvärdena kan då sägas representera hela vägsträckan (sektorvinkel 180°). För fallet med osymmetrisk placering bör medelvärdet för FV och FH i tabell 5.2 användas. Detta värde avviker mycket litet från värdet för symmetriskt placerad öppning.

Fönsteröppningens placering i sidled bedöms därför inte nämnvärt påverka balkongdämpningen ΔL_{Aeb} vid sektorvinkel 180°. Fönstrets utsträckning i sidled förutsätts dock begränsad av balkongbredden.

5.5 Balkongdämpning vid öppet och stängt fönster

Balkongdämpningen ΔL_b uppmätt med helt öppet fönster respektive stängt fönster (öppning FS i figur 4.3) har jämförts. Följande varianter med en 0.2 m djup balkong har mätts på våning 4.

1. Tätt räcke, ej takabsorbent (Fig. 311)
2. Tätt räcke, och sidoväggar, takabsorbent (Fig. 314)
3. Som 2 men även väggabsorbent (Fig. 315)

Dämpningarna inom oktavband, ΔL_b , finns redovisade i bilaga 3 - figur 311, 314 och 315. Utgående från dämpningarna uppmätta med öppet respektive stängt fönster har ΔL_{Ab} och ΔL_{Aeb} för öppet fönster beräknats. Resultatet kan sammanfattas enligt följande.

- Endast för ett fåtal fall var ΔL_{Ab} mätt med öppet fönster lägre (som mest 1 dBA).
- ΔL_{Aeb} för bortre körbanan var 0.2-0.6 dBA högre vid mätning med öppet fönster. Motsvarande värden för främre körbanan var 0.6-1.3 dBA.
- Skillnaderna i ΔL_{Aeb} mätta med öppet respektive stängt fönster minskade med ökande absorbentbeklädnad.

Ett fåtal jämförelser med stängt fönster (typ FS) och öppet "vädringsfönster" (figur 4.3) har också gjorts. Även dessa resultat tydde på något högre dämpning ΔL_{Aeb} med öppet vädringsfönster.

Även Gibert (1969) och Oldham/Mohsen (1979) har konstaterat att mätning med öppet fönster ger något högre dämpningar än med stängt fönster. En möjlig orsak kan vara att fönsteröppningen medför diffraktion över två skärmkrön.

I bilaga 4 redovisas beräknade ΔL_{Aeb} för 2-glasfönster samt öppet fönster. Samtliga resultat är baserade på mätningar med tät fönsteröppning. Med hänsyn till ovannämnda resultat kan alltså dämpningarna vid öppet fönster vara något underskattade.

5.6 Balkongdämpning vid fönster- och dörröppning

Dörröppningens nedre del är normalt mer skärmd än den övre delen. Balkongens insättningsdämpning skulle därför kunna bli högre för en dörr än ett fönster.

Mätningar har utförts med högerplacerad dörröppning (DH i figur 4.3) och en 0.2 m djup balkong i följande varianter (balkong på våning 4):

1. Tätt räcke, ej takabsorbent
2. Tätt räcke och sidoväggar, takabsorbent
3. Som 2, men med väggabsorbent

Sex källpositioner (båda körbanorna) utnyttjades. Jämförelser har gjorts med mätningar på symmetriskt placerat fönster (FS i figur 4.3).

Med stängt 2-glasfönster var ΔL_{Aeb} ca 1 dBA lägre med dörröppning. Enligt avsnitt 5.4 gav dock ett högerplacerat fönster ca 1 dBA lägre dämpning än ett symmetriskt placerat fönster. Skillnaden i dämpning med dörr- respektive fönsteröppning är därför liten.

Med öppet fönster var ΔL_{Aeb} ca 0.5 dBA högre med dörröppning. Ett högerplacerat fönster gav dessutom (avsnitt 5.4) ca 0.5 dBA lägre dämpning än ett symmetriskt placerat fönster. Dörröppningen skulle således kunna ge någon dBA högre dämpning än fönsteröppningen.

Skillnaderna i dämpning vid fönster- respektive dörröppning är så pass små att man i normala fall kan bortse från dem.

5.7 Balkongdämpning vid ventilationsöppning

Balkongens tillskotts dämpning har uppmätts för 2 olika placeringar av en tänkt ventilationsöppning (avsnitt 4.2). Mätningarna har gjorts med en 0.2 m djup balkong (på våning 4) för följande varianter:

1. Tätt räcke, ej absorbent
2. Tätt räcke och sidoväggar, takabsorbent
3. Som 2, men med väggabsorbent

Dämpningar ΔL_D inom oktavband redovisas i bilaga 3, figur 318-319. Endast en kort kommentar till resultaten skall ges här.

Utgående från uppmätta dämpningar har ΔL_{Aeb} för 2-glasfönster bestämts. Som nämnts tidigare ger detta en uppfattning om dämpningen vid låga frekvenser. Dessa värden har jämförts med ΔL_{Aeb} för en symmetriskt placerad fönsteröppning (FS i figur 4.3).

ΔL_{Aeb} för fönsteröppningen var i genomsnitt ca 2 dBA högre än ΔL_{Aeb} för ventilationsöppningen både vid hög och låg placering av denna. Detta kan möjligen ha berott på att den nedre öppningen, som visserligen var bättre skärmad, var placerad nära en hård yta (balkonggolvet). En lokal ljudtrycksökning var därför möjlig. Den övre öppningen var istället sämre skärmad.

5.8 Inverkan av springor i balkongräcke

Inverkan av en 10 mm (fullskala 0.1 m) bred springa mellan balkong-
golv- och främre balkongräcket har studerats. En lågt placerad
springa bedömdes ha störst inverkan på balkongdämpningen. Balkong-
räcke och sidoväggar var i övrigt täta. Mätningarna har gjorts
på en 0.2 m djup balkong med sidoväggar och absorber i tak och
på väggar. Balkongen var placerad på våning 4. Ljudkällepositioner
var B1, B3 och B4 enligt figur 4.6.

Utan springa varierade balkongdämpningen ΔL_{Ab} mellan ca 7-13 dBA
och ca 9-16 dBA vid 2-glasfönster respektive öppet fönster. Med
springa erhöles ca 2 respektive ca 2.5 dBA lägre dämpning. För-
sämringen var i stort sett oberoende av infallsvinkeln.

Det kan nämnas att en försämring om 3 dBA innebär att i stort sett
lika mycket ljudenergi passerar genom springan som över balkong-
räcke etc. Vid lägre dämpningar än i fallet ovan blir inverkan
av springan mindre. Man bör således undvika stora springor i bal-
kongens räcke och sidoväggar samt vid anslutningar till övriga
delar om dessa skall kunna räknas som täta.

Skillnaden i dämpning mellan balkonger med ett glest (gallertyp)
respektive tätt balkongräcke framgår av bilaga 3, figur 302
respektive 304. Som synes har ett tätt räcke en avgörande betydelse
för att få hög dämpning.

Det kan i detta sammanhang nämnas att balkongräcke, sidoväggar
etc. måste förutom att vara täta även ha en tillräckligt hög
ytvikt för att ljudet som passerar genom räcke e.t.c. skall vara
försumbart. Ljudreduktionen hos räcke e.t.c. bör vara ca 10 dBA högre
än balkongens insättningsdämpning. För de balkongfall som ger
högsta dämpningen (ca 15 dBA vid öppet fönster) torde krävas en
ytvikt runt 10 kg/m² hos räcke och sidoväggar.

5.9 Balkongdämpning utomhus

Balkongdämpningen har uppmätts i 2 mikrofonpositioner (se avsnitt
4.8) på balkongen. Mätningarna har gjorts för en 0.2 m djup bal-
kong (på våning 1, 4 och 7) med följande utformningar:

1. Tätt räcke och sidoväggar, ej absorber
2. Som 1, men med takabsorbent
3. Som 1, men med tak- och väggabsorbent

I vissa fall noterades relativt låga dämpningar inom bl.a. oktavbandet 10 kHz. Orsaken till detta var sannolikt att ljudtrycksnivån utan balkong blev låg på grund av interferens mellan direktljud och ljud reflekterat mot fasad, se t.ex. Lindblad (1977).

Utgående från uppmätta dämpningar ΔL_b (medelvärde för 2 mikrofonpositioner) har ΔL_{Aeb} beräknats enligt bilaga 1. Därvid sattes alla $\cos \theta_i = 1$, $R_{\theta_i} = 0$ och $10 \log A_e = 0$. I bilaga 4, figur 4.18-4.20 redovisas ΔL_{Aeb} som funktion av höjdvinkeln ϕ_0 (figur 4.6).

5.10 Teoretiskt beräknade balkongdämpningar

Balkongens dämpning ΔL_b har beräknats för ett antal fall enligt modellen beskriven i avsnitt 3. Utgående från dessa dämpningar har ΔL_{Ab} respektive ΔL_{Aeb} bestämts enligt bilaga 1. Teoretiskt beräknade värden har jämförts med uppmätta värden. Nedan redovisas resultaten av denna jämförelse. Följande balkongvarianter ingår:

Utan absorbenter

1. 0.2 respektive 0.12 m djup balkong, tätt räcke
2. Som 1, men med täta sidoväggar

Med absorbenter

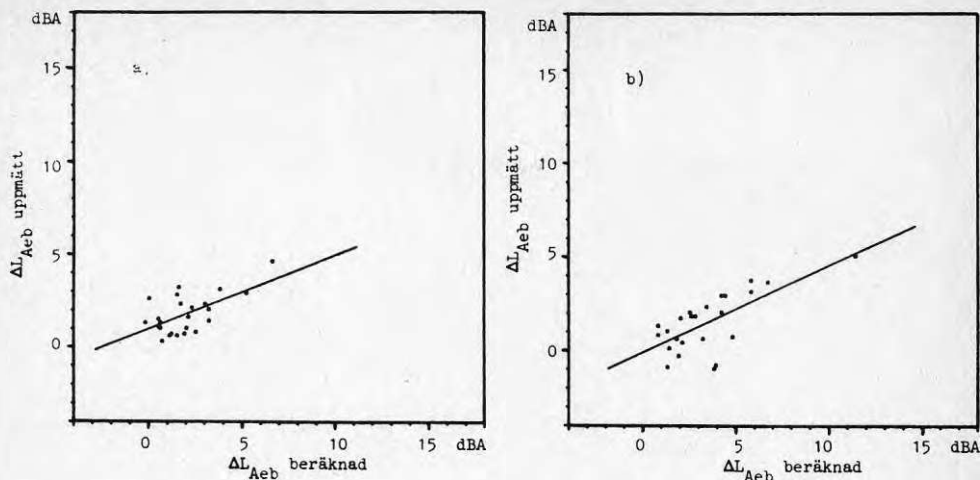
3. 0.2 respektive 0.12 m djup balkong, tätt räcke, takabsorbent
4. Som 3, men med täta sidoväggar
5. Som 4, men med väggabsorbent
6. 0.2 m djup singelbalkong (utan tak), tätt räcke

Som nämndes i avsnitt 3.4 har beräkningarna utförts under två olika antaganden om reduktionstalets vinkelberoende, jämför uttryck (3.14).

I det ena fallet antogs reduktionstalet vara vinkeloberoende ($R_{\theta'} - R_{\theta} = 0$ dB). I det andra fallet antogs att den transmitterade ljudeffekten var oberoende av infallsvinkeln, se även Ljunggren (1973). Med det sistnämnda antagandet erhöles betydligt bättre överensstämmelse mellan beräknade och mätta dämpningar för sneda infallsvinklar. Nedan angivna resultat avser därför detta fall. Vid beräkningarna indelades fasadöppningarna i nio deltytor.

Balkongerna har vid jämförelsen indelats i två grupper - utan och med absorbenter. Orsaken till detta är att utan absorbenter erhöles dålig överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta värden. För gruppen med absorbenter var överensstämmelsen god.

I figur 5.2 nedan jämförs uppmätta och beräknade ΔL_{Aeb} (medelvärde för 3 källpositioner) för gruppen utan absorbenter. Korrelationskoefficienter R har bestämts med linjär regressionsanalys.

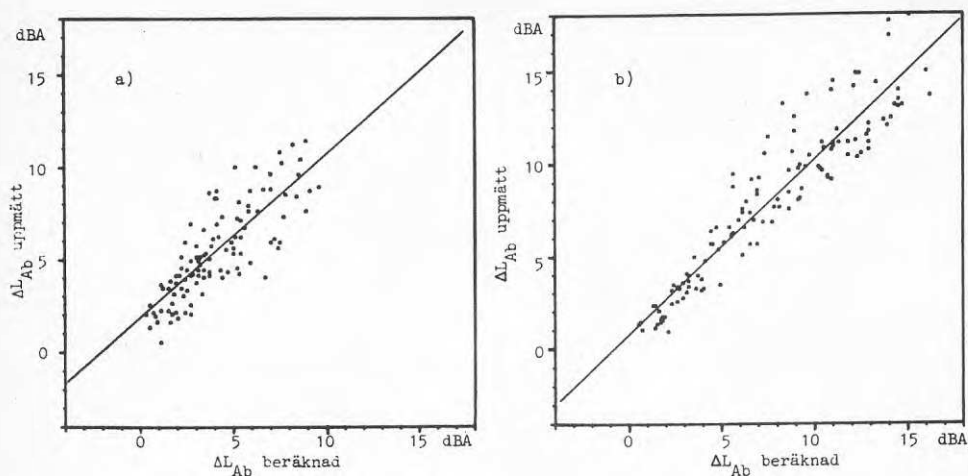


Figur 5.2 a, b. Jämförelse mellan beräknade (B) och uppmätta (M) ΔL_{Aeb} för balkonger utan absorbenter (24 värden). a) 2-glasfönster: $M = 1.0 + 0.40 \cdot B$ ($R = 0.62$). b) öppet fönster: $M = -0.1 + 0.47 \cdot B$ ($R = 0.70$).

Som framgår av figur 5.2 är beräknade dämpningar i genomsnitt för höga. Korrelationskoefficienterna är också relativt låga. Om man jämför enstaka källpositioner blir korrelationen ännu något sämre. En möjlig orsak till den dåliga överensstämmelsen kan vara att endast första ordningens reflexer beaktas i den teoretiska modellen.

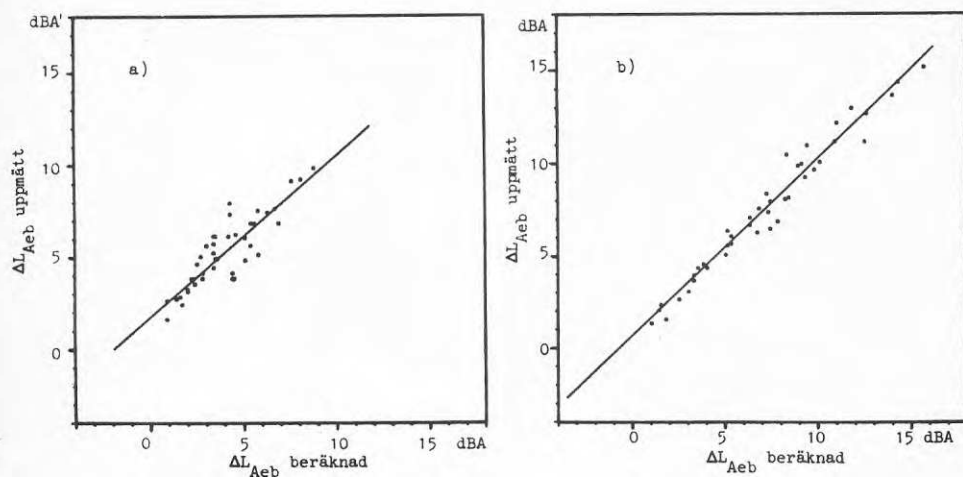
Multipla reflexer mellan bl.a. tak och golv kan tänkas vara av stor betydelse. Detta indikeras av mätningar gjorda med absorbenter på golvet. I dessa fall ökade dämpningen markant med absorber på golvet. En bättre överensstämmelse mellan beräknade och mätta dämpningar erhöles därmed. Ur praktisk synpunkt är detta knappast intressant. Några mer ingående jämförelser har därför inte utförts.

