

Rapport

R47:1982

Ljuddämpade vädringsdon

Stig Ingemansson

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

A.nr

Plad *ser*

R
9dt

Byggforskningsrådet

R47:1982

LJUDDÄMPADE VÄDRINGSDON

Stig Ingemansson

Denna Rapport hänför sig till forskningsanslag 780155-5
från Statens råd för byggnadsforskning till Ingemanssons
Ingenjörbyrå AB, Göteborg.

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

R47:1982

ISBN 91-540-3696-8
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Liber Tryck Stockholm 1982 182394

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	5
1. INLEDNING	7
1.1 Problemet	7
1.2 Projektet	7
1.3 Rapporten	7
2. FÖRUTSÄTTNINGAR	8
2.1 Behovet av ljuddämpade vädringsdon	8
2.2 Index för luftljudsisolering I_a	9
2.3 Absorptionsdämpning	11
2.4 Interferensdämpning	13
2.5 Krav på isoleringsförmåga	15
2.6 Krav på luftgenomgång	16
2.7 Akustiska principer	17
2.8 Första försöksmodell	19
3. FÖRSÖKENS UPPLÄGGNING	22
3.1 Metodiken	22
3.2 Yttre dimensioner	24
3.3 Genomströmningsarea	25
3.4 Byggsats med variationsmöjlighet	25
4. FÖRSÖKSRESULTAT	30
4.1 Kanalresonanser	30
4.2 Kortslutande kvartsvågstubbs	32
4.3 Interferensdämpning enligt Quincke	33
4.4 Interferensdon kompletterade med absorbent.	34
4.5 Don nedstrypta för normal ventilation	36
4.6 Modifiering av dimensionerna	37
4.7 Jämförelse med rent absorbentdon	39
4.8 Luftgenomgång	40
5. MÄTTEKNIK	41
5.1 Mättrum och mätförfarande	41
6. REFERENSER	45

SAMMANFATTNING

De ventilationsdon, som används sammanbyggda med fönsterkonstruktioner, bygger på principen att ljud dämpas i en kanal vars väggar helt eller delvis är klädda med ljudabsorberande material, t.ex skivor av mineralull.

Men för att effektivt dämpa trafikbuller med dess starka inslag av lågfrekvent ljud skulle krävas mycket tjocka absorberlager - omkring 20 cm - och därmed stora dimensioner hos donet.

I detta arbete har ett don tagits fram, där donets absorptionsdämpning för högre frekvenser kompletteras och kombineras med s.k interferensutsläckning av de lågfrekventa ljudet. Därmed får donet även lågfrekvensdämpning utan att dess dimensioner ökas.

Interferensutsläckning, Quincke-effekten, är känd sedan 1866 men har fått mycket liten teknisk användning.

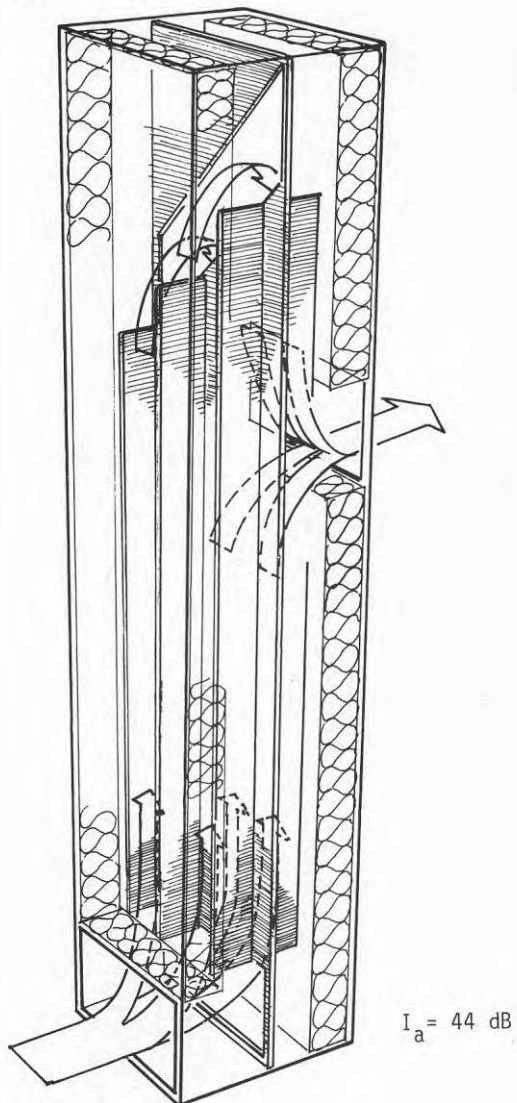
Donet har dimensionerats för att fullt öppet kunna ge ca 4 ggr större luftomsättning än den myndigheterna kräver.

Därmed är en forcerad ventilation - en måttlig vädring - möjlig.

Donets utformning framgår av figur 0.1.

Inställt för normal ventilation, klarar donet kravet på en inomhusnivå på 30 dB(A) vid en trafikbullernivå utomhus på omkring 75 dB(A).

DIMENSIONER 1.0 m x 0,2 m x 0,2 m



Figur 0.1 Sprängskiss av det bästa provade donet

1. INLEDNING

1.1 Problemet

Den intensifierade trafikens bullerproblem blev under 60-talet så besvärande att samhällsåtgärder blev nödvändiga. Bostadshusens svagaste ljudisoleringslänk är i allmänhet fönstren. Fönster med förbättrad isolering har kommit fram, men inte ventilations- och vädringsdon med likvärdiga isoleringsegenskaper.

De don, som finns i marknaden, brister främst i isolering vid låga frekvenser, där trafikbullret är kraftigt.

1.2 Projektet

I projektet har undersökts möjligheterna att utforma don med s.k interferensutsläckning vid låga frekvenser. De har dimensionerats för att ge ca 100 m³ luftomsättning per timme och enhet, fullt öppna för forcerad ventilation - en form av vädring. För normal ventilation med enkla reglerorgan skall de kunna strypas ned till luftomsättningar av ca 30 m³/h vid ett undertryck av 30 Pa, den omsättning som har bedömts som erforderlig per fönsterenhet.

Donens dimensioner har avpassats så att de skall vara lämpliga att ingå i en fönsterenhet.

1.3 Rapporten

Rapportens kapitel 2 behandlar förutsättningarna, kapitel 3 redogör för försökens uppläggning, kapitel 4 för de intressantaste resultaten och kapitel 5 för mättekniken.

2. FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Behovet av ljuddämpade vädringsdon

I den statliga trafikbullerutredningens förslag till riktlinjer för vägtrafikbuller, SOU 1974:60, anges ett antal avstegsfall där relativt höga ljudnivåer accepteras utanför fönster till bostäder, vårdlokaler och undervisningslokaler. Avstegsfall IV, som omfattar förnyelse av befintlig bebyggelse, medger exempelvis dygnsekvivalentnivån 70 dB(A) utanför fönster (frifältsvärde). Samtidigt är kravet för innenvån 30 dB(A), vilket innebär en erforderlig bullerreduktion på 40 dB. I grundfallet samt avstegsfall II och III är motsvarande skillnad 25 dB. Avstegsfall I, nybebyggelse invid större trafikleder, kräver 35 dB reduktion relativt frifältsvärdet.

De höga värdena innebär att fönster med särskilt god ljudisolering måste tillgripas. Vid ventilation och vädring genom öppet fönster förfelas denna lösning, då ekvivalentnivån inomhus i praktiken höjes betydligt över 30 dB(A). Överskridandet blir naturligtvis större, än vad som hade erhållits i grundfallet med endast 55 dB(A) utenvån.

Ventilation genom ljuddämpade uteluftsdon är ett bättre alternativ. Problemet ligger då i att få tillräcklig ljudisolering i dessa, vid de svårämpade låga frekvenser, som ingår i trafikbullret.

Ljuddämpade don att användas i kombination med fönster finns i marknaden. De är av absorptionsdämpartyp och anpassade till "normalfönster" med låg ljudisolering.

En annorlunda typ av ljuddämpat don provades 1973 vid Ingemanssons Ingenjörbyrå AB. Detta don byggde delvis på ljuddämpning genom interferens. En ljudutsläckande fasskillnad erhöles, genom att ljudet transporterades olika långa vägar mellan intags- och utloppsöppningarna.

Försökselementet hade en komplicerad uppbyggnad och var dessutom skrymmande. Det gav emellertid överraskande god ljuddämpning vid låga frekvenser.