För gruppen med absorbenter erhöles ΔL_{Ab} (enstaka källpositioner) enligt figur 5.3.



Figur 5.3 a,b. Jämförelse mellan beräknade (B) och uppmätta (M) ΔL_{Ab} för balkonger med absorbenter (128 värden). a) 2-glasfönster: $M = 1.9 + 0.88 \cdot B$ ($R = 0.80$). b) öppet fönster: $M = 0.8 + 0.94 \cdot B$ ($R = 0.93$).

Som synes är korrelationen hög mellan uppmätta och beräknade dämpningar med öppet fönster. Med 2-glasfönster erhålls en sämre korrelation, vilket var att förvänta (avsnitt 3.4). I båda fallen är beräknade dämpningar i genomsnitt för låga. Motsvarande jämförelse för ΔL_{Aeb} framgår av figur 5.4.



Figur 5.4 a,b. Jämförelse mellan beräknade (B) och uppmätta (M) ΔL_{Aeb} för balkonger med absorbenter (42 värden). a) 2-glasfönster: $M = 1.7 + 0.88 \cdot B$ ($R = 0.88$). b) öppet fönster: $M = 0.6 + 0.96 \cdot B$ ($R = 0.98$).

I detta fall är korrelationen ännu högre. Det förefaller således som om beräkningsmodellen fungerar hyggligt för balkongfall med absorberter och öppet fönster. Eventuellt kan man införa en korrektion baserad på regressionslinjerna enligt figur 5.3-5.4 (säg $M = 0.7 + 0.95 \cdot B$). För fallet med stängt fönster kan modellen möjligen användas om beräknade värden korrigeras på motsvarande sätt.

6 ANVISNINGAR FÖR BESTÄMNING AV BALKONGDÄMPNING

I avsnitt 6.2 nedan ges ett förslag till anvisningar för bestämning av balkongens insättningsdämpning för vägtrafikbuller. Anvisningarna är tänkta att utgöra ett komplement till den nordiska beräkningsmodellen, statens naturvårdsverk (1979). De är i första hand avsedda att tillämpas på innerstadsfallet eller liknande fall där mark- och skärmdämpning av försumbar. Beräkningsförfarandet baseras på de dämpningar som redovisas i bilaga 4. Se också avsnitt 5.3.

6.1 Förutsättningar

Den i bilaga 4 angivna balkongdämpningen gäller under nedan uppräknade förutsättningar. Smärre avvikelser från dessa torde inte påverka dämpningen kritiskt.

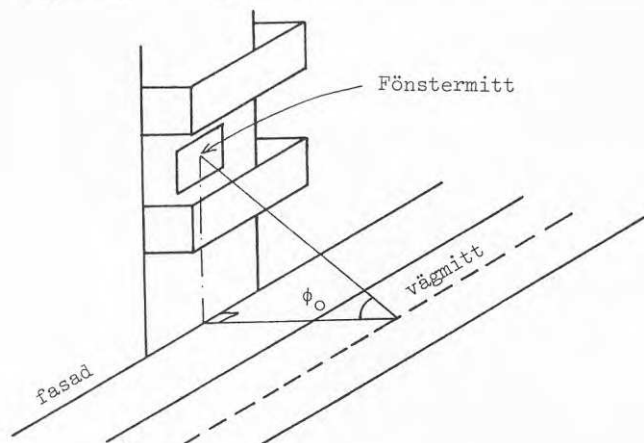
- Alla värden är relaterade till fallet utan balkong
- Balkongbredd ca 3 m
- Balkongdjup 1.2-2 m
- Balkongräckets höjd 1-1.2 m
- Balkongräcke och sidoväggar skall vara täta samt ha tillräckligt hög ljudreduktion (avsnitt 5.8)
- Fallet "utan räcke" i bilaga 4 avser ett glest räcke av spjältyp eller liknande
- Tak- och väggabsorbenter skall ha god ljudabsorptionsförmåga. Exempel på sådana absorbenter ges i figur 4.4. Väggabsorbenterna behöver bara täcka den del av sidoväggarna som är ovanför balkongräcket.
- Fönster är placerade inom balkongens utsträckning i sidled. Normal fönsterbröstning antages. Dämpningarna gäller även balkongdörrar. Den dominerande ljudtransmissionen genom fasaden förutsätts ske via fönster eller dörrar.
- Med öppet fönster avses ett mer eller mindre öppet fönster. Den dominerande ljudtransmissionen förutsätts ske via denna öppning.
- Vägen är parallell med husfasaden och har stor utsträckning åt båda håll i sidled.
- Inga reflekterande fasader eller liknande på motstående sida (enkelsidig bebyggelse).

6.2 Beräkningsförfarande

Vid enkelsidig bebyggelse görs beräkningarna enligt följande.

- Beräkna ekvivalenta ljudnivån L_{Ae} inomhus på vanligt sätt - statens naturvårdsverk (1979) - för fallet utan balkong.
- Bestäm höjdvinkeln ϕ_0 - figur 6.1 - och aktuell balkongutformning. Vid bestämning av ϕ_0 utgår man lämpligen från vägmitt.

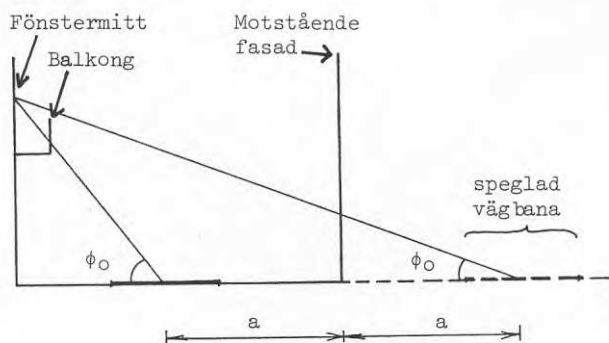
- Bestäm balkongdämpningen ΔL_{Aeb} för höjdvinkeln ϕ_0 ur figurerna i bilaga 4. Använd de utjämnade kurvorna. Saknas aktuellt fall i tabellen kan dämpningen i många fall uppskattas genom interpolation mellan de olika typfallen. Vid inbyggd balkong kan dämpningar för utbyggd balkong med sidoväggar användas.
- Ekvivalenta ljudnivån inomhus med balkong L_{Aeb} erhålls som $L_{Aeb} = L_{Ae} - \Delta L_{Aeb}$ dBA



Figur 6.1. Definition av höjdvinkel ϕ_0 .

Vid dubbelsidig bebyggelse kan inverkan av ljudreflexer mot motstående fasad uppskattas enligt följande.

- Beräkna enligt ovan
- Spegla därefter vägbanan i motstående fasad enligt principen i figur 6.2.



Figur 6.2. Princip för spegling av vägbana.

- Beräkna ljudnivåbidraget från denna på samma sätt som tidigare men med det nya avståndet och höjdvinkeln ϕ_0 .
- Addera de båda ljudnivåerna på vanligt sätt.

Exempel

Bestäm $\Delta L_{A_{eb}}$ för en 1.2 m djup balkong med tätt räcke och takabsorbent då höjdvinkeln ϕ_0 är 40° .

Ur diagram 404 i bilaga 4 erhålls dämpningen 3.5 respektive 4.5 dBA vid 2-glasfönster respektive öppet fönster. Med en 2 m djup balkong hade motsvarande dämpningar blivit (figur 412) 4 respektive 6 dBA.

BILAGA 1. BALKONGENS INSÄTTNINGSDÄMPNING ΔL_{Ab} , ΔL_{Aeb}

Den ljudnivåsänkning i dBA som erhålls inomhus på grund av balkongen under vissa givna förutsättningar skall bestämmas. Två fall är aktuella: a) enstaka källposition b) medelvärde för flera källpositioner.

Som referensbullerspektrum L_{ref} vid beräkningarna användes trafikbullerspektrum redovisat av Jonasson (1974), se bilaga 2. Beräkningarna görs oktavbandsvis och omfattar oktavbanden 125-2000 Hz. Balkongdämpningen ΔL_b (inom oktavband) kan vara beräknad eller uppmätt.

Enstaka källposition

Ljudtrycksnivån inomhus utan respektive med balkong är enligt (3.8) och (3.14)

$$(A1.1) \quad L_p = 10 \log (I_o \cdot A) + 10 \log (\cos \theta) - 10 \log A_e - R_\theta + \text{konstant} \quad \text{dB}$$

respektive ($L_{pb} = L_{ps}$)

$$(A1.2) \quad L_{pb} = L_p - \Delta L_b \quad \text{dB}$$

Notera att endast frekvensberoendet och ej absolutvärdena hos I_o , A_e och R_θ behöver beaktas. Öppningsarean A är konstant och kan därför ingå i konstanten. Även $\cos \theta$ är frekvensberoende och skulle i detta fall kunnat ingå i konstanten. För fallet med flera källpositioner kommer dock $\cos \theta$ att variera mellan olika positioner. Frekvensberoendet hos I_o är samma som för referensbullerspektrum. (A1.1) kan därför skrivas

$$(A1.3) \quad L_p = L_{ref} + 10 \log (\cos \theta) - 10 \log A_e - R_\theta + \text{konstant}$$

Ljudnivån utan och med balkong, L_A respektive L_{Ab} , erhålls genom A-vägning av oktavbandsnivåerna och summation på vanligt sätt

$$(A1.4) \quad L_A = 10 \log \left(\sum_{\text{o-band}} 10^{L_{pA}/10} \right) \quad \text{dBA}$$

$$(A1.5) \quad L_{Ab} = 10 \log \left(\sum_{\text{o-band}} 10^{L_{pbA}/10} \right) \quad \text{dBA}$$

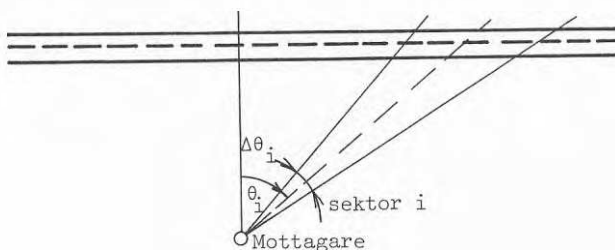
Balkongens tillskottsdämpning i dBA, ΔL_{Ab} , är således

$$(A1.6) \quad \Delta L_{Ab} = L_A - L_{Ab} \quad \text{dBA}$$

Flera källpositioner

Dämpningen av den ekvivalenta ljudnivån skall bestämmas. Antag att ljudalstringen är likartad utefter en väg och att dämpningen är lika eller noll i alla riktningar till vägen. Bidraget till den ekvivalenta ljudnivån i en mottagarpunkt utomhus från en delsträcka är då proportionellt mot den sektorvinkel delsträckan omfattar sett från mottagaren. Lika stora sektorer ger lika stora bidrag oberoende av infallsvinkeln.

I de fall dämpningen varierar med infallsvinkeln görs normalt (jämför statens naturvårdsverk (1979)) en indelning i flera sektorer inom vilka dämpningen antas konstant, se figur A1.



Figur A1. Indelning av vägsträckan i sektorer.

På motsvarande sätt som för utomhusfallet delas vägsträckan in i flera sektorer inom vilka ΔL_b samt $\cos \theta$ och R_{θ} (egentligen $\cos \theta \cdot 10^{-R_{\theta}/10}$) antas variera försumbart.

Bidraget L_{ei} och L_{ebi} till den ekvivalenta ljudtrycksnivån inomhus från sektor i utan respektive med balkong är proportionella mot sektorvinkeln $\Delta \theta_i$. Med (A1.3) erhålls (θ_t = hela siktvinkeln)

$$(A1.7) \quad L_{ei} = L_{ref} + 10 \log (\cos \theta_i) - R_{\theta_i} - 10 \log A_e + 10 \log (\Delta \theta_i / \theta_t) + \text{konstant dB}$$

$$(A1.8) \quad L_{ebi} = L_{ei} - \Delta L_{bi} \text{ dB}$$

Totala ekvivalenta ljudtrycksnivåer erhålls genom summation över samtliga sektorer

$$(A1.9) \quad L_e = 10 \log \left(\sum 10^{-L_{ei}/10} \right) \text{ dB}$$

$$(A1.10) \quad L_{eb} = 10 \log \left(\sum 10^{-L_{ebi}/10} \right) \text{ dB}$$

A-vägning och summation över oktavband ger ekvivalenta ljudnivån utan och med balkong, L_{Ae} respektive L_{Aeb} . Balkongens dämpning av den ekvivalenta ljudnivån, ΔL_{Aeb} , blir

$$(A1.11) \quad \Delta L_{Aeb} = L_{Ae} - L_{Aeb} \text{ dBA}$$

Termerna $10 \log (\cos \theta_i) - R_{\theta_i}$ i (A1.7) kan ses som viktningstermer. I aktuellt fall varierar den första kraftigt för olika källpunkter vid låg mottagarhöjd. Vid 0 respektive 80° är den 0 respektive - 7 dB. Emellertid minskar normalt även R_{θ_i} vid ökande infallsvinkel, Ljunggren (1973). Summan av termerna kommer därför att variera mindre än såg 7 dB för infallsvinklar mellan 0 och 80° .

Viktningstermerna medför normalt att ljudinfall från sektorer med stora infallsvinklar skall tillmätas mindre betydelse. Antag att man bortser från denna viktning. Då dämpningarna ΔL_{θ} ökar med ökande infallsvinkel kommer $\Delta L_{A_{e\theta}}$ att bli något för hög. Omvänt blir $\Delta L_{A_{e\theta}}$ något för låg då ΔL_{θ} minskar med ökande infallsvinkel. I extremfall (ΔL_{θ} varierar 15 dB, summan av termerna 7 dB) skulle felet kunna vara i storleksordningen 2 dB inom ett oktavband.

I aktuellt fall har inverkan av viktningstermerna försumrats bl.a. för att förenkla beräkningsförfarandet. Vad gäller frekvensberoendet hos reduktionstalet har värden uppmätta i laboratorium (diffust ljudfält) använts. Reduktionstalen redovisas i bilaga 2. Uppmätta balkongdämpningar, ΔL_{θ} , inkluderar differensen i reduktionstal på grund av ändrad infallsvinkel, $R_{\theta'} - R_{\theta}$ i (3.14). När ΔL_{θ} används för andra fönsterkonstruktioner måste det förutsättas att $R_{\theta'} - R_{\theta}$ för dessa varierar på motsvarande sätt. Vidare har antagits att de tre källpositionerna som använts vid modellmätningarna representerar tre delsträckor med samma sektorvinkel.