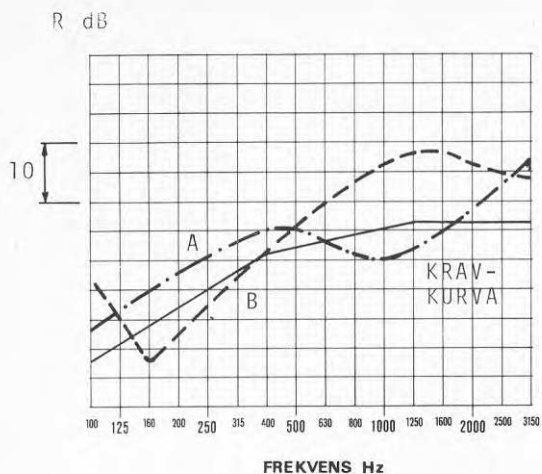
Någon mätning av dess luftkapacitet gjordes inte.

Elementet hade skilda sektioner för absorptionsdämpning vid högre frekvenser och interferensdämpning vid låga frekvenser. Genom att kombinera dessa och även i övrigt förenkla systemet borde det vara möjligt att få ett uteluftsdon med sådana dimensioner och ett sådant kostnadsläge att det skulle kunna ingå i en fönsterkonstruktion.

2.2 Index för luftljudsisolering, I_a .

För värdering av ett rumsskiljande väggelements ljudisoleringsförmåga användes en kravkurva för rumsskiljande isolering enligt ISO R 717. I princip flyttas kravkurvan nedifrån och upp tills den tangerar elementens ljudisoleringskurva. Kravkurvans läge i dB vid 400 Hz anger elementets vägda isoleringsförmåga och betecknas I_a . Se figur 2.1.

Denna kurva tar dels hänsyn till vilka ljudkällor, som dominerar i en bostadslägenhet, dels till örats frekvensberoende ljuduppfattning.

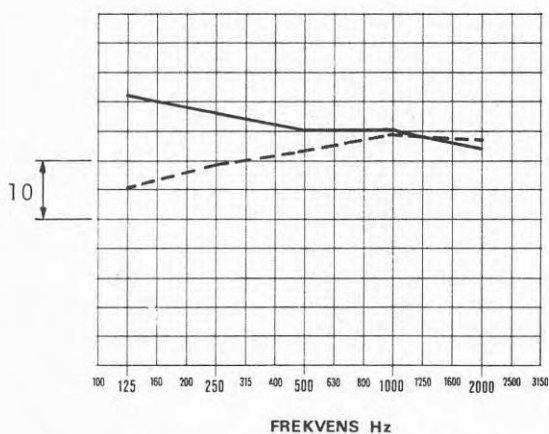


Figur 2.1

Ett väggelement har god lågfrekvensisolering (A), ett annat god högfrekvensisolering (B), men båda ger samma I_a värderade med ISO:s kravkurva (C).

Trafikbullret har dominerande lågfrekventa komponenter. Ett generaliserat spektrum för vägtrafikbuller visas i figur 2.2 (Ref 1).

L_{eq} dB per oktavband



Figur 2.2 Typisk frekvensfördelning för vägtrafikbuller ———. D:o A-vägt - - - - -

Väggelementet A i figur 2.1 har en lämpligare reduktionstalskurva för trafikbuller än B, men båda har samma I_a -värde.

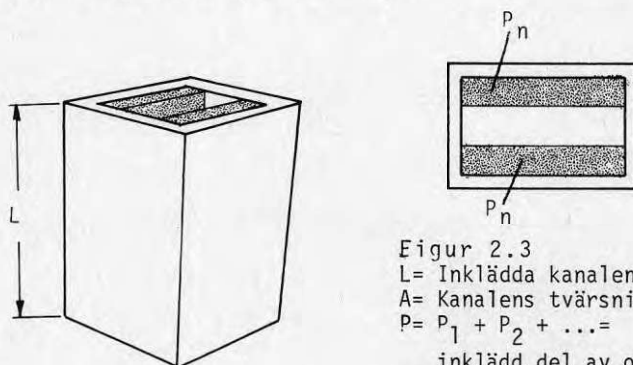
Vid den revision av ISO R 717, som föreligger som ett utkast, ISO/DIS 717, har I_a -kurvan valts även för fasader, trots att flera länders delegater önskade en särskild kurva för fasader och fasadelement.

Detta utkast kommer sannolikt att stadfästas, eftersom majoriteten anser att det skulle bli för krångligt med två olika index.

I_a har i dokumentet döpts om till R_w - "Weighted sound reduction index" - vilket väl i sig kan leda till en del förvirring.

2.3 Absorptionsdämpning

De vädringsdon som hittills använts, har byggt på ren absorptionsdämpning. Enkelt uttryckt är en absorptionsdämpare en kanal där väggarna eller partier av väggarna inkläts med ljudabsorberande material enligt figur 2.3. I absorptionsdämparen omvandlas ljudenergi till värmeenergi.



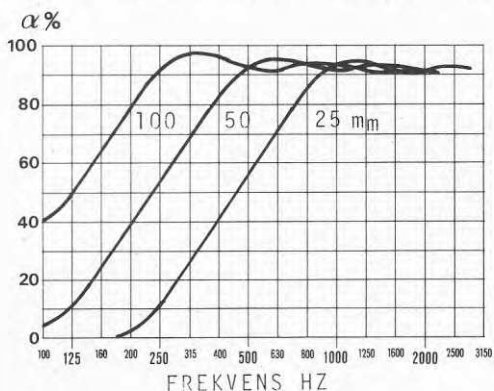
Figur 2.3
 L = Inklädda kanalens längd.
 A = Kanalens tvärsnittsarea.
 $P = P_1 + P_2 + \dots =$
 inklädd del av omkretsen.
 α = Inklädnadsmaterialiets
 absorptionsfaktor.

Ljuddämpningen, D i en sådan kanal är med en grov formel

$$D \approx \alpha \cdot \frac{P}{A} \cdot L \quad \text{dB} \quad (2.1)$$

Till denna kanaldämpning kommer anpassningsdämpning vid donets till- och utlopp. Absorptionsdämparna benämnes även resistiva dämpare.

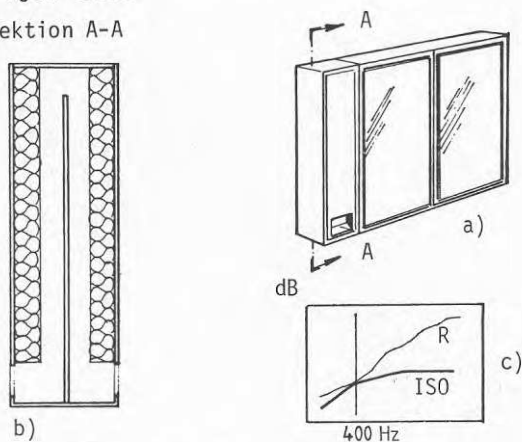
Absorptionskoefficienten bestämmer kanaldämpningens frekvenskaraktär. Mest användes någon form av mineralull för inklädnaden. I figur 2.4 visas absorptionskurvan för tre olika tjocka mineralullsskivor i det normerade frekvensområdet 100-3150 Hz.



Figur 2.4
Absorptions-
frekvenskurvan för
tre olika tjocka
mineralullsskivor
med volymvikten 50
 kg/m^3 .

Ett enkelt fönstervädringsdon av denna typ visas i figur 2.5.

Sektion A-A



Figur 2.5. Fönster med vädringsdon av absorptionstyp.

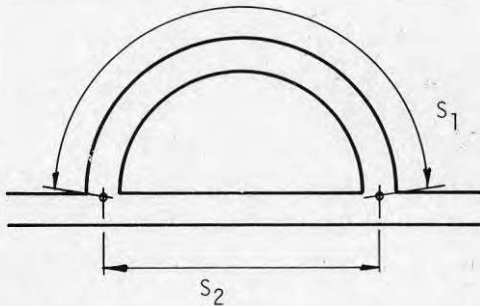
- Donet integrerat med fönsterelementet.
- Tvärsnitt genom donet
- Isoleringen värderad med ISO kravkurva.

På grund av den ringa absorptionen vid låga frekvenser ger dessa don låga I_a -värden. Vid höga frekvenser erhålles en "onödigt" stor isolering. Ett index bättre anpassat för trafikbuller skulle gett ännu lägre värden!

2.4 Interferensdämpning

Interferensdämparens, eller Quinckedämparens princip är känd sedan 1866 (Ref 2) och dess teori sedan 1928 (Ref 3 och 4). Den har dock hittills blivit föga använd i tekniken.

Interferensdämpning i dess enklaste form kan illustreras med figur 2.6.



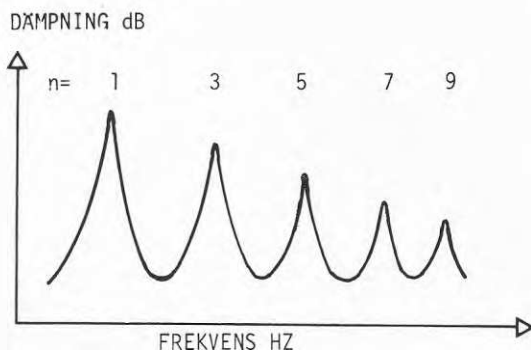
Figur 2.6
Enkel form av interferensdämpare.

Ljudenergin i en kanal fördelas på två parallellkoppade kanaler med olika längd, S_1 och S_2 , som åter mötas. För de frekvenser där $S_1 - S_2$ är en udda multipel av en halv våglängd - innebärande en fasskillnad på 180° - kommer ljudvågorna att utsläcka varandra, när sidokanalerna möts, dvs ljuddämpning erhålles för

$$f = n \cdot \frac{c}{2(S_1 - S_2)} \text{ Hz} \quad (2.2)$$

$n =$ udda heltal

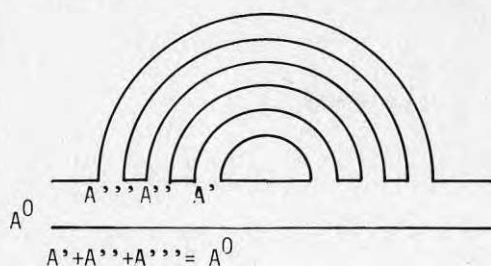
Dämpningskurvan får ett frekvensförlopp enligt figur 2.7 med stor dämpning vid diskreta frekvenser och liten dämpning vid mellanliggande frekvenser. Detta är främsta anledningen till att dämpare av denna typ sällan användes. I allmänhet önskar man mera bredbandig dämpning. Skall interferensdämpare användas för trafikbuller måste man åstadkomma en viss breddning.



Figur 2.7

Interferensdämparen, enligt figur 2.6 är mycket frekvensselektiv.

Ett sätt att göra dämpkurvan mindre frekvensselektiv kan vara att använda flera olika långa sidokanaler, enligt figur 2.8, så att partiell utsläckning erhålles vid ett större antal frekvenser.



Figur 2.8

Dämpare med flera olika långa sidokanaler.

Det är då viktigt, om en möjligast jämn dämpningskurva önskas, att de kortare vägskillnaderna $S_1 - S_2^n$, är större än $1/3$ av den största vägskillnaden, $S_1 - S_2^1$, så att deras interferensfrekvenser ligger lägre än det längsta kanalparets andra interferensfrekvens, d v s.

$$(S_1^1 - S_2^1) > (S_1^n - S_2^n) > (S_1^1 - S_2^1)/3 \quad (2.3)$$

2.5 Krav på isoleringsförmåga, I_a

Sedan ett tjugotal år tillbaka är de flesta bullerkriterierna baserade på ekvivalentnivå i dB(A).

Ett byggnadselements förmåga att sänka bullret från en dB(A)-nivå till en annan, varierar med bullrets frekvens-ljudtrycksnivå-sammansättning. Man kan därför inte generellt säga att ett byggnadselement sänker en bullernivå ett bestämt dB(A)-belopp.

Som redan nämnts i avsnitt 2.2 kommer sannolikt I_a -kravkurvan för rumsskiljande väggar att standardiseras även för fasader och fasadelement. Ute-luftsdonet är ett fasadelement.

Av två element med samma I_a -värde bör man då välja det, som har den bästa isoleringen under 400 Hz!

Några väldefinierade krav på isoleringen hos ett ute-luftsdon, finns inte. Eftersom detta arbete varit inriktat på ett don, som direkt skulle ingå i en fönsterenhet, har målsättningen varit att fönsterenheternas reduktionstal inte skall sänkas av donet öppet för ventilation.

Donets i fasaden exponerade yta räknas som referens-yta (inte ventilationsöppningens yta).

För ett väl tätat standardfönster kan man i dag räkna med ett I_a -värde omkring 30 dB. Fönster med I_a -värde omkring 40 dB blir ofta aktuella men fönster, med högre värden än så, mycket sällan.

Som målsättning har därför valts att donet skall ha ett I_a -värde omkring 40 dB.

2.6 Krav på luftgenomgång

Enligt SBN 80, Kapitel 36, "Luftkvalitet" krävs både för bostadsrum, (36:4), hotellrum och andra lokaler, "där människor inte endast tillfälligt vistas". (36:22) en ventilation, som ger ett uteluftsflöde av lägst 0.35 l/s per m² golvarea.

Om vi räknar med 12 m^2 golvyta per person och ett fönster med vädringsdon på samma golvyta blir kravet på det enskilda donet minst 4.2 l/s eller $15 \text{ m}^3/\text{h}$.

Vidare anger man i SBN 80 arean 30 cm^2 som "normal" för tvärsnittet. Ingenting säges i SBN 80, om vilket undertryck man skall räkna med i rummet.

I en arbetshandling från Statens Planverk, Byggnadstekniska byrån, Bertil Sundberg, 1979-06-05 säges: "Normalt godtas tilluftsdon, som i öppetläge ger minst $50 \text{ m}^3/\text{h}$ vid ett undertryck av 50 Pa ".

För att donet skall möjliggöra en forcerad ventilation, har kanalen getts en tvärsnittsarea på 200 cm^2 . Med någon form av spjäll bör då arean kunna reduceras till ett flöde av omkring $30 \text{ m}^3/\text{h}$, vid ett undertryck av 30 Pa .

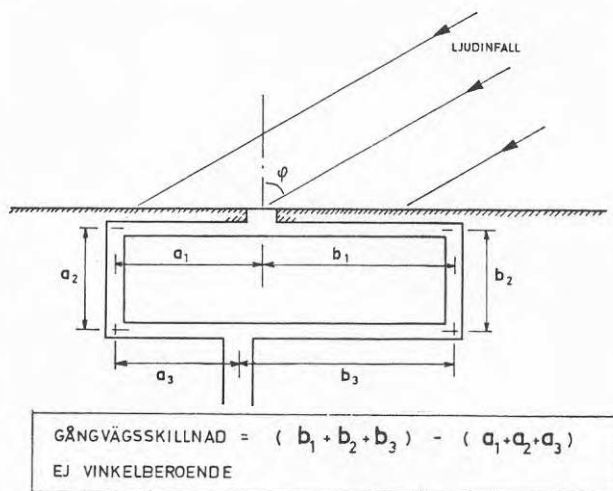
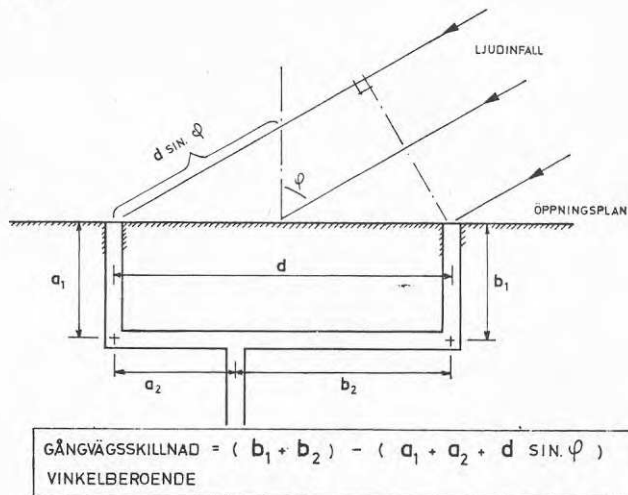
Detta har valts som målsättning.

2.7 Akustiska principer

Utöver de grundprinciper, som redovisats under 2.4, bör bl.a följande beaktas:

- a) Kanalernas tvärsnittsdimensioner kan ge problem i form av resonanser, när dimensionen närmar sig eller överskrider en halv våglängd. Kanalen bör alltså inte vara alltför bred.
- b) Interferensdämpningen bör få en större bandbredd med flera parallellkopplade mindre kanaler med olika längd enligt figur 2.8, än med en enda stor kanal. Risken för ogynnsamma tvärresonanser enligt a) blir då också mindre.

- c) Två "parkanaler" som med sin olika längd skall ge interferens måste ha en gemensam ingångsöppning. Eljest kan ett mot öppningsplanet snett infallande ljud ge vinkelberoende gångvägsskillnad, se figur 2.9



Figur 2.9

Vid diffust ljudinfall måste parkanaler ha en gemensam ingång.

- d) Av samma skäl som i c) bör den gemensamma öppningens tvärsnittsdimensioner vara mindre än en $1/4$ våglängd för de lägsta frekvenser man vill dämpa med interferens.
- e) En tunn absorbent påverkar inte låga frekvenser. Genom att klä in kanalerna med relativt sett tunna absorbenter bör absorptionsdämpning enligt 2.3 erhållas för högre frekvenser utan att interferensdämpningen vid lägre frekvenser påverkas.