Absorptionsarean A_e har i beräkningarna antagits vara frekvensoberoende. För normala möblerade boningsrum är ett typiskt värde på A_e ca 10 m^2 vid rumsytan ca 12 m^2 . Vid låga frekvenser (<500 Hz) är den ofta något mindre. Detta frekvensberoende har dock liten inverkan på $\Delta L_{A\theta}$ och $\Delta L_{A_{e\theta}}$.

BILAGA 2. LJUDDATA

Referensspektrum för vägtrafikbuller L_{ref}

Spektrum enligt Jonasson (1974) redovisas nedan i form av A-vägda oktavbandsnivåer. Detta spektrum ligger till grund för den nordiska beräkningsmetoden för vägtrafikbuller, statens naturvårdsverk (1979).

Oktavband Hz	125	250	500	1000	2000
Nivå i dBA rel totalnivån	-14	-10	-7	-4	-6

Reduktionstal fönster

Nedan redovisas reduktionstal inom oktavband 125-2000 Hz för några fönsterkonstruktioner. Notera att för aktuella beräkningar är det endast frekvensberoendet och ej absolutvärdena som är intressant. Beräknade tillskottsdämpningar i dBA är därför tillämpliga på konstruktioner med motsvarande frekvensberoende.

Typ	Konstruktion
1	Helt öppet fönster ($1.35 \times 1.45 \text{ m}^2$) enligt Gilbert (1969)
2	2-glasfönster med 3 mm glas och 40 mm luftspalt
3	3-glasfönster med 4 mm glas, luftspalt 12 mm (isolerglas) respektive 75-100 mm.

Oktavband	125	250	500	1000	2000	Hz
Typ 1	10	6	4	4	3	dB
Typ 2	17	17	32	35	35	dB
Typ 3	22	31	40	45	48	dB

Absorptionsfaktorer för tak- och väggabsorbent

Nedan redovisas absorptionsfaktorer inom oktavband för tak- respektive väggabsorbenter enligt figur 4.4. Värdena är avrundade och avser mätning med diffust ljudfält.

Oktavband	125	250	500	1000	2000	Hz
Takabsorbent	0.30	0.75	0.95	0.95	0.95	
Väggabsorbent	0.20	0.55	0.90	0.95	0.95	

BILAGA 3. MÄTRESULTAT - BALKONGDÄMPNING I OKTAVBAND

I denna bilaga redovisas uppmätta balkongdämpningar i oktavband för enskilda källpositioner (figur 4.6). Vad gäller utformning av balkonger, fasadöppningar och absorbenter hänvisas till figur 4.2 - 4.4 i avsnitt 4. Följande balkongvarianter redovisas.

Figur	Balkongvariant
301	0.12 m utbyggd. Utan räcke.
302	0.12 m utbyggd. Utan räcke. Takabsorbent
303	0.12 m utbyggd. Tätt räcke.
304	0.12 m utbyggd. Tätt räcke. Takabsorbent
305	0.12 m <u>inbyggd</u> . Utan räcke.
306	0.12 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar.
307	0.12 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar. Takabsorbent
308	0.12 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar. Tak- och väggabsorbenter.
309	0.2 m utbyggd. Utan räcke.
310	0.2 m utbyggd. Utan räcke. Takabsorbent.
311	0.2 m utbyggd. Tätt räcke.
312	0.2 m utbyggd. Tätt räcke. Takabsorbent.
313	0.2 m <u>inbyggd</u> . Utan räcke.
314	0.2 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar.
315	0.2 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar. Takabsorbent.
316	0.2 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar. Tak- och väggabsorbenter.
317	0.2 m utbyggd <u>enstaka</u> balkong.
318	0.2 m utbyggd. Ventilationsöppning 0.21 m över balkonggolv.
319	0.2 m utbyggd. Ventilationsöppning 0.03 m över balkonggolv.

Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 301 a-f

Balkongtyp: 0.12 m utbyggd
 Väggar/tak: Utan räcke
 Absorbenter: -
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt:
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:--·

Fig. 301a

Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 301c

Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 301e

Vån 7. Pos A1, A2, A4

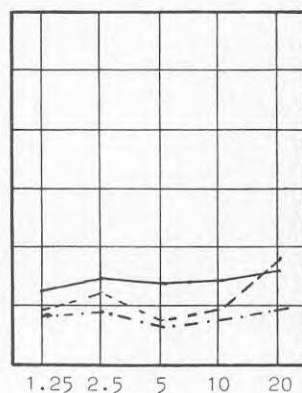
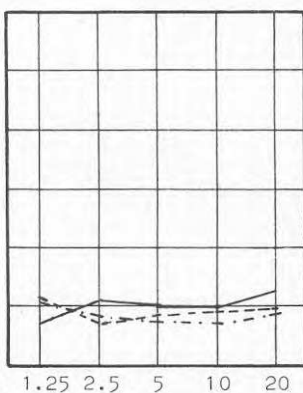
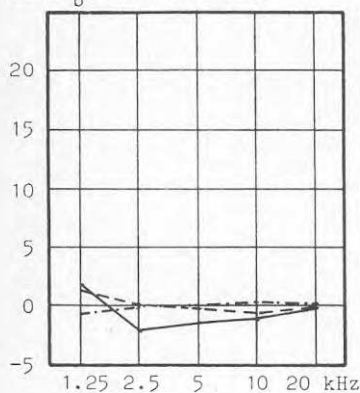
dB ΔL_b inom oktavband

Fig. 301b

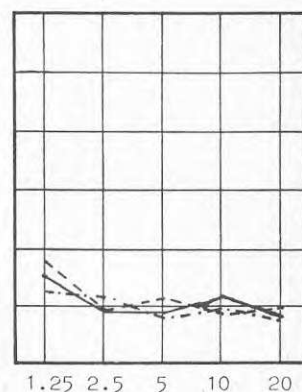
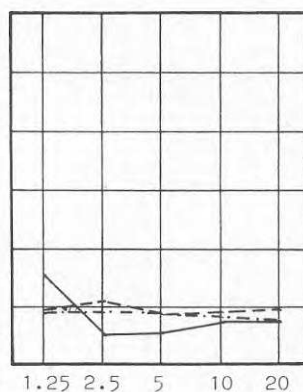
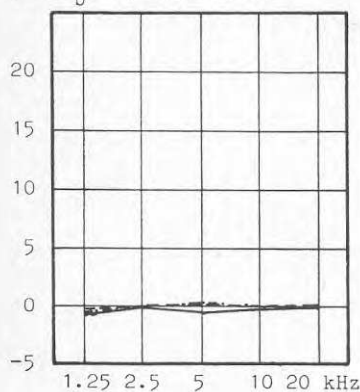
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 301d

Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 301f

Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband

Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 302 a-f

Balkongtyp: 0.12 m utbyggd
 Väggar/tak: Utan räcke
 Absorbenter: Takabsorbent
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt:
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:--·

Fig. 302a

Vån 1. Pos A1, A2, A4

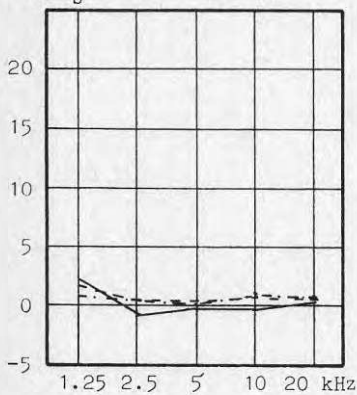
dB ΔL_b inom oktavband

Fig. 302c

Vån 4. Pos A1, A2, A4

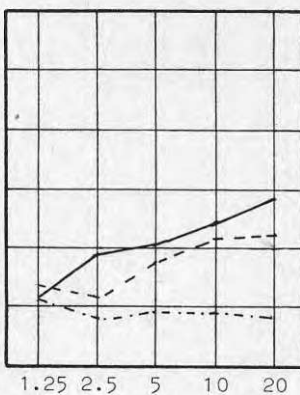


Fig. 302e

Vån 7. Pos A1, A2, A4

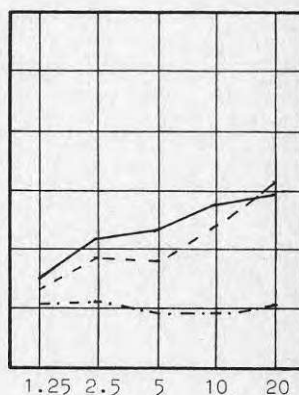


Fig. 302b

Vån 1. Pos B1, B3, B4

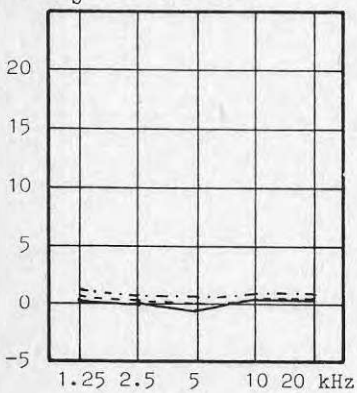
dB ΔL_b inom oktavband

Fig. 302d

Vån 4. Pos B1, B3, B4

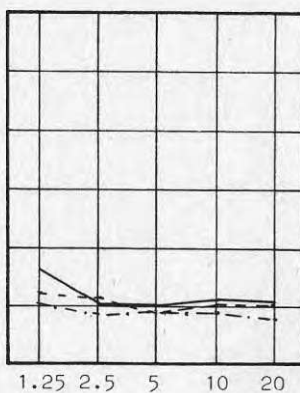
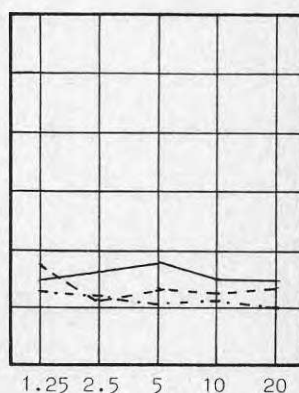


Fig. 302f

Vån 7. Pos B1, B3, B4



Uppmätt insättningsdämpning inom
oktavband ΔL_b för balkong.

Bilaga 3
Figur 303 a-f

Balkongtyp: 0.12 m utbyggd
Väggar/tak: Tätt räcke
Absorbenter: -
Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
Övrigt:
Beteckningar för källpositioner:
A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—

Fig. 303a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 303c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 303e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

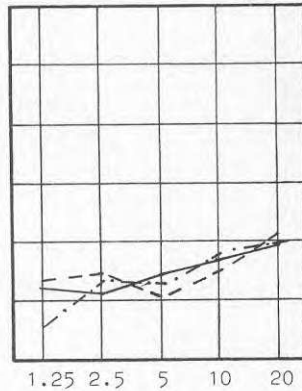
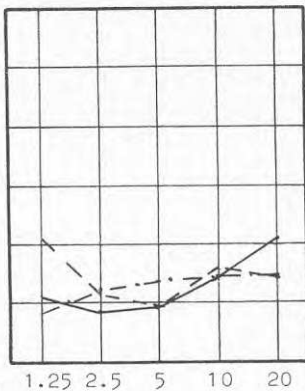
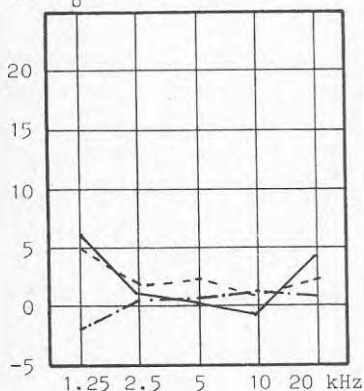
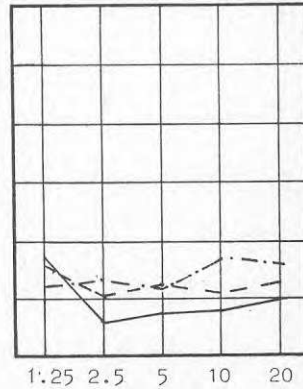
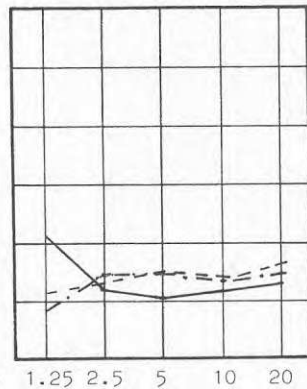
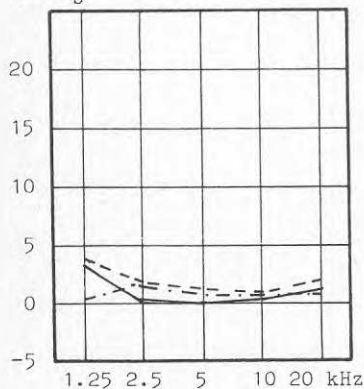


Fig. 303b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 303d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 303f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 304 a-f

Balkongtyp: 0.12 m utbyggd
 Väggar/tak: Tätt räcke
 Absorbenter: Takabsorbent
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt:
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:--:-

Fig. 304a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 304c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 304e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

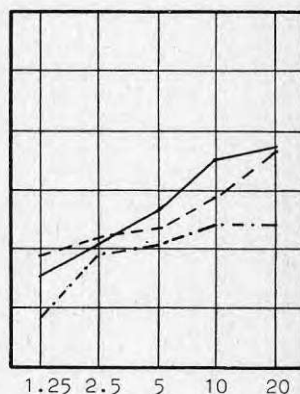
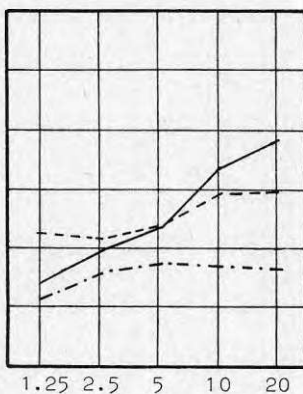
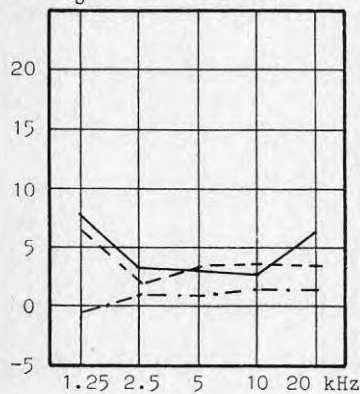
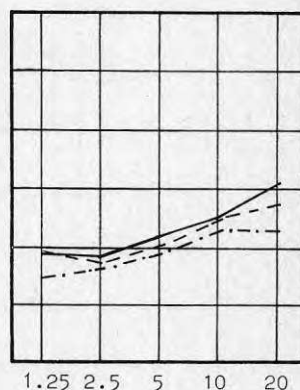
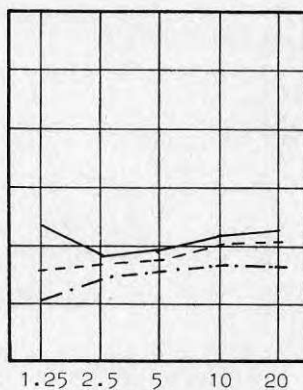
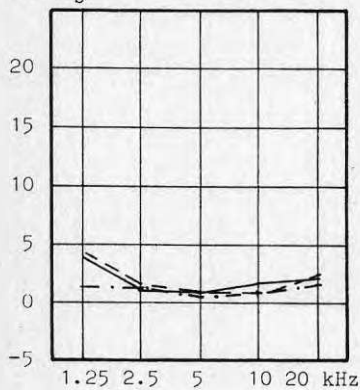


Fig. 304b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 304d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 304f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom
oktavband ΔL_b för balkong.