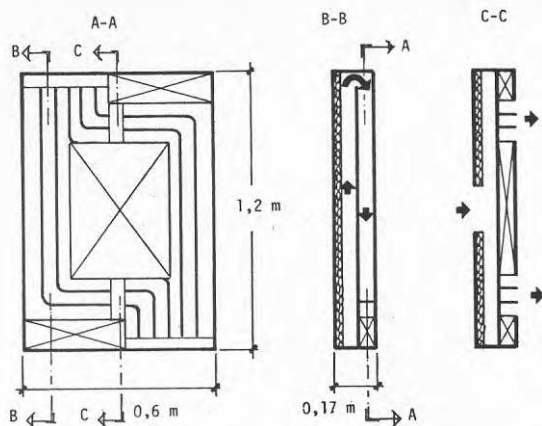
Anm. Denna förutsättning visade sig vara felaktig och har begränsat värdet av de genomförda försöken. Absorbenterna har nämligen gett en oväntat stor sänkning av fashastigheten i kanalen. Därmed har interferensdämpningen kommit vid alltför låga frekvenser vid proven.

2.8 Första försöksmodell

Innan anslag söktes för detta projekt hade en försöksmodell byggts och uppmätts.

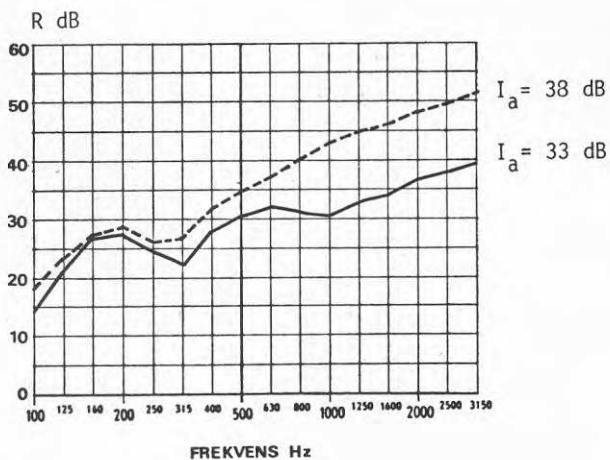
Utförandet som framgår av figur 2.10, är ganska komplicerat.

Från ett centralt inlopp 1 går ljudet via en grundkammare 3 till två skilda intag 4 för själva interferensdämparen. Kammaren 3 verkar som en akustisk kapacitans och ger en dämpning, som ökar med stigande frekvens. För att bredda det aktiva frekvensområdet har interferensdämparen tre parallella kanalsystem, med olika delängder. Med denna uppbyggnad erhålles två utlopp 6 .



Figur 2.10

Den första försöksmodellen hade en komplicerad uppbyggnad.



Figur 2.11

Reduktionstalskurvorna för första försöksmodellen utan — och med absorbent - - - -

Reduktionstalen för denna anordning visas i figur 2.11 med hel dragen kurva. Såsom framgår av figuren har interferensdelen gett en god dämpning omkring 200 Hz.

Ett prov gjordes också med en absorbent 7 på kammarens ena vägg. Detta resulterade i en förbättrad högfrekvensisolering, såsom den streckade kurvan i figur 2.12 visar.

Försöksresultaten var uppmuntrande, men modellen både komplicerad och starkt utrymmeskrävande.

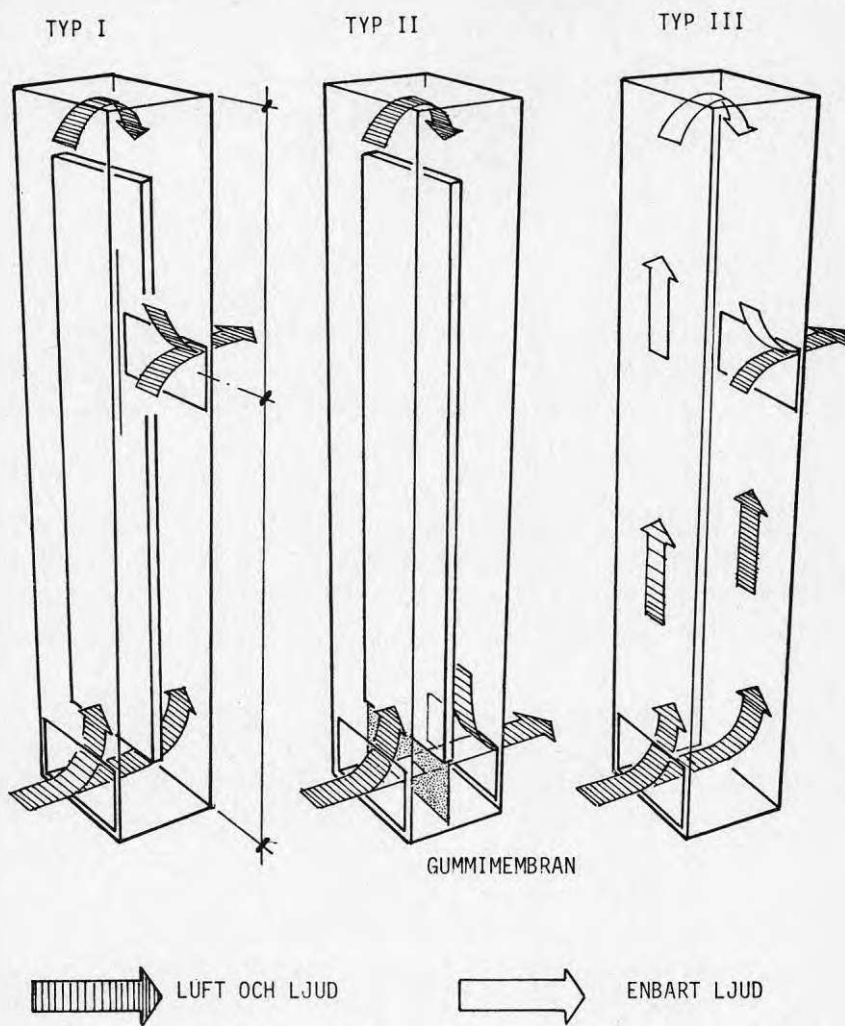
3 FÖRSÖKENS UPPLÄGGNING

3.1 Metodiken

Avsikten var att experimentellt optimera två enkla don i vilka interferensdämpning erhålles på olika sätt. I donet av typ I går både luft och ljud två skilda vägar. I typ II går luften endast en väg. Den ena vägen är spärrad av ett gummimembran. Detta släpper genom lågfrekvent ljud för interferens men stoppar högfrekvent ljud och luft. Se figur 3.1.

Försöken startade med typ I. P.g.a de svårigheter som uppkom mättekniskt, kunde typ II ej provas inom anslaget ram.

Däremot provades en variant, typ III, med mellanväggen borttagen. Kanalen över utloppet kommer då att verka som en kortslutande krets, när dess längd är lika med $\lambda/4$. I princip är det samma som en fasvridning 180° .



Figur 3.1
Tre varianter av interferensdon.

Som komplettering av interferensdämpningen vid låga frekvenser erhålles mellan- och högfrekvensdämpning genom att kanalväggar förses med ljudabsorberande beklädnad.

Anmärkning

Don typ II (Ref 5) är akustiskt intressant.

Gummimembranet motsvarar vid låga frekvenser en luftkanal med en längd, som är omkring 700 ggr membranets tjocklek. För att ge tillräcklig spärr för höga frekvenser krävs en sådan tjocklek på gummit att den andra "delkanalen" måste göras lång. Donet kan därför troligen inte göras kortare än det av typ I, med samma bredd och djup.

Absorptionsdämpning kan utnyttjats på en längre sträcka. Frågan är om detta kan kompensera, att en hälften så tjock absorbent måste användas, om genomströmningsarean skall vara densamma som i don av typ I.

3.2 Yttre dimensioner

Donet bör kunna integreras i många olika fönsterkonstruktioner, även sådana med reellt små format. Överslagsmässigt borde det vara möjligt att klara ljuddämpningsmålsättningen med en längd på 1 m. Alla försöksdon gavs denna längd. Svårast är det att klara ljuddämpningen med ett litet djup på donet. Som maximalt djup sattes 0,2 m.

Mindre kritisk är bredden. Det är främst önskad genomströmningsarea, som bestämmer denna. Mest av estetiska skäl valdes bredden 0,2 m.

3.3 Genomströmningsarea

Enligt kraven i 2.6 skall donet i öppetläge och vid ett undertryck av 30 Pa ge en genomströmning av 30 m³/h.