Bilaga 3

Figur 305 a-f

Balkongtyp: 0.12 m inbyggd
Väggar/tak: Utan räcke
Absorbenter: -
Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
Övrigt:
Beteckningar för källpositioner:
A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—·

Fig.305a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 305c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig.305e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

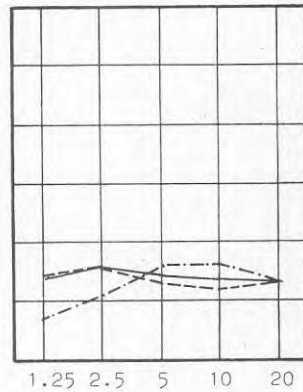
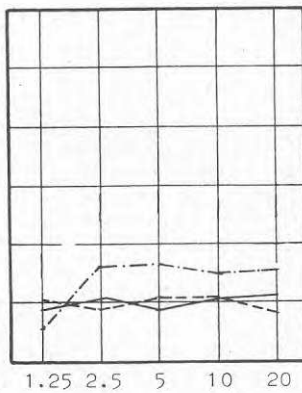
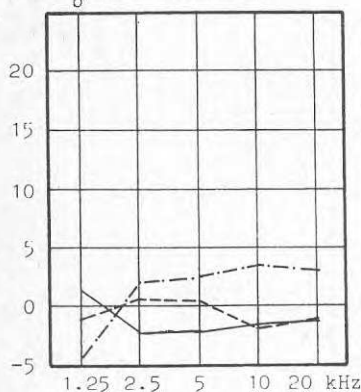
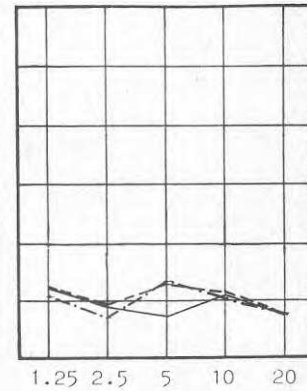
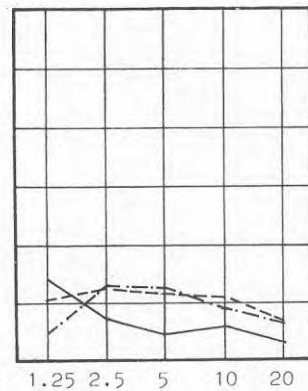
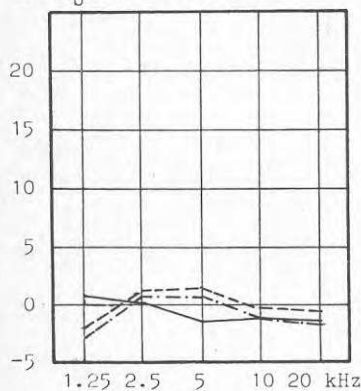


Fig. 305b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 305d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 305f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 306 a-f

Balkongtyp: 0.12 m utbyggd
 Väggar/tak: Tätt räcke + sidoväggar
 Absorbenter: -
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt:
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—

Fig. 306a

Vån 1. Pos A1, A2, A4

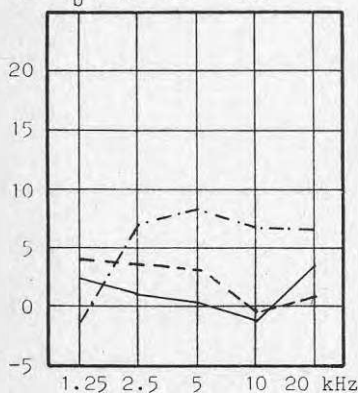
dB ΔL_b inom oktavband

Fig. 306c

Vån 4. Pos A1, A2, A4

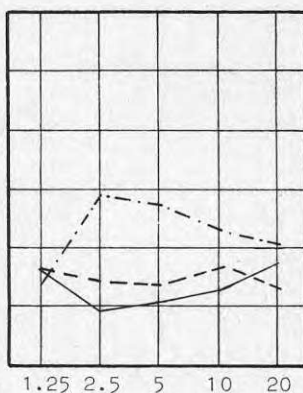


Fig. 306e

Vån 7. Pos A1, A2, A4

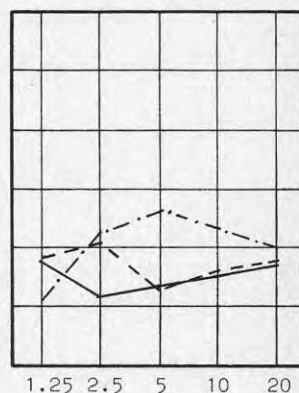


Fig. 306b

Vån 1. Pos B1, B3, B4

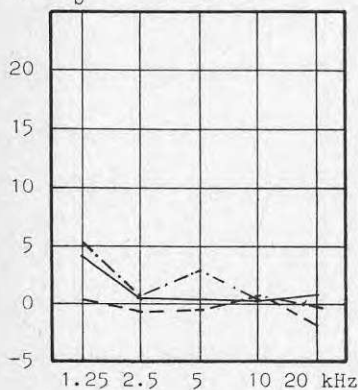
dB ΔL_b inom oktavband

Fig. 306d

Vån 4. Pos B1, B3, B4

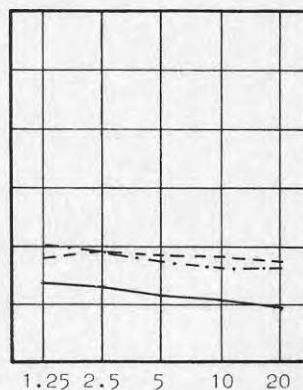
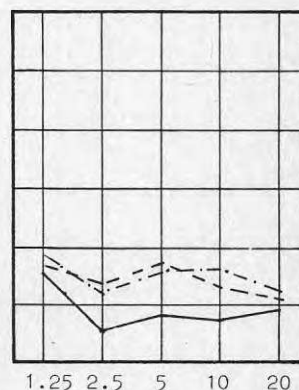


Fig. 306f

Vån 7. Pos B1, B3, B4



Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 307 a-f

Balkongtyp: 0.12 m utbyggd
 Väggar/tak: Tätt räcke + sidoväggar
 Absorbenter: Takabsorbent
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt:
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—

Fig. 307a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 307c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 307e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

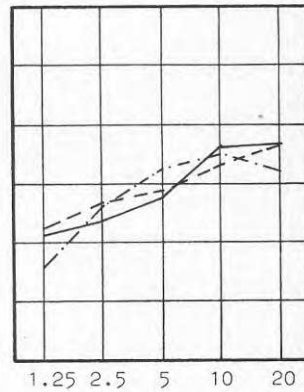
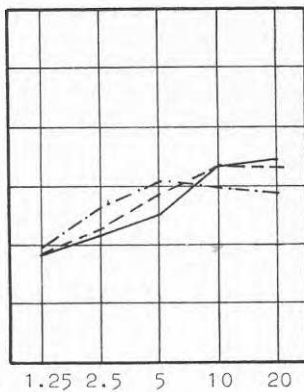
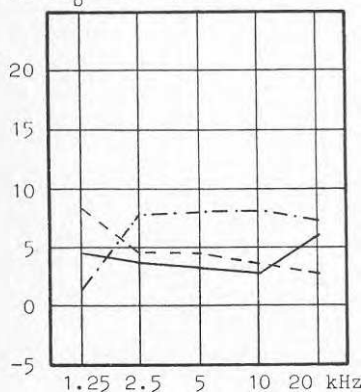
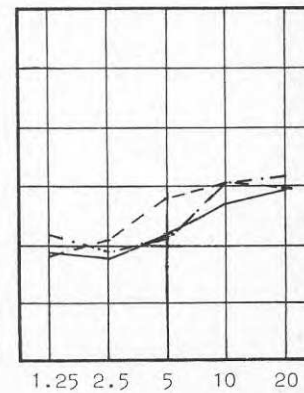
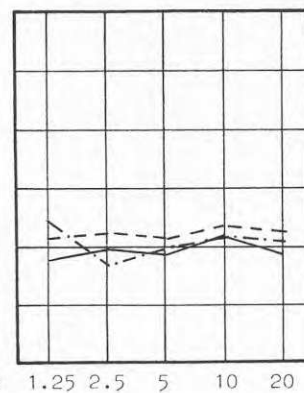
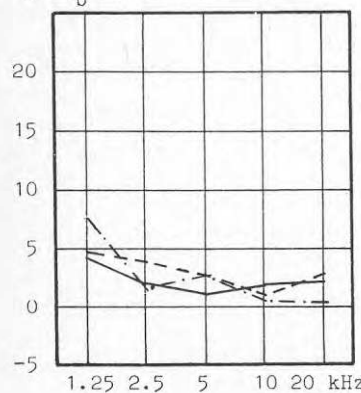


Fig. 307b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 307d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 307f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom
oktavband ΔL_b för balkong.

Bilaga 3
Figur 308 a-f

Balkongtyp: 0.12 m utbyggd
Väggar/tak: Tätt räcke + sidoväggar
Absorbenter: Tak- och väggabsorbenter
Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
Övrigt:
Beteckningar för källpositioner:
A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:— · —

Fig. 308a

Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 308c

Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 308e

Vån 7. Pos A1, A2, A4

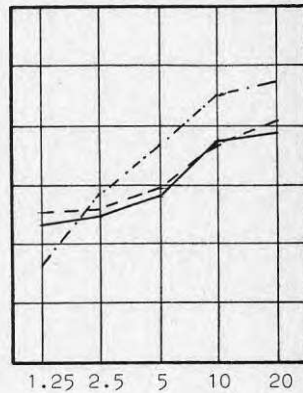
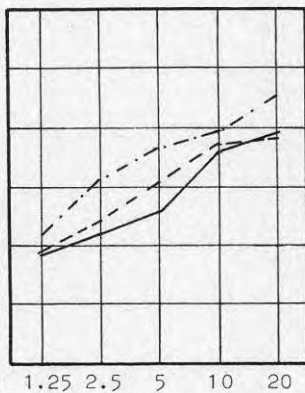
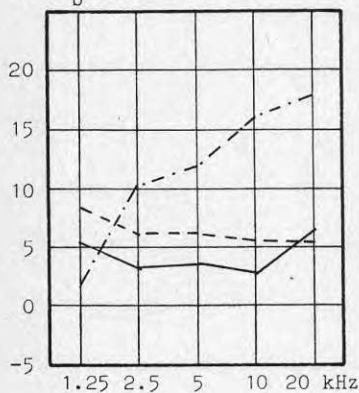
dB ΔL_b inom oktavband

Fig. 308b

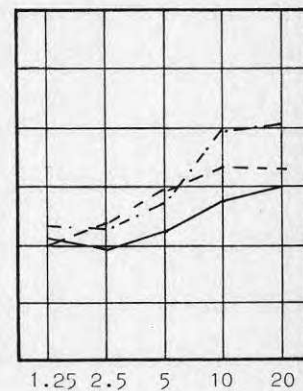
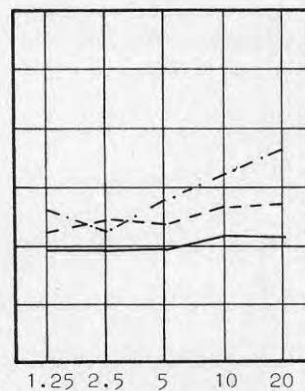
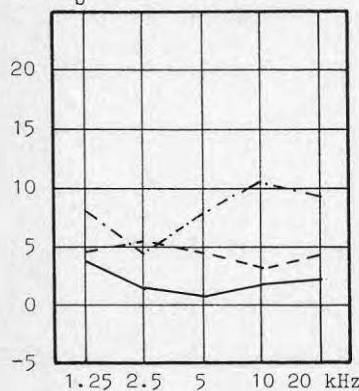
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 308d

Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 308f

Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband

Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 309 a-f

Balkongtyp: 0.2 m utbyggd
 Väggar/tak: Utan räcke
 Absorbenter: -
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt:
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—

Fig. 309a

Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 309c

Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 309e

Vån 7. Pos A1, A2, A4

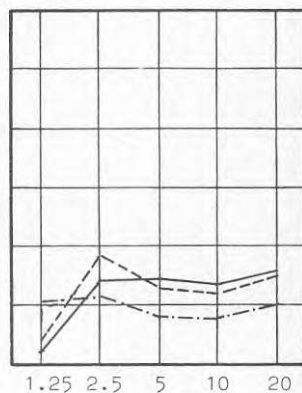
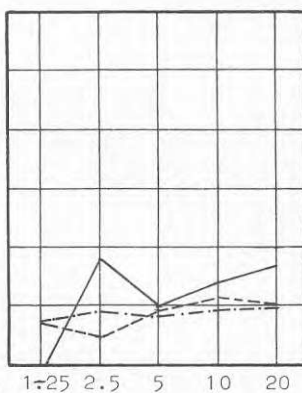
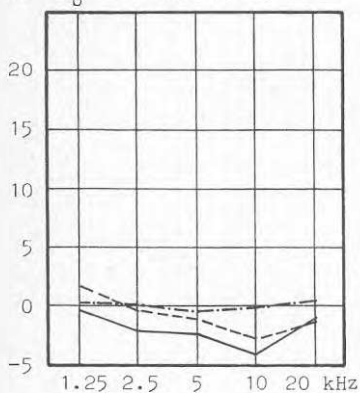
dB ΔL_b inom oktavband

Fig. 309b

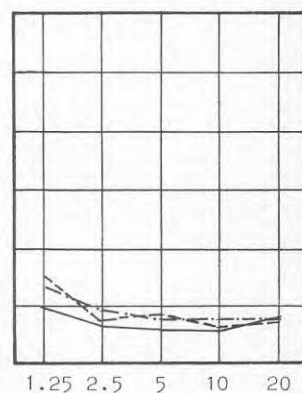
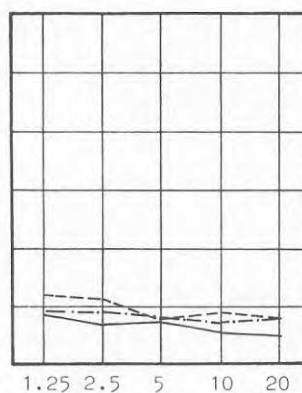
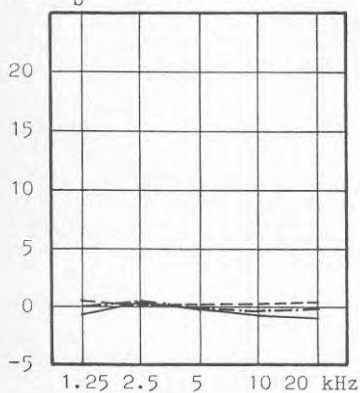
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 309d

Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 309f

Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband

Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 310 a-f

Balkongtyp: 0.2 m utbyggd
 Väggar/tak: Utan räcke
 Absorbenter: Takabsorbent
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt:
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—

Fig. 310a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 310c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 310e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

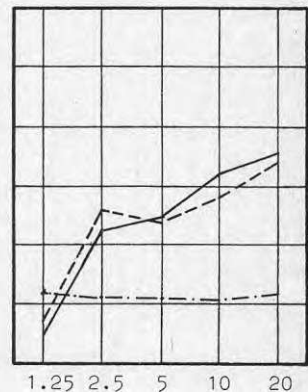
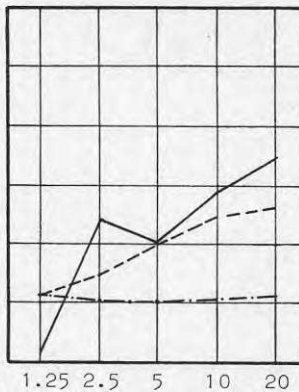
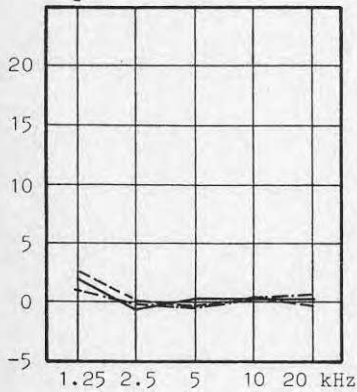
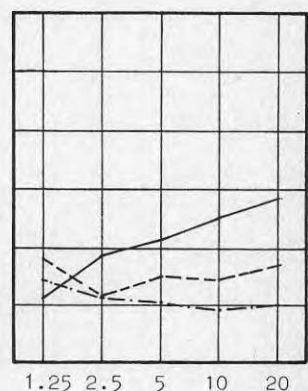
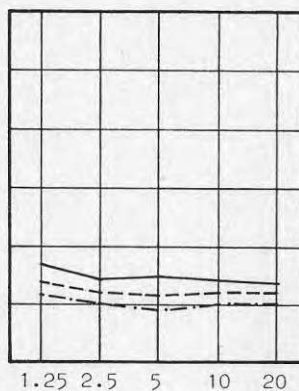
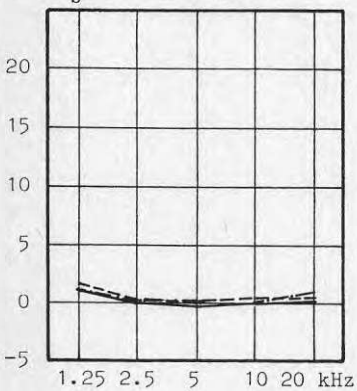


Fig. 310b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 310d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 310f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 311 a-f

Balkongtyp: 0.2 m utbyggd

Väggar/tak: Tätt räcke

Absorbenter: -

Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)

Övrigt:

Beteckningar för källpositioner:

A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:---·

Fig. 311a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 311c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 311e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

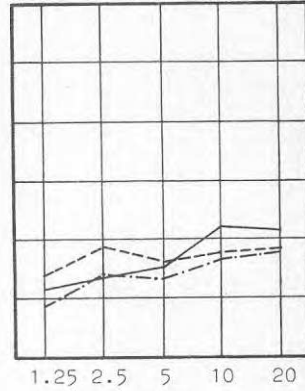
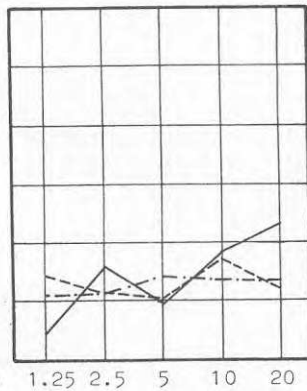
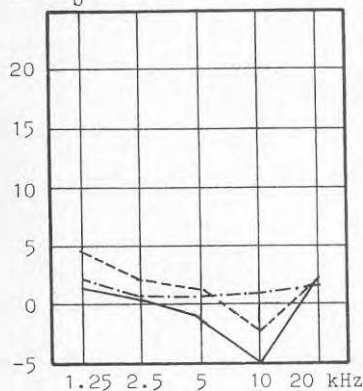
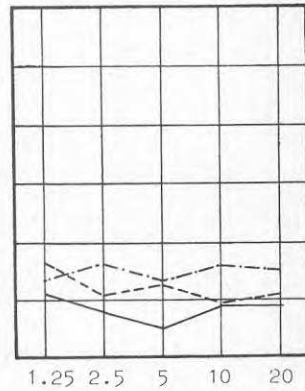
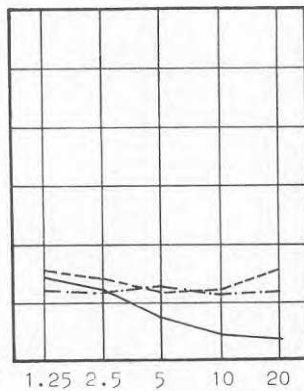
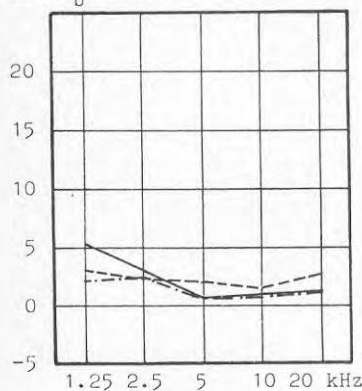


Fig. 311b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 311d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 311f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 312 a-f

Balkongtyp: 0.2 m utbyggd
 Väggar/tak: Tätt räcke
 Absorbenter: Takabsorbent
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt:
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—

Fig. 312a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

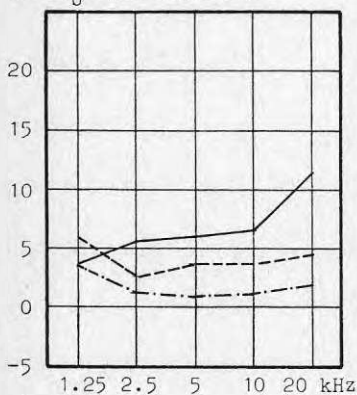


Fig. 312c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

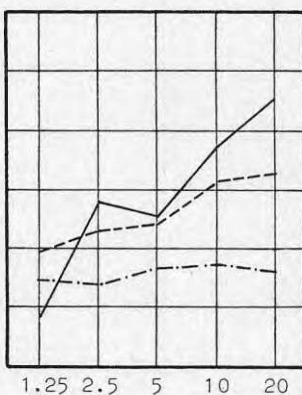


Fig. 312e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

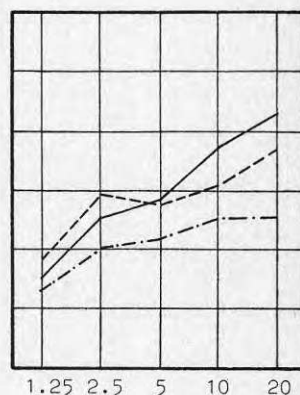


Fig. 312b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband

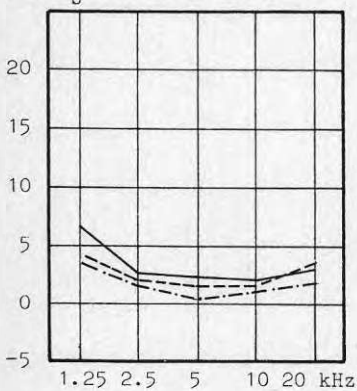


Fig. 312d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

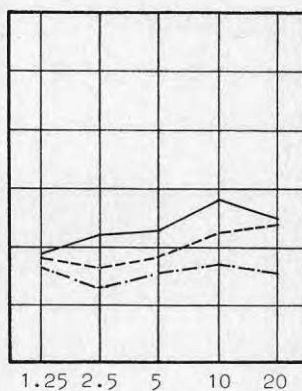
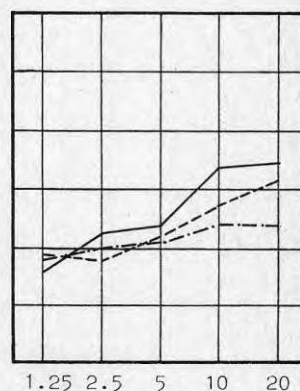


Fig. 312f
Vån 7. Pos B1, B3, B4



Uppmätt insättningsdämpning inom
oktavband ΔL_b för balkong.

Bilaga 3
Figur 313 a-f

Balkongtyp: 0.2 m inbyggd
Väggar/tak: Utan ränne
Absorbenter: -
Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
Övrigt:
Beteckningar för källpositioner:
A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:--

Fig. 313a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 313c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 313e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

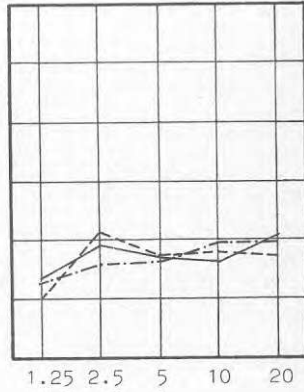
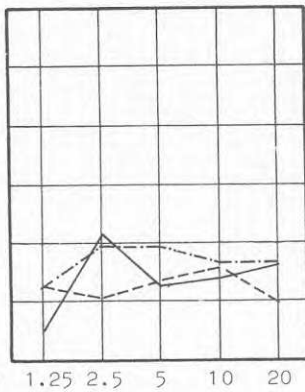
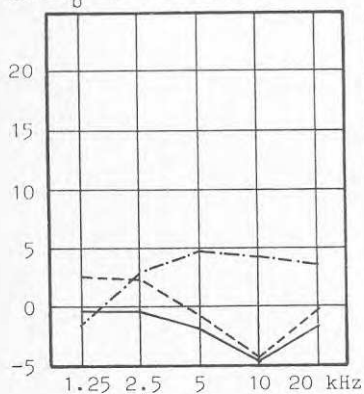
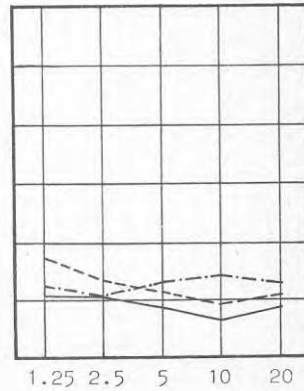
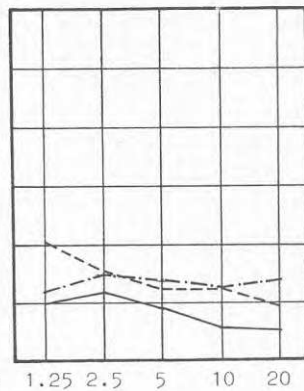
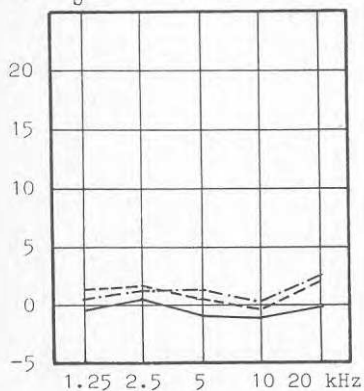


Fig. 313b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 313d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 313f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 314 a-f

Balkongtyp: 0.2 m utbyggd
 Väggar/tak: Tätt räcke + sidoväggar
 Absorbenter: -
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt:
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—

Fig. 314a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 314c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 314e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

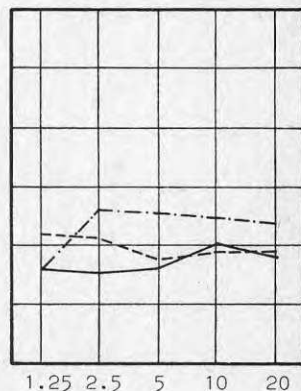
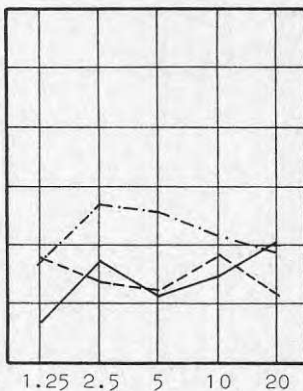
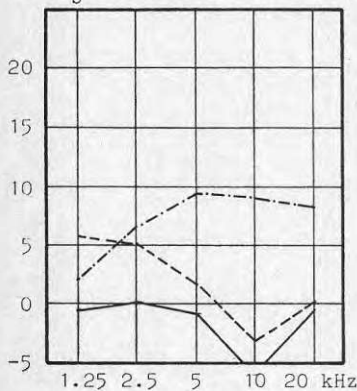
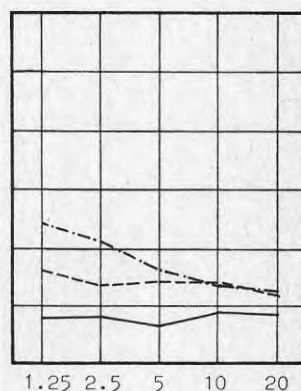
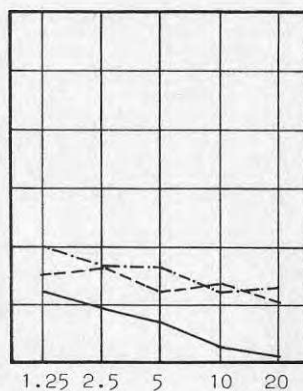
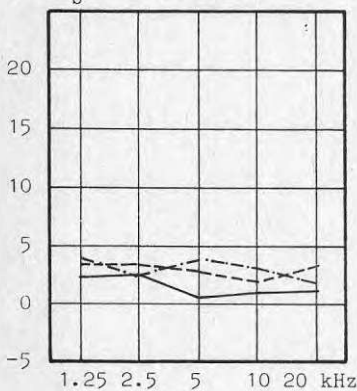


Fig. 314b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 314d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 314f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom
oktavband ΔL_D för balkong.

Bilaga 3

Figur 315 a-f

Balkongtyp: 0.2 m utbyggd
Väggar/tak: Tätt räcke + sidoväggar
Absorbenter: Takabsorbent
Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
Övrigt:
Beteckningar för källpositioner:
A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:— · —

Fig. 315a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 315c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 315e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_D inom oktavband

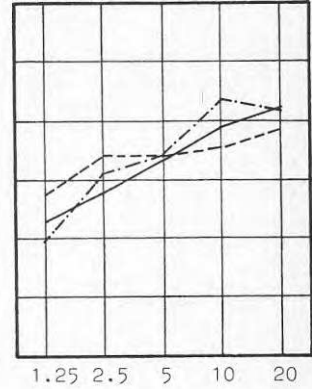
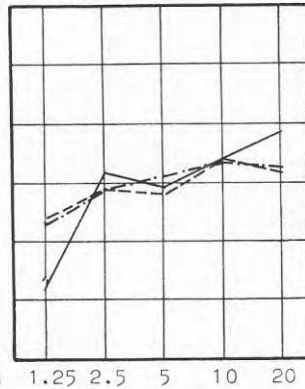
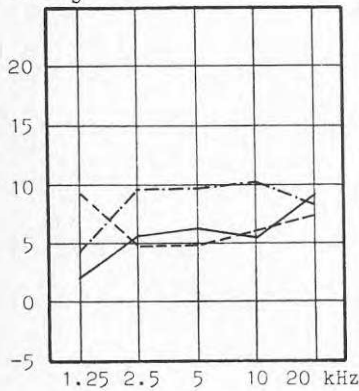
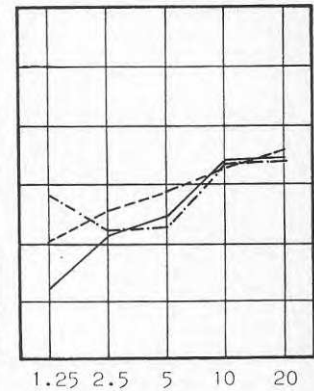
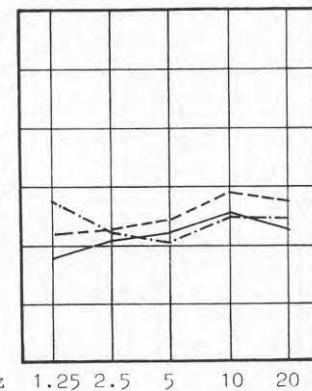
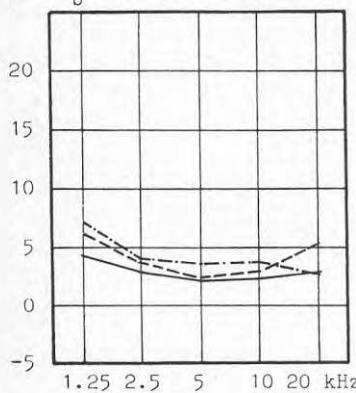


Fig. 315b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 315d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 315f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_D inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom
oktavband ΔL_b för balkong.