Tryckfallet bestäms huvudsakligen av ingångs-, kanal- och omlänkingsförluster. Donen gjordes med en fri genomströmningsarea av 0,2 m x 0,1 m. Det kan sedan strypas med en ventil till önskat flöde.

En grov överslagsberäkning ger ett flöde på omkring 150 m³/h genom donet vid fullt öppen kanal och ett tryckfall på 30 Pa. Den valda genomströmningsarean bör alltså ha en betryggande marginal och möjliggöra en forcerad ventilation med fullt öppen ventil.

3.4 Byggsats med variationsmöjlighet

För att snabbt kunna förändra data utformades donet som en byggsats enligt figurerna 3.2 - 3.4. Med denna byggsats kan 15 olika alternativ erhållas enligt tabellen nedan.

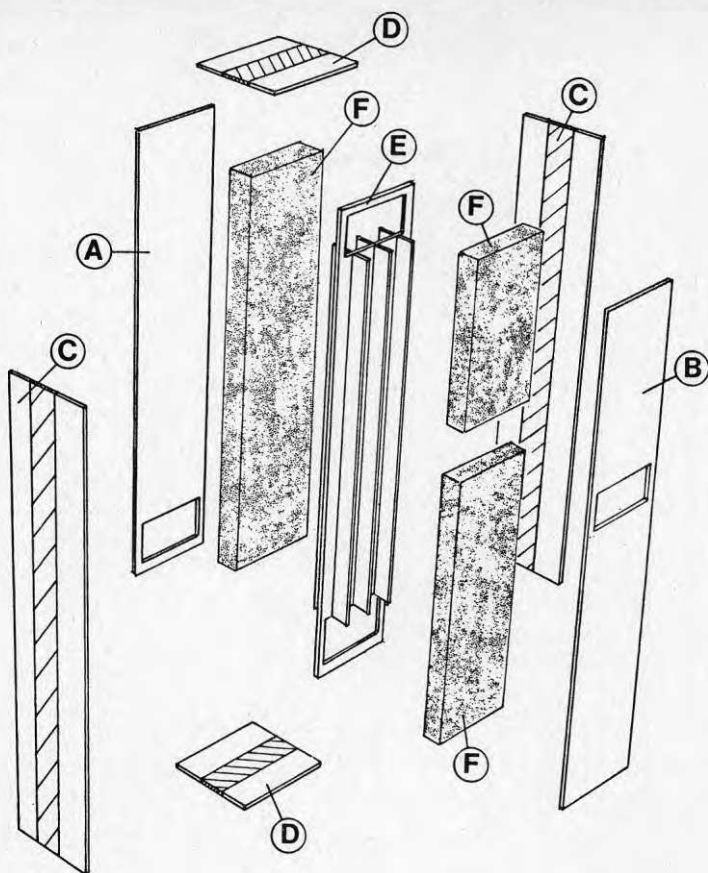
	1	2	3
0 Donet utan mellanvägg (stubb)	xx		xx
A En enda bred kanal Konstant kanallängd	x		x
B En enda bred kanal Inte konstant kanallängd	Ingen	25 mm	50 mm
C Fyra delkanaler Konstant kanallängd	abs.	abs.	abs.
D Fyra delkanaler Inte konstant kanallängd.	xx		xx

Tabell 3 Alternativa försöksdon. (x= redovisade prov).

I samtliga fall är totala genomströmningsarean 0,2 m x 0,1 m.

I alternativen A och B sker genomströmningen i två breda kanaler med arean 0,2 m x 0,05 m.

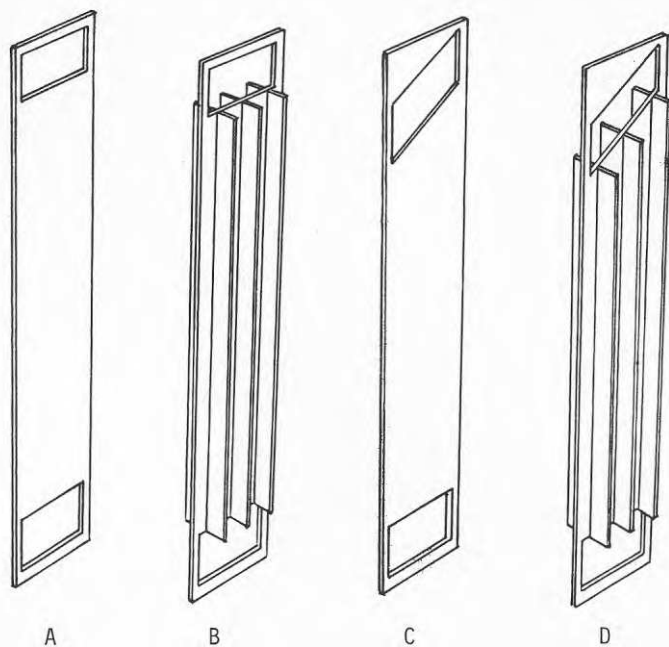
I alternativ B och C sker genomströmningen i fyra närmast rektangulära kanaler med arean 0,05 m x 0,04 m. Mellanväggarnas uppgift är att hålla ett mera konstant fasläge i varje kanal när detta varierar över inloppet vid diffust ljudinfall. Denna area är mer än 5 ggr större än den man brukar räkna med för normal ventilation (30 cm²).



- A Främre panel med luftintag klädd med 1 mm tjock järnplåt.
 B Bakre panel med luftutsläpp, också med järnplåt.
 C Sidostycken med utbytbara insatsbitar.
 D Topp- och bottenstycken med insatsbitar.
 E Mellanpanel (typ B visad)
 F Mineralullsskiva (50 kg/m^3)

Figur 3.2

Byggsats till försöksdon av 10 mm tjock plywood.



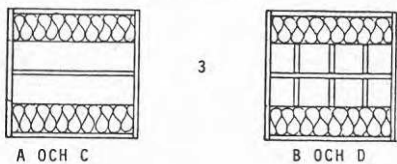
Figur 3.3
Alternativa mellanväggar



25 MM MINERALULL



50 MM MINERALULL



A OCH C

B OCH D

Figur 3.4
Tvärsnitt genom de
olika alternativen
med byggsatsen

Don utan mineralull har siffran 1.
Don med 25 mm min.ull har siffran 2.
Don med 50 mm min.ull har siffran 3.

Kanallängderna dimensionerades för att ge den lägsta interferensfrekvensen omkring 160 Hz för alternativen O, A och B, samt vid 125 Hz, 160 Hz och 200 Hz för alternativen C och D.

Bakgrunden till valet av 160 Hz är följande. Absorptionsdämpningen vid låga frekvenser bestäms av mineralullens tjocklek. Den tjockaste använda mineralullsskivan är 5 cm. Absorptionen i denna har sjunkit till 70% vid 315 Hz. Den största interferensdämpningen har lagts vid halva denna frekvens, d v s vid 160 Hz.

Längden a i figur 3.1 blir för

125 Hz a = 0,60 m

160 Hz a = 0,45 m

200 Hz a = 0,34 m

Hänsyn har då tagits till ändkorrektionen för delkanalerna, som motsvarar en kanalförhöjning av omkring 0,15 m. I mellanvägarna C och D i figur 3.3 snedställdes öppningen med total 0,2 m. Relationerna inbördes mellan delkanalernas längd uppfyller då kravet (2.3) i alternativ D.

Längden b i försöksdonen är 0,55 m. Den bör inte förkortas, men kan med fördel förlängas. Därigenom förbättras den mellanfrekventa dämpningen i donet.

4 FÖRSÖKSRESULTAT

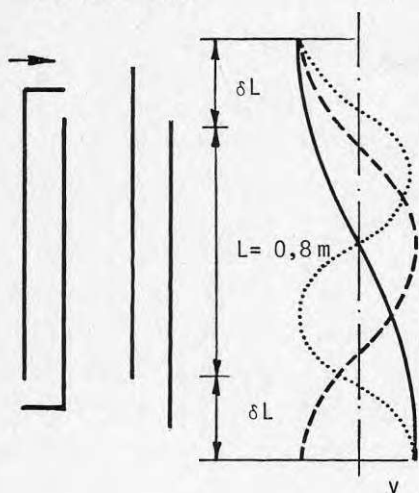
4.1 Kanalresonanser

En sluten kanal med parallella ändytor har resonanser för de frekvenser, vid vilka multiplar av halva våglängden är lika med verkliga kanallängden. Partikelhastigheten är noll vid ändytorna. Om mindre öppningar i sidväggar göres nära ändytorna, bör ljudutstrålningen från denna bli liten vid resonans. Även en rak i ändarna helt öppen kanal har resonanser för de frekvenser, vid olika multiplar av halva våglängden är lika med en "effektiv kanallängd". Medsvängande luft vid kanalöppningen ger en längdkorrektion L . I detta fall är partikelhastigheten och därmed ljudutstrålningen stor vid kanalens ändar.