Bilaga 3

Figur 316 a-f

Balkongtyp: 0.2 m utbyggd
Väggar/tak: Tätt räcke + sidoväggar
Absorbenter: Tak- och väggabsorbenter
Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
Övrigt:
Beteckningar för källpositioner:
A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—·

Fig. 316a

Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 316c

Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 316e

Vån 7. Pos A1, A2, A4

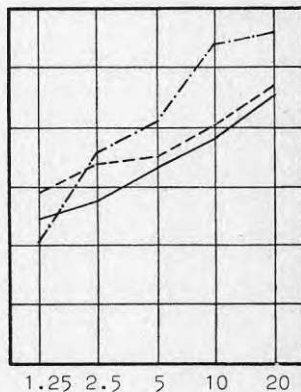
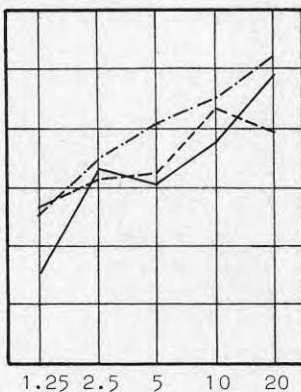
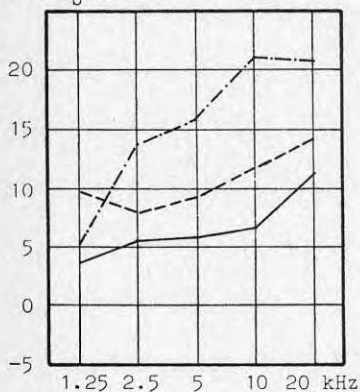
dB ΔL_b inom oktavband

Fig. 316b

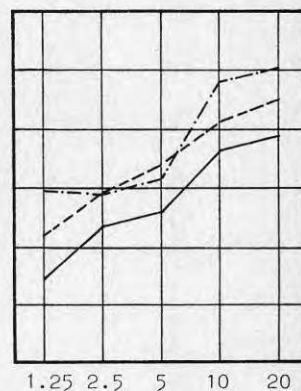
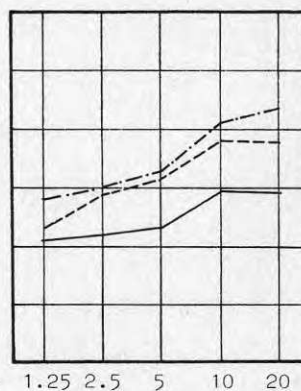
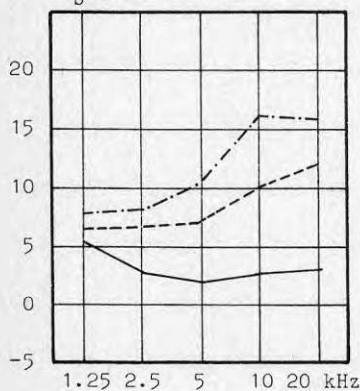
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 316d

Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 316f

Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband

Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 317 a-f

Balkongtyp: Utbyggd enstaka balkong
 Väggar/tak: Tätt räcke
 Absorbenter: -
 Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)
 Övrigt: Ingen ovanförliggande balkong
 Beteckningar för källpositioner:
 A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—

Fig. 317a
Vån 1. Pos A1, A2, A4

Fig. 317c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 317e
Vån 7. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

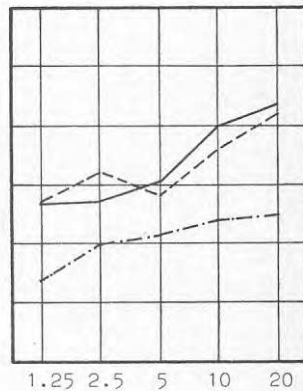
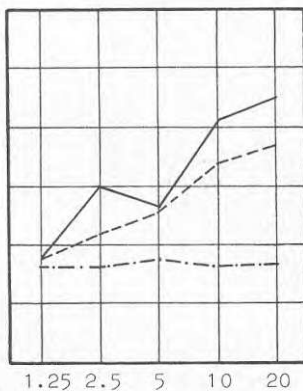
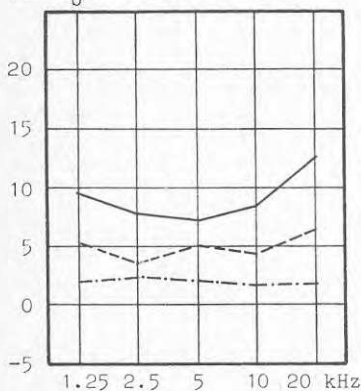
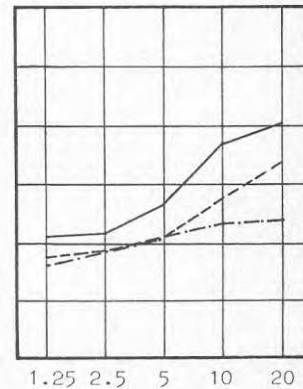
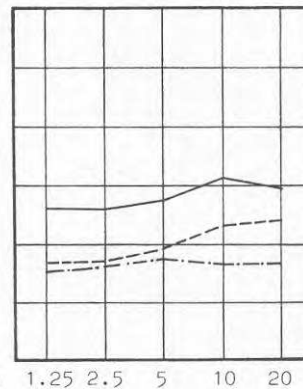
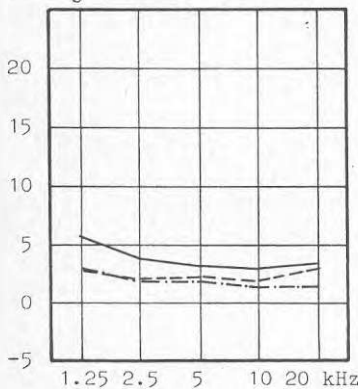


Fig. 317b
Vån 1. Pos B1, B3, B4

Fig. 317d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 317f
Vån 7. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



Uppmätt insättningsdämpning inom
oktavband ΔL_b för balkong.

Bilaga 3
Figur 318 a-f

Balkongtyp: 0.2 m utbyggd
Väggar/tak: Tätt räcke (318 a-b). Dito + sidväggar (318 c-f).
Absorbenter: Takabsorbent (318 c-d). Tak- och väggabsorbenter (318 e-f).
Fasadöppning: Ventilationsöppning 0.21 m över balkonggolvet.
Övrigt:
Beteckningar för källpositioner:
A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:— · —

Fig. 318a

Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 318c

Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 318e

Vån 4. Pos A1, A2, A4

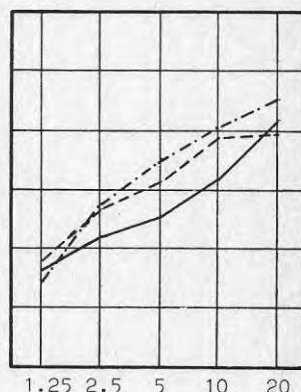
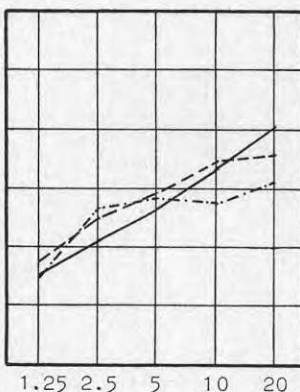
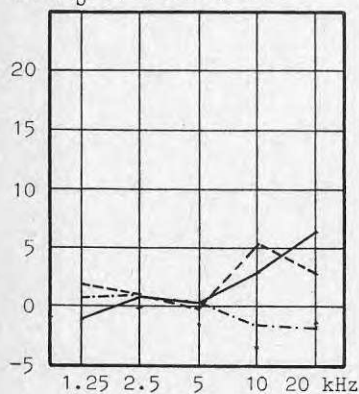
dB ΔL_b inom oktavband

Fig. 318b

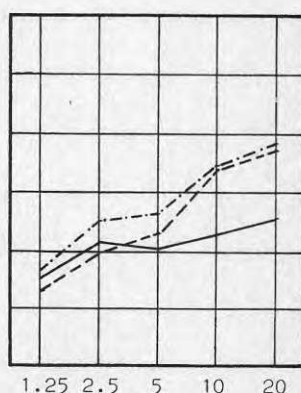
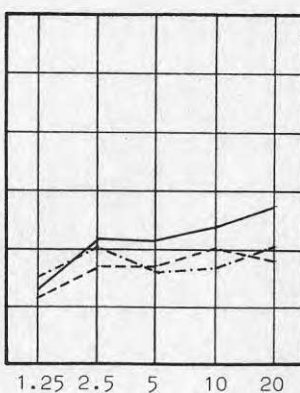
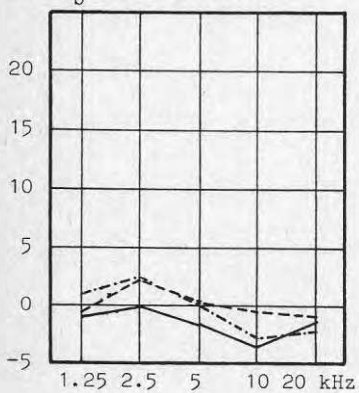
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 318d

Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 318f

Vån 4. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband

Uppmätt insättningsdämpning inom oktavband ΔL_b för balkong.	Bilaga 3
	Figur 318 a-f

Balkongtyp: 0.2 m utbyggd.

Väggar/tak: Tätt räcke (319 a-b). Dito + sidoväggar (319 c-f).

Absorbenter: Takabsorbent (319 c-d). Tak- och väggabsorbenter (319 e-f).

Fasadöppning: Ventilationsöppning 0.03 m över balkonggolvet.

Övrigt:

Beteckningar för källpositioner:

A1, B1 :—; A2, B3 :---; A4, B4:—·—·

Fig. 319a
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 319c
Vån 4. Pos A1, A2, A4

Fig. 319e
Vån 4. Pos A1, A2, A4

dB ΔL_b inom oktavband

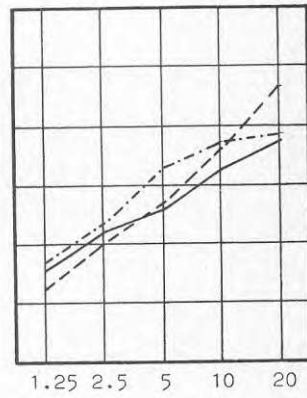
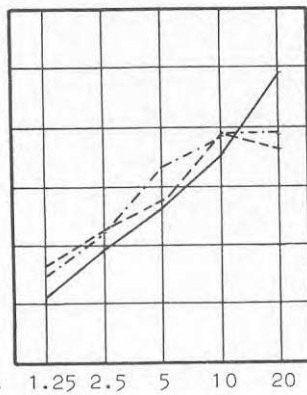
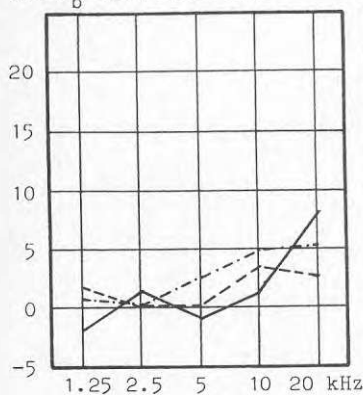
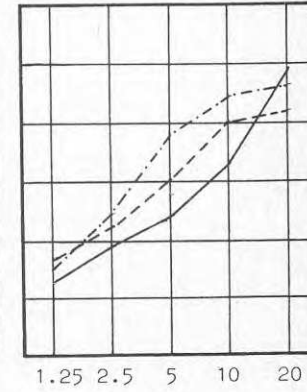
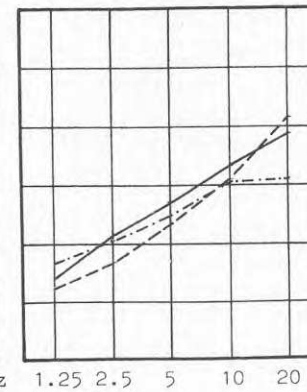
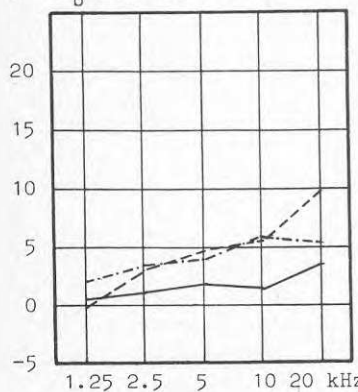


Fig. 319b
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 319d
Vån 4. Pos B1, B3, B4

Fig. 319f
Vån 4. Pos B1, B3, B4

dB ΔL_b inom oktavband



BILAGA 4. ΔL_{Aeb} SCM FUNKTION AV HÖJDVINKEL ϕ_0

I detta avsnitt redovisas balkongdämpningar ΔL_{Aeb} beräknade utgående från dämpningar ΔL_b enligt bilaga 3. Angivna dämpningar gäller för en "oändligt" lång väg parallell med husfasaden. Beräkningsförfarandet är beskrivet i bilaga 1. Balkongtyper och höjdvinkel ϕ_0 framgår av figur 4.2 respektive 4.6. Följande balkongvarianter redovisas.

Figur	Balkongvariant
401	1.2 m utbyggd. Utan räcke.
402	1.2 m utbyggd. Utan räcke. Takabsorbent.
403	1.2 m utbyggd. Tätt räcke.
404	1.2 m utbyggd. Tätt räcke. Takabsorbent.
405	1.2 m <u>inbyggd</u> . Utan räcke.
406	1.2 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar.
407	1.2 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar. Takabsorbent.
408	1.2 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar. Tak- och väggabsorbenter.
409	2.0 m utbyggd. Utan räcke.
410	2.0 m utbyggd. Utan räcke. Takabsorbent.
411	2.0 m utbyggd. Tätt räcke.
412	2.0 m utbyggd. Tätt räcke. Takabsorbent.
413	2.0 m <u>inbyggd</u> . Utan räcke.
414	2.0 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar.
415	2.0 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar. Takabsorbent.
416	2.0 m utbyggd. Tätt räcke + sidoväggar. Tak- och väggabsorbenter.
417	2.0 m utbyggd <u>enstaka</u> balkong.
418	Lika 414 men <u>utomhus</u> .
419	Lika 415 men <u>utomhus</u> .
420	Lika 416 men <u>utomhus</u> .