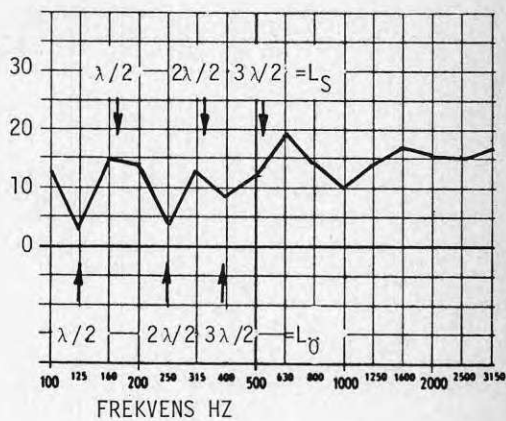
Vid låga frekvenser bör resonanserna ha ett stort inflytande på transmissionen genom kanalen. Vid höga frekvenser dämpar redan tunna absorberer bort resonanserna.

De aktuella donens kanaler tillhör inte renodlat någon av de ovannämnda typerna. Det är därför av intresse att veta vilken typ av resonans, öppen- eller sluten-kanals, som har störst betydelse för reduktions-talskurvan. Mätningar på en kanal med sidoöppningar intill ändytorna enligt figur 4.1 visar att öppenkanalsresonanser har stor betydelse för reduktionstalskurvan hos de aktuella donen, vid låga frekvenser.

ÖPPEN KANAL



R dB



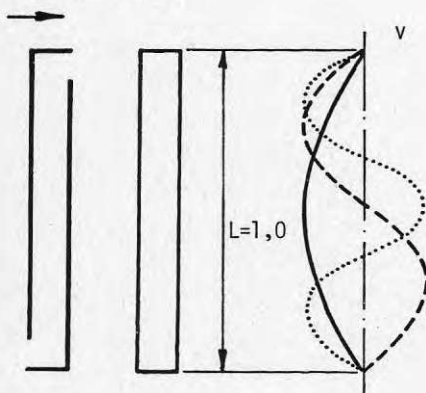
$$L_O = 0,8 + 2 \delta L \approx 1,4 \text{ m}$$

$$\delta L \approx 0,3 \text{ mm}$$

$$L_S = 1,0 \text{ m}$$

$v =$ PARTIKELHASTIGHET

STÄNGD KANAL



4.1 Resonanser av typ "öppen kanal" har stor betydelse för reduktionstalskurvan vid låga frekvenser.

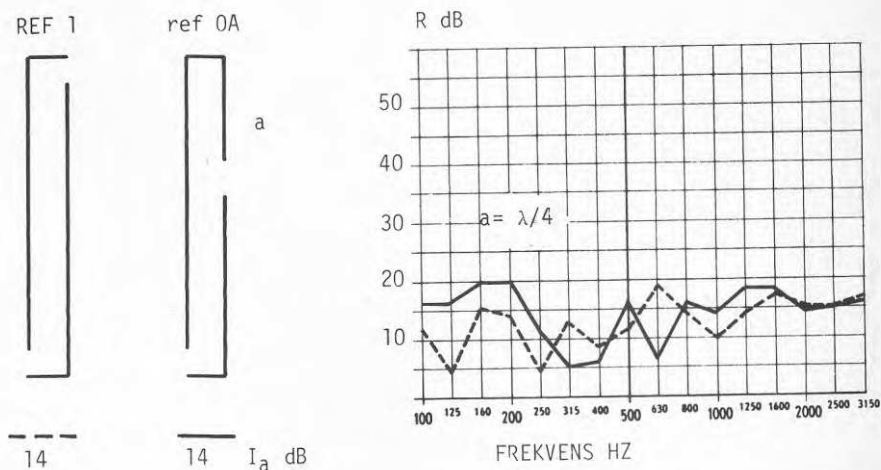
Vid öppenkanalsresonanser är reduktionstalsförsämringen väsentlig. Någon förstärkt isolering vid slutenkanalsresonanserna kan ej med säkerhet konstateras.

4.2 Kortslutande kvartsvågstubb

Ett alternativ till interferensdämpning med olika långa delkanaler är att använda en kortslutande "blindtarm", vad som i transmissionsledningsteorin benämnes "kvartsvågs slutna stubb".

Effekten av en sådan framgår av figur 4.2. Reduktionstalshöjningen kring kvartsvågslängden visar sig vara överraskande god och stubben bör i vissa fall ge tillräckligt tillskott till lågfrekvensdämpningen.

För jämförelse är fullängdskanalens reduktionstalskurva medtagen i figuren.

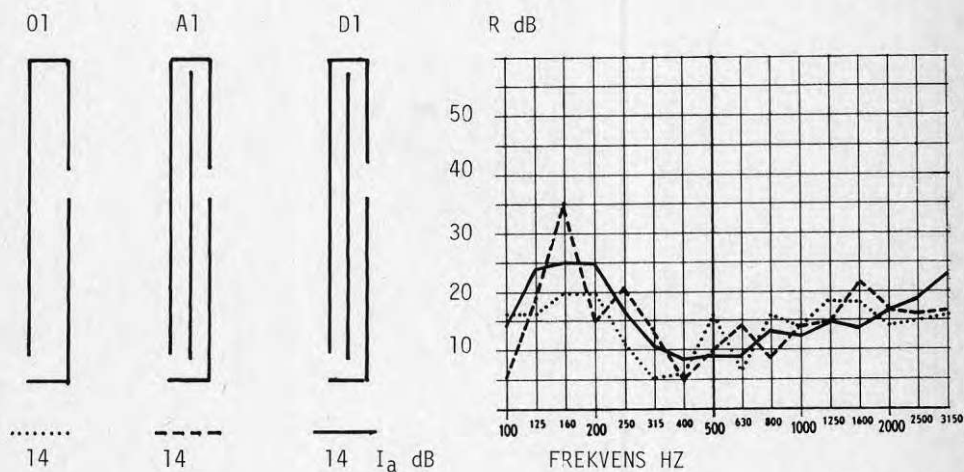


Figur 4.2

Lågfrekvensdämpning med kortslutande kvartsvågsstubb.

4.3 Interferensdämpning enligt Quincke

Två interferensdon A1 och D1, för enbart lågfrekvensdämpning har provats och jämförts med ett don med stubb, O1 enligt figur 4.3.



Figur 4.3

Don med stubbdämpning O1 och med dämpning enligt Quincke, A1 och D1.

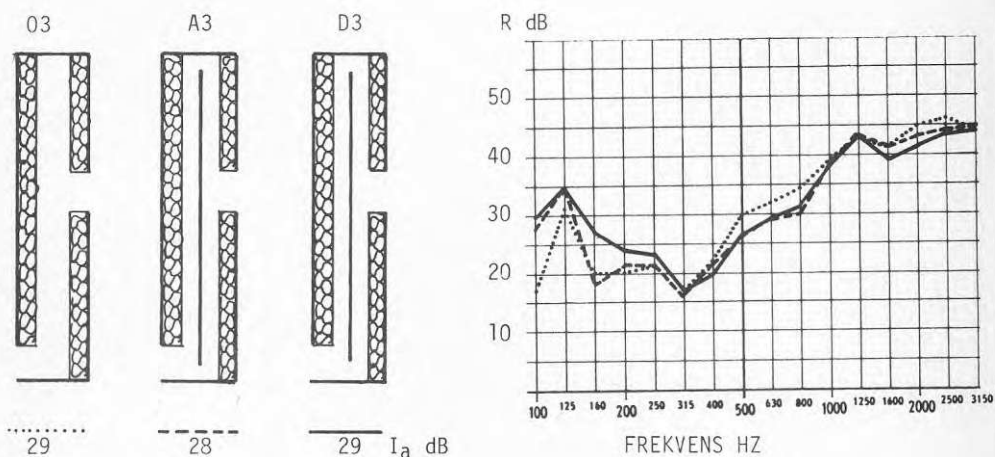
Donet A1 har en enda sidokanal med konstant längd medan donet D1 har fyra sidokanaler med olika längd.

Båda donen A1 och D1 ger större lågfrekvensdämpning än donet O1 med stubb. Utförandet D1 är gynnsammare än A1, då det ger dämpning i ett större frekvensband.

Anmärkning: Utförande enligt B och C, som ursprungligen planerades, bör ge mindre bandbredd än utförande enligt D. De kunde p.g.a mätsvårigheterna ej genomföras inom anslaget ram.

Interferensfrekvensen för don A1 ligger på 160 Hz som beräknat.

4.4 Interferensdon kompletterade med absorberant. De i föregående avsnitt redovisade donen O1, A1 och A3 har kompletterats med 5 cm tjock mineralullsabsorbent på två motstående kanalväggar. Med hjälp av insatsbitar till donet har den öppna kanalarean hållits oförändrad. Reduktionstalskurvorna visas i figur 4.4.



Figur 4.4

Don med absorberande inklädnad och helt öppna.

D-alternativet ger fortfarande den bästa lågfrekvensdämpningen, medan högfrekvensdämpningen praktiskt taget är likvärdig för de tre donen.

Överlappningen mellan den lågfrekventa interferensdämpningen och den högfrekventa absorptionsdämpningen är emellertid dålig. Speciellt dåligt är resultatet omkring 300 Hz.

En orsak härtill är att interferensdämpningen förskjutits mot lägre frekvens. Anledningen var fortfarande okänd när försöken avbröts.

Förklaringen är att absorbenten väsentligt sänker ljudvågens utbredningshastighet i kanalen. Detta tidigare obeaktade fenomen synes först ha noterats av Uno Ingård i ett internt tekniskt memorandum vid MIT (Ref 6). Under Ingårds ledning har sedan Bill Patrick gjort en doktorsavhandling (Ref 7) som kom till vår kännedom i slutet av 1981. I avhandlingen redovisas flera sätt att utnyttja denna effekt för tekniskt bruk. Beräkningarna kräver emellertid ett ganska omfattande datorprogram.

Ljudutbredningshastigheten i de aktuella donen har sänkts från 340 m/s till 255 m/s.

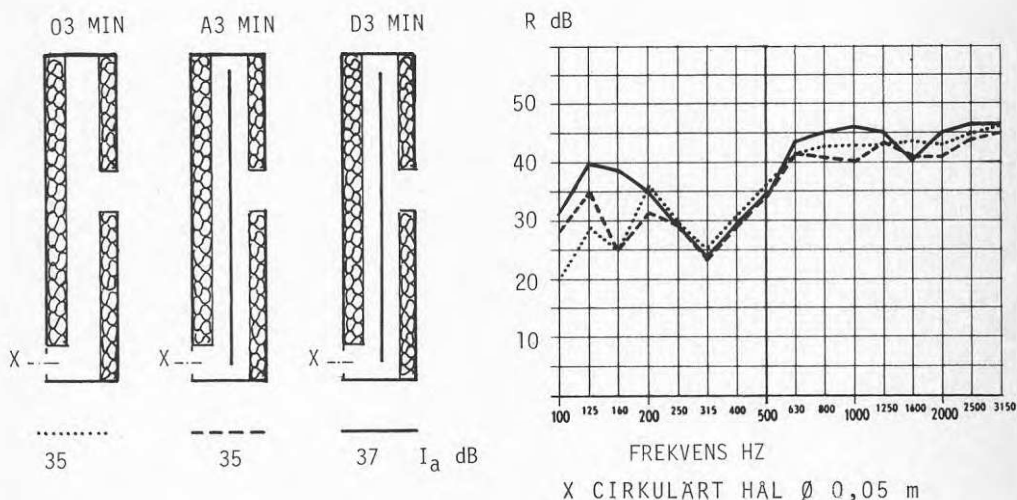
Detta kan korrigeras genom att centrum av öppningen på donens högra sida i figuren 4.4 flyttas uppåt från 0,45 m från överkant till 0,26 m från överkant.

Vid 30 Pa tryckfall ger don D3 en luftmängd av 150 m³/h.

4.5 Don nedstrypta för normal ventilation.

Den ena öppningen i de kompletta donen stryptes från 0,2 m x 0,1 m till en cirkulär öppning med en diameter av 0,05 m. Isoleringen i donets väggar sätter en övre gräns omkring 45 dB vid höga frekvenser.

Areastrypningen skall ge en höjning av reduktions-talskurvan med 10 dB men provväggs reduktionstal är för lågt för att höjningen skall kunna mätas vid de lägsta frekvenserna. Figur 4.5 visar de uppmätta reduktionstalen.



Figur 4.5

Don nedreglerade till 30 m³/h vid ett tryckfall av 30 Pa.

Vid 30 Pa tryckfall ger don D3 MIN en luftmängd av 35 m³/h dvs strax över målsättningen 30 m³/h.

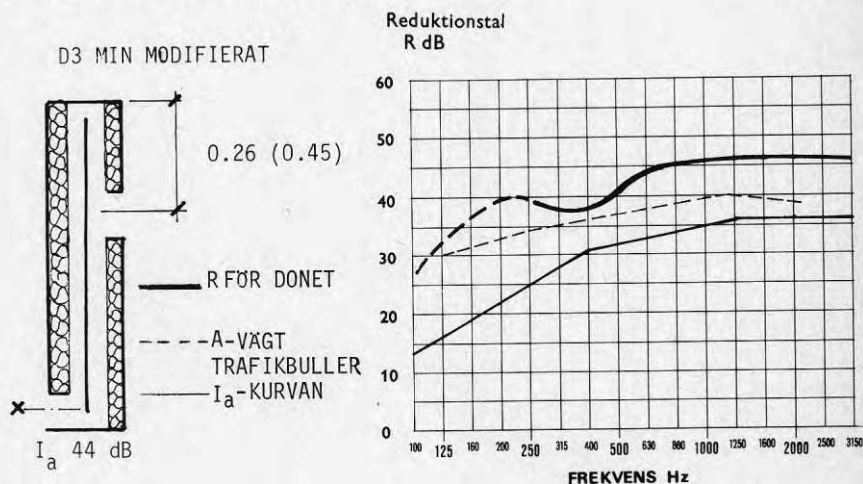
4.6 Modifiering av dimensionerna

P g a den oväntade sänkning av ljudutbredningshastigheten har interferensdämpningen kommit vid en ters för låg frekvens. Reduktionstalskurvorna för det gynnsammaste donet D3 (strypt D3 MIN) har en dal omkring 300 Hz.

Kurvorna gör det motiverat att höja interferensfrekvenserna inte blott en utan 2 terser. Utloppsöppningens mitt flyttas då från 45 cm till 26 cm från överkant kanal. Därmed flyttas inte bara lågfrekvensdämpningen, utan den mellanfrekventa dämpningen i donet ökas samtidigt.

Några så modifierade don har inte mätts, men de resulterande kurvorna har beräknats.

Figur 4.6 visar den reduktionstalskurva, som kan förväntas hos ett modifierat don D3 MIN - inställt för "normal luftomsättning".

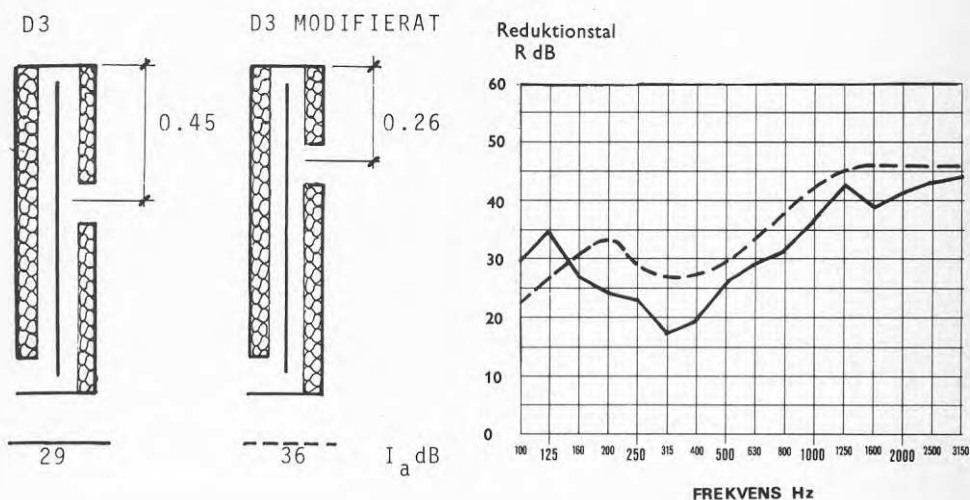


Figur 4.6

Beräknad reduktionstalskurva för don D3 MIN modifierat för anpassning till trafikbuller.

Viktigare än att ett högt I_a -värde kan förväntas hos donet, är att lågfrekvensisoleringen är anpassad till A-vägt trafikbullerspektrum i avsnitt 2.2 (Figur 2.2). Ett högre I_a -värde skulle erhållas om interferensfrekvenserna flyttades upp ytterligare en ters.

Motsvarande kurva för don D3 - inställt för forcerad ventilation - visas i figur 4.7, och jämföres där med kurvan före modifiering av donet.