Insättningsdämpning ΔL_{Aeb} för balkong beräknad utgående från uppmätt insättningsdämpning ΔL_b	Bilaga 4
	Figur 401-404

Balkongtyp: 1.2 m utbyggd

Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)

Övrigt:

Beteckningar: 2-glasfönster: $\bullet \bullet$; öppet fönster: $\times \times$

Fig. 401
Utan räcke.

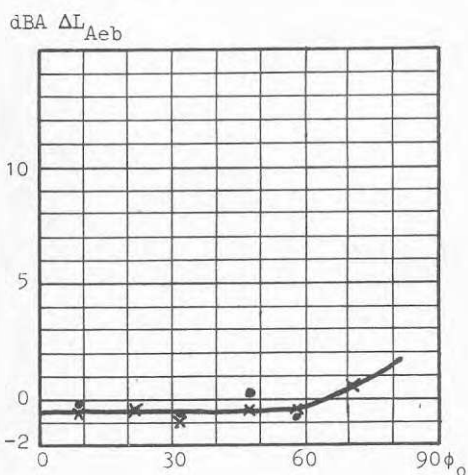


Fig. 402
Utan räcke. Takabsorbent.

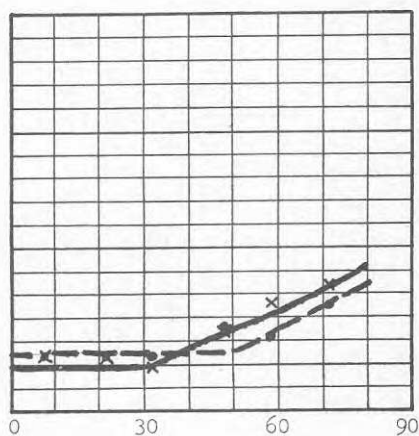


Fig. 403
Tätt räcke.

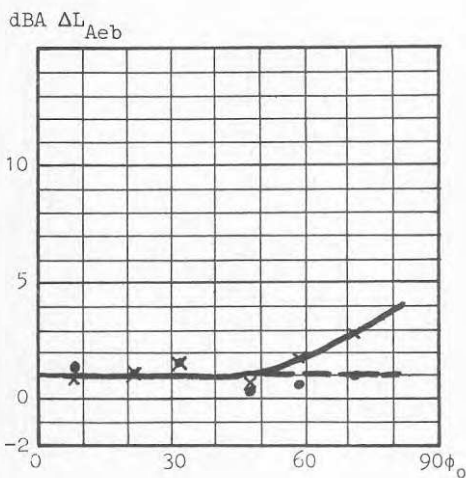
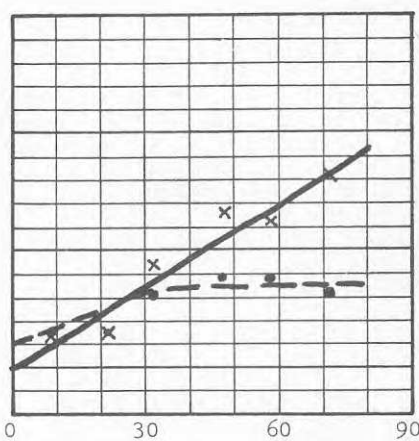


Fig. 404
Tätt räcke. Takabsorbent.



Insättningsdämpning ΔL_{Aeb} för balkong
beräknad utgående från uppmätt insättningsdämpning ΔL_b

Bilaga 4
Figur 405-408

Balkongtyp: 1.2 m inbyggd (405) resp utbyggd (406-408)

Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)

Övrigt:

Beteckningar: 2-glasfönster : $\bullet\bullet$; öppet fönster: $\times\times$

Fig. 405

Inbyggd. Utan räcke.

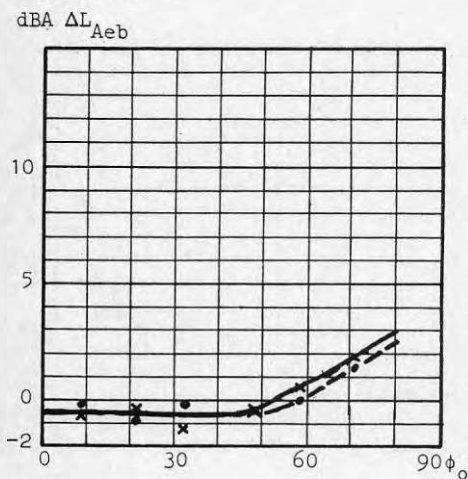


Fig. 406

Utbyggd. Tätt räcke+sidoväggar.

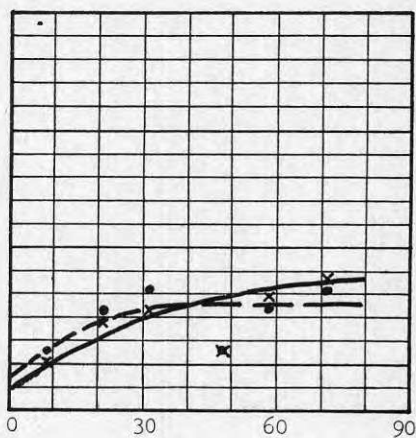


Fig. 407

Utbyggd. Tätt räcke+sidoväggar.
Takabsorbent.

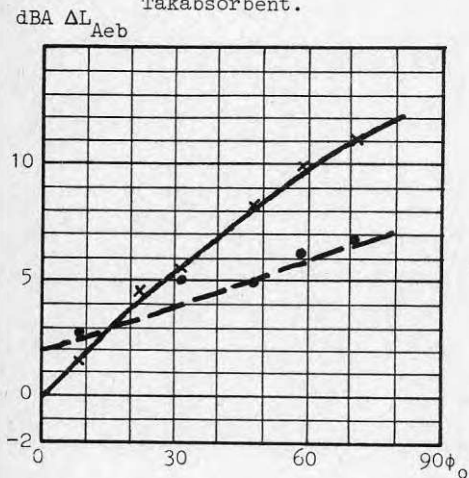
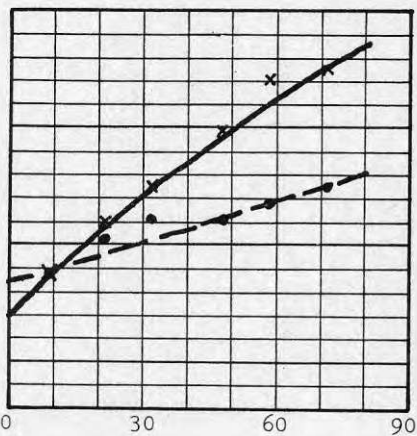


Fig. 408

Utbyggd. Tätt räcke+sidoväggar.
Tak- och väggabsorbenter.



Insättningsdämpning ΔL_{Aeb} för balkong beräknad utgående från uppmätt insättningsdämpning ΔL_b	Bilaga 4
	Figur 409-412

Balkongtyp: 2 m utbyggd

Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)

Övrigt:

Beteckningar: 2-glasfönster : ● ● ; öppet fönster: × ×

Fig. 409
Utan räcke.

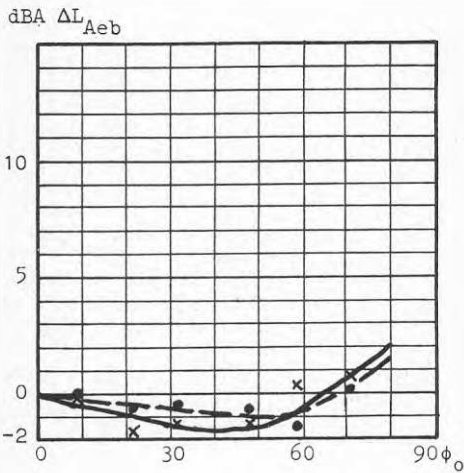


Fig. 410
Utan räcke. Takabsorbent.

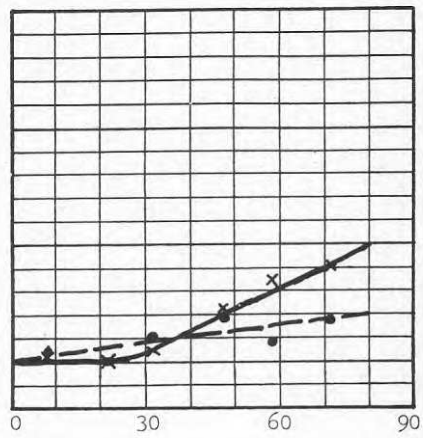


Fig. 411
Tätt räcke.

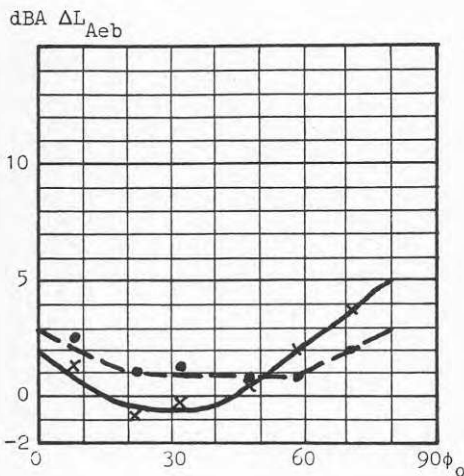
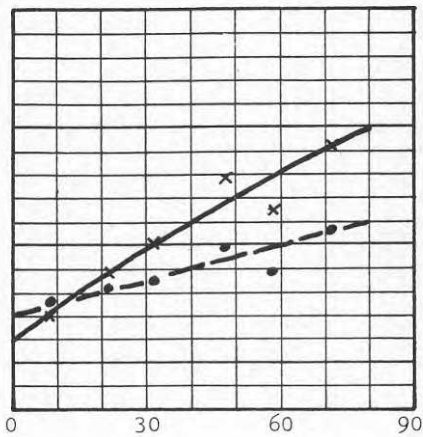


Fig. 412
Tätt räcke. Takabsorbent.



Insättningsdämpning ΔL_{Aeb} för balkong
beräknad utgående från uppmätt insättningsdämpning ΔL_b

Bilaga 4

Figur 413-416

Balkongtyp: 2 m inbyggd (413) resp. utbyggd (414-416)

Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)

Övrigt:

Beteckningar: 2-glasfönster: \bullet \bullet ; öppet fönster: \times \times

Fig. 413

Inbyggd. Utan räcke.

dBA ΔL_{Aeb}

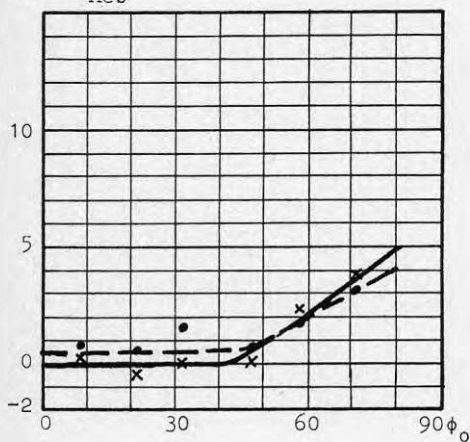


Fig. 414

Utbyggd. Tätt räcke+sidoväggar.

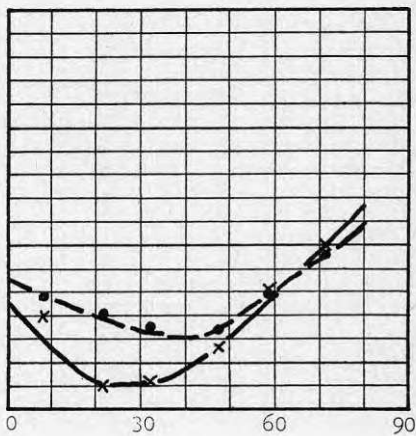


Fig. 415

Utbyggd. Tätt räcke+sidoväggar.
Takabsorbent.

dBA ΔL_{Aeb}

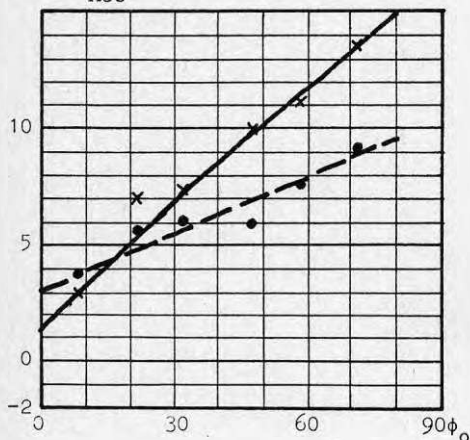
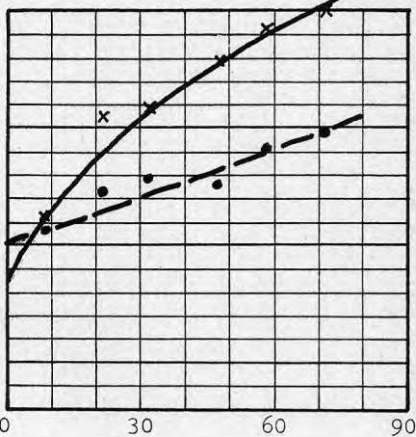


Fig. 416

Utbyggd. Tätt räcke+sidoväggar.
Tak- och väggabsorbenter.



Insättningsdämpning ΔL_{Aeb} för balkong beräknad utgående från uppmätt insättningsdämpning ΔL_b	Bilaga 4
	Figur 417

Balkongtyp: 2 m utbyggd enstaka balkong

Fasadöppning: Symmetriskt fönster (FS)

Övrigt: Ingen ovanförhängande balkong

Beteckningar: 2-glasfönster: ● ● ; öppet fönster: x x

Fig. 417
Tätt räcke.

dBA ΔL_{Aeb}

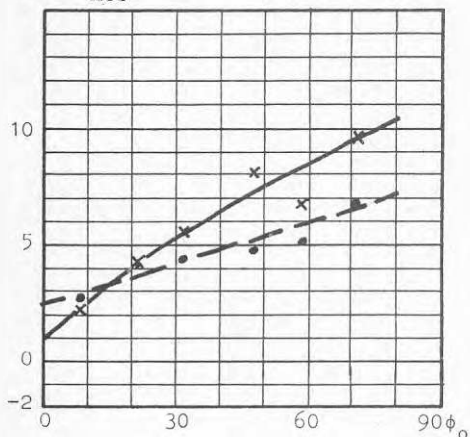


Fig.

Fig.

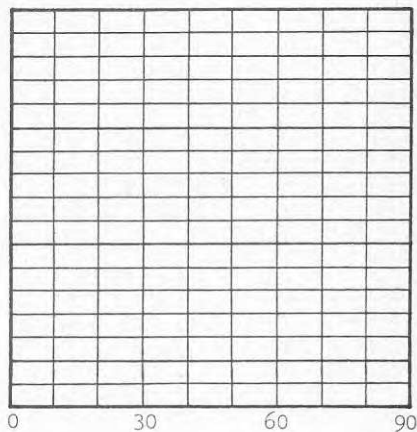
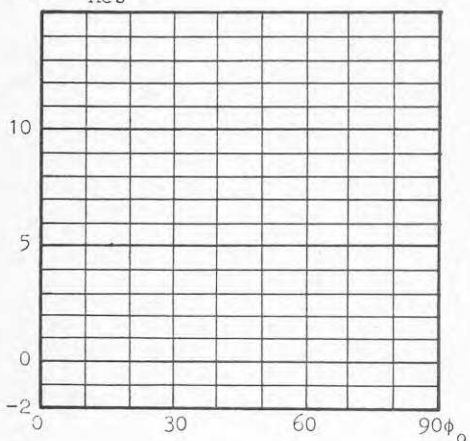
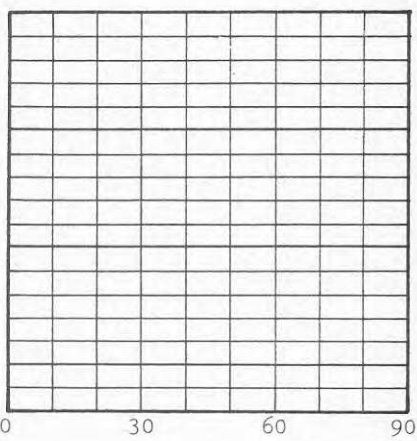


Fig.

dBA ΔL_{Aeb}



0 30 60 90 ϕ_0



0 30 60 90

Insättningsdämpning ΔL_{Aeb} för balkong beräknad utgående från uppmätt insättningsdämpning ΔL_b	Bilaga 4
	Figur 418-420

Balkongtyp: 2 m utbyggd.

Fasadöppning: Helt tät, slät fasad

Övrigt: Dämpningarna avser ljudnivån utomhus 0.5 m framför fasaden och 0.12 m över balkonggolvet. Medelvärden för 2 positioner har använts, se avsnitt 4.8.

Fig. 418

Tätt räcke + sidoväggar

dBA ΔL_{Aeb}

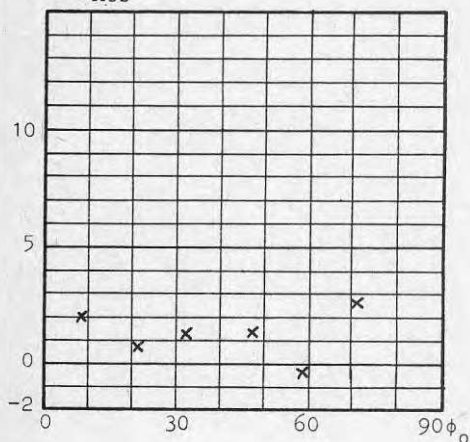


Fig. 419

Tätt räcke + sidoväggar. Takabsorbent

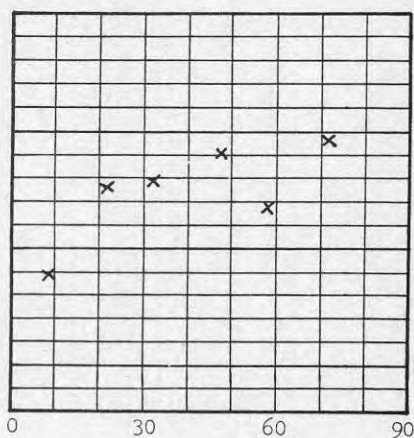


Fig. 420

Tätt räcke + sidoväggar.
Tak- och väggabsorbenter.

dBA ΔL_{Aeb}

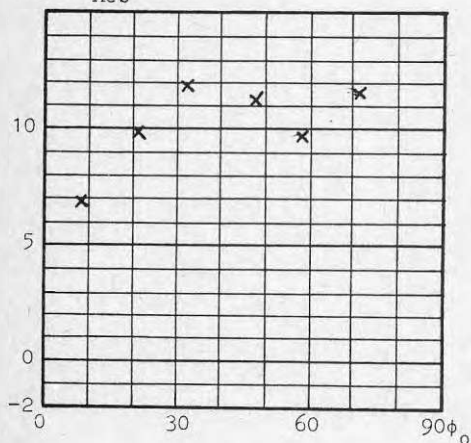
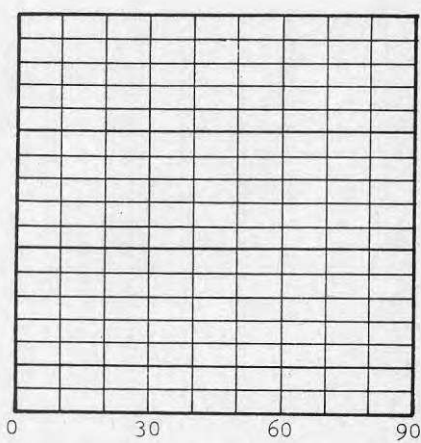


Fig.

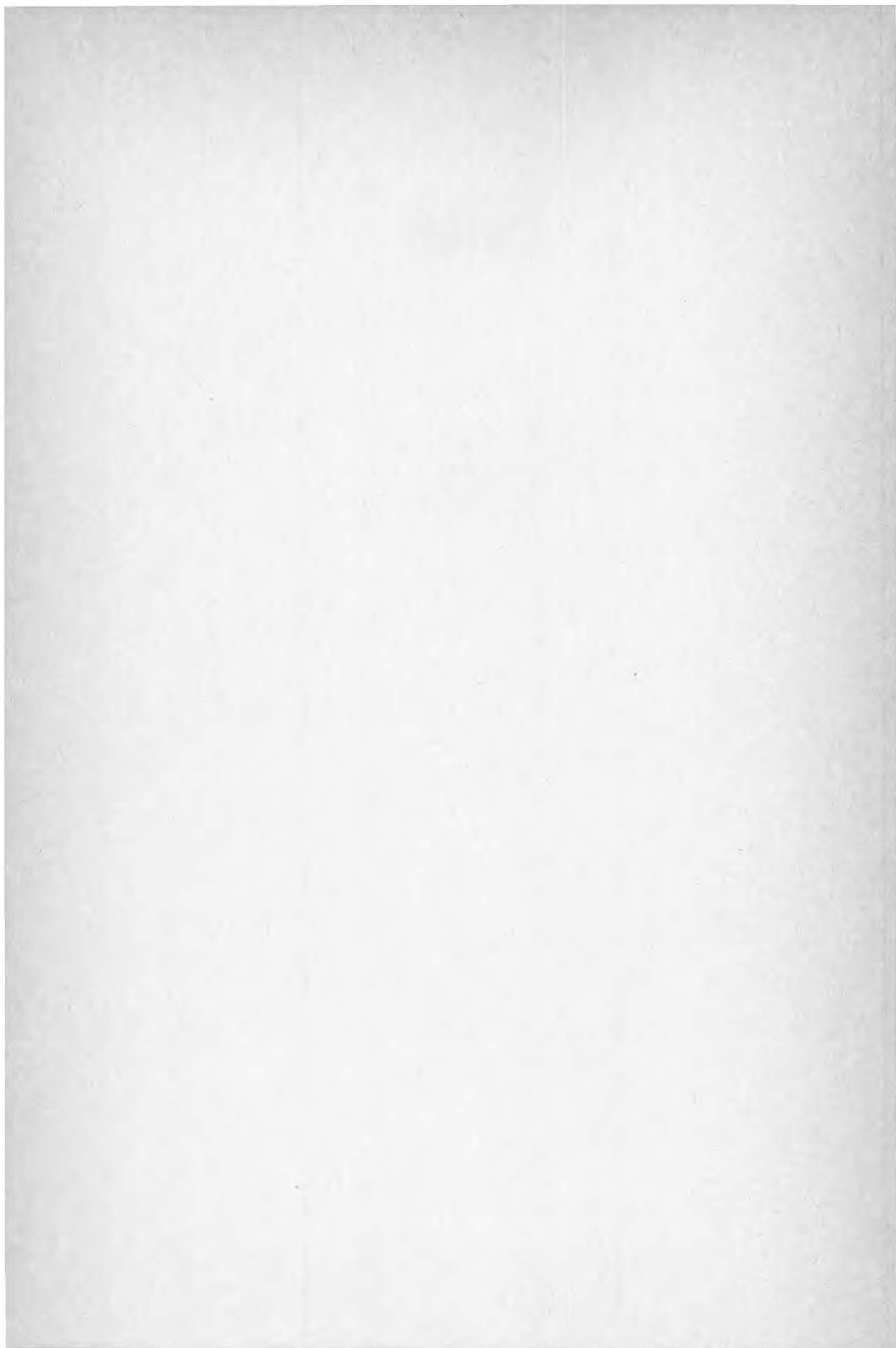


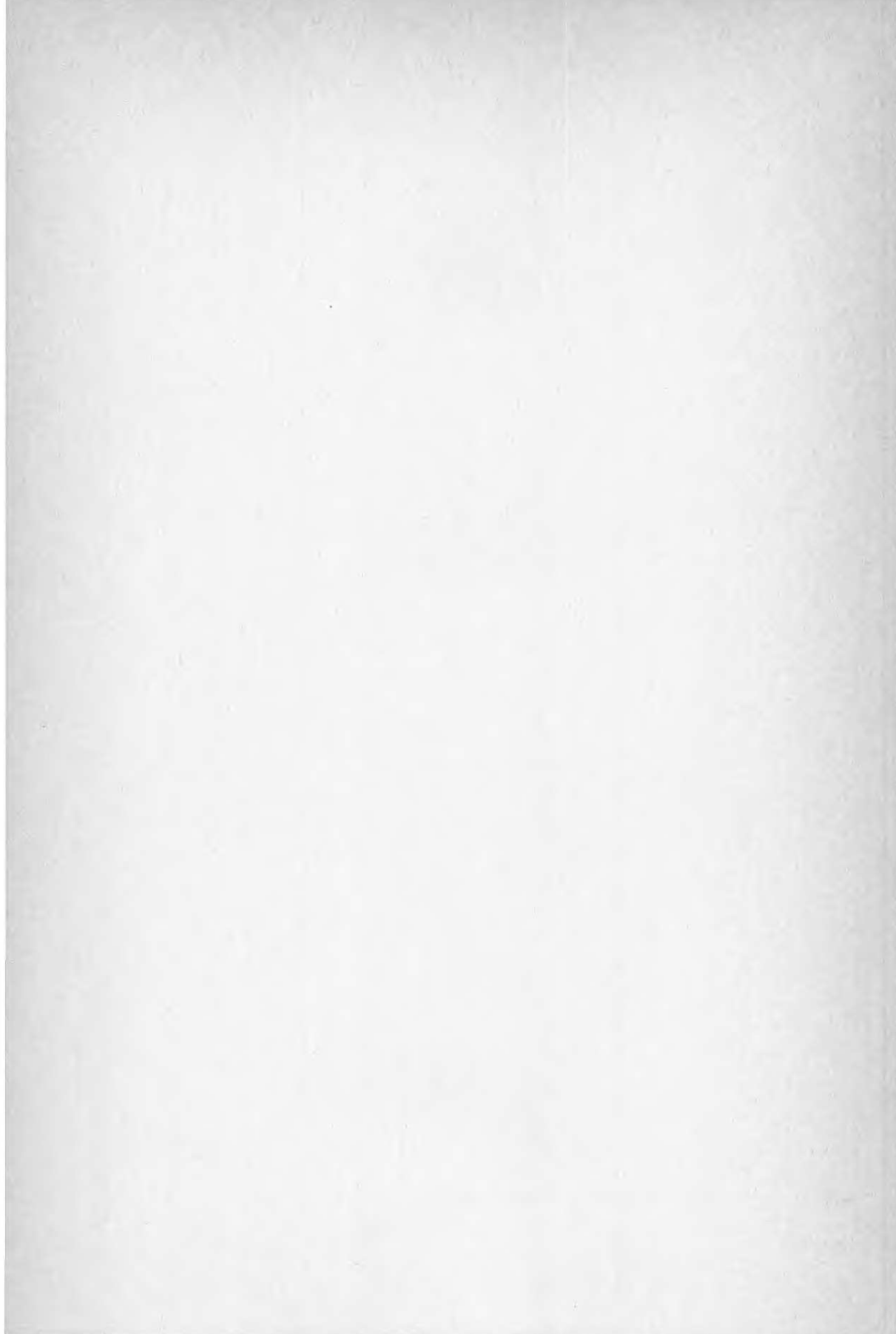
LITTERATUR

- Beracha, R J, 1980. About an Application of the Fresnel Integrals for Calculating the Sound Reduction by Absorbing Screens. (S. Hirzel Verlag.) *Acustica*, vol 44 (2), s 109-112. Stuttgart.
- Brebeck, D, 1967. Sound and Ultrasound Absorption of Materials in Theory and Practice, Especially in View of Building Acoustics Scale Models in Measure 1:10. Doktorsavhandling Tekniska Högskolan. Februari, München.
- Gilbert et al, 1968. Transmission du bruit a travers les facades. Centre Scientifique et Technique du Batiment. Rapport final de la Convention d'Etude. DGRST/CSTB 64-FR-136. Paris.
- Gilbert, 1969. Une etude sur la protection des habitations contre les bruits extérieurs pénétrant par les facades. Centre Scientifique et Technique du Batiment. Rapport 103. Paris.
- Jonasson, H, 1974. Samhällsbuller med beräkningsmetod för vägtrafikbuller (SIGMA TRYCK), s 28, avdelningen för byggnadsakustik, Lunds tekniska högskola. Lund.
- Kamph, E, 1980. Balkongers dämpning av vägtrafikbuller. En litteraturstudie. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R130:1980. Stockholm.
- Kurze, U J, Anderson G S, 1971. Sound Attenuation by Barriers. *Applied Acoustics*, vol 4, s 35-53. London.
- Lindblad, S, 1977. Inverkan av avstånd till föremål, fasader och bafflar samt höjd över mark vid trafikbullermätning. Avdelningen för byggnadsakustik, Lunds tekniska Högskola. Rapport V77-10. Lund.
- Ljunggren, S, 1973. Fönsters isolering mot trafikbuller. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R46:1973. Stockholm.
- Nordlund, L, 1977. Ljudisolering hos fasadkonstruktioner i befintlig bebyggelse. (Statens råd för byggnadsforskning.) Rapport R2:1977. Stockholm.
- Oldham, D J, Mohsen, E A, 1977. Traffic Noise Reduction due to the Screening effect of Balconies on a Building Facade. *Applied Acoustics*, vol 10, s 243-257. London.
- Oldham, D J, Mohsen, E A, 1979. The Acoustical Performance of Self-Protecting buildings. *Journal of Sound and Vibration*, vol 65 (4), s 527-581. London.
- Statens naturvårdsverk, 1979. Beräkningsmodell för vägtrafikbuller, Del 1: Beräkningsmodell. (Liber förlag). Stockholm.
- Statens naturvårdsverk m.fl., 1980. Bullersanering. Handledning. (Liber distribution.) Vällingby.

Statens offentliga utredningar, 1974. Trafikbuller, Del I, Vägtrafikbuller. (Kommunikationsdepartementet.) SOU 1974:60. Stockholm.

Yuzawa, M, 1981. Noise reduction by various shapes of barrier. Applied Acoustics, vol 14, s 65-73. London.





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
800105-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till IFM Akustikbyrån AB, Göteborg.**

R41: 1982

ISBN 91-540-3684-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700541

**Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner och material**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 30 kr exkl moms