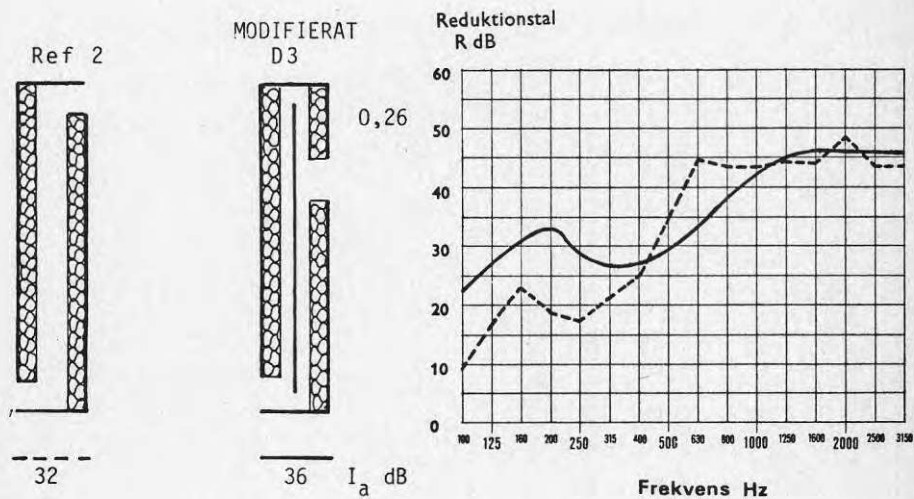
Figur 4.7

Beräknad reduktionstalskurva för modifierat don D3
fullt öppet ———

D:o före modifiering - - - - -

4.7 Jämförelse med rent absorberdon

I figur 4.8 jämförs don D3, med kombinerad interferens- och absorptionsdämpning, med ett referensdon, Ref 2, med enbart absorptionsdämpning. Båda dessa har samma yttre dimensioner och samma genomströmningsarea. Förbättringen av lågfrekvensdämpningen med kombinationsdonet ligger omkring 10 dB.

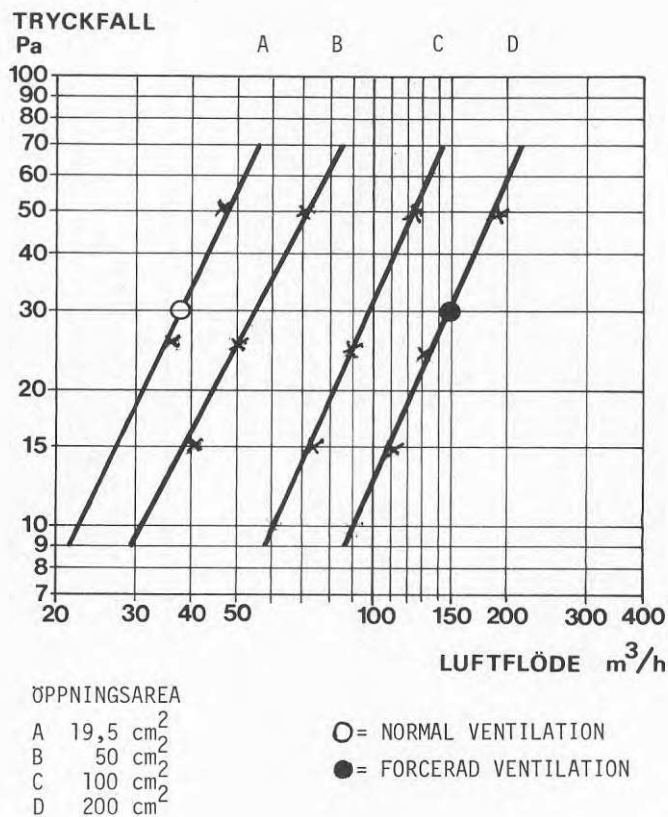


Figur 4.8

Kombinationsdon jämfört med rent absorptionsdon.

4.8 Luftgenomgång

Luftomsättningen, som funktion av tryckfallet över donet, har uppmätts för det bästa donet D3 och visas i diagramform i figur. Målsättningsvärdet $30 \text{ m}^3/\text{h}$ vid ett tryckfall av 30 Pa är uppfyllt med marginal, med strypt don. Fullt öppet med 200 cm^2 area ger det, med samma tryckfall, en omsättning på $150 \text{ m}^3/\text{h}$, för forcerad ventilation.



Figur 4.9 Luftomsättning som funktion av tryckfallet för don D3.

5 MÄTTEKNIK

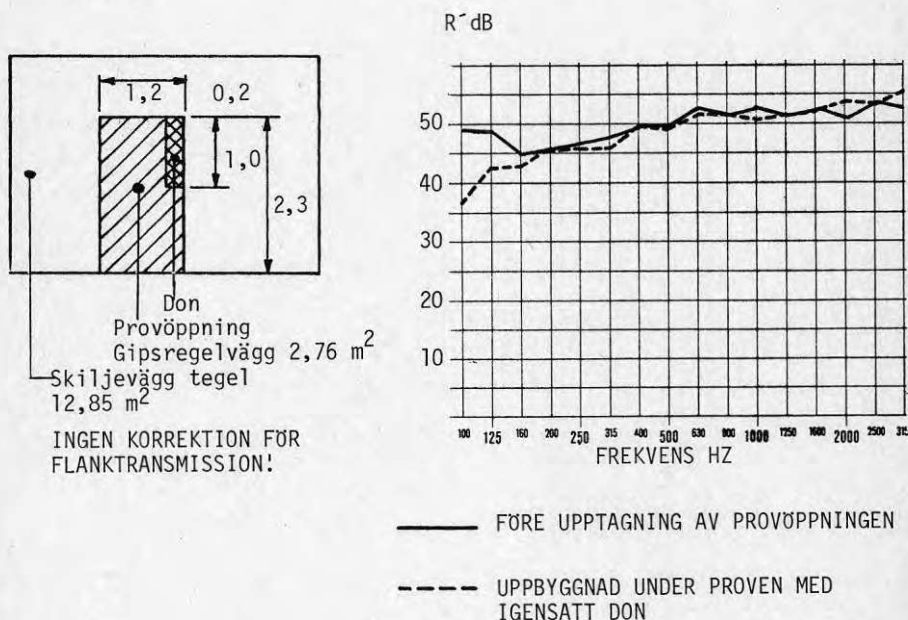
5.1 Mättrum och mätförfarande

Mätningarna utfördes i en äldre enplans tegelbyggnad mellan två rum med båda 75 m^3 volym. Skiljeväggen har 8 m^2 40 cm tjock och $4,5 \text{ m}^2$ 28 cm tjock vägg, inklusive puts.

I väggens tunnare del har en provöppning på $2,76 \text{ m}^2$ tagits upp.

För de aktuella proven igensattes provöppningen med två lager 13 mm gipsskiva på båda sidor i, liv med tegelväggen. Hela mellanrummet uppfylldes med mineralull. En öppning för provdonen lämnades i ena hörnet.

Väggens fältreduktionstal, innan provöppningar tagits upp, och efter igensättningen av denna med gipsregelväggen och med insatt, men tätat, don, framgår av figur 5.1



Figur 5.1 Skiljevägg med provöppning och don.

Reduktionstalen bedömdes som så höga, att flanktransmissionen kunde försummas vid mätningarna på donen.

Hela mätprogrammet genomfördes i en följd med samtliga 15 donalternativ. Ur de erhållna fältreduktionstalen, och med det kända areaförhållandet mellan skiljevägg och don, beräknades donens reduktionstal.

Det visade sig då att mätnoggrannheten blev för dålig för en utvärdering av inverkan av de inbördes ändringarna mellan de olika donen.

Alla flanktransmissionsvägar mellan mätrummen mättes upp, varvid det visade sig att takbjälklaget gav en avsevärd transmission i frekvensområdet 100-135 Hz, där donens egenskaper varierar mest.

Ett annorlunda mätförfarande än det "normala" laboratorieförfarandet provades då, och visade sig ge acceptabel mätnoggrannhet.

I laboratorieförfarandet förutsätter man att all flanktransmission är försumbar och mäter skillnaderna mellan ljudtrycksnivåerna i sändarrum och mottagarum. Med det kända förhållandet mellan skiljeväggen och provobjektets areor kan provobjektets reduktionstal beräknas. I det förfarande, som fick tillgripas vid detta arbete, hölls absolutvärdet på ljudtrycksnivåerna i sändarrummet lika vid alla mätningar och de från provobjekt till provobjekt varierande absolutvärdena i mottagarummet uppmättes. Förändringar i mottagarummets ljudtrycksnivåer kan då endast bero på förändringar i provobjektets egenskaper. Ingen hänsyn behöver tas till skiljeväggen area och till flanktransmission.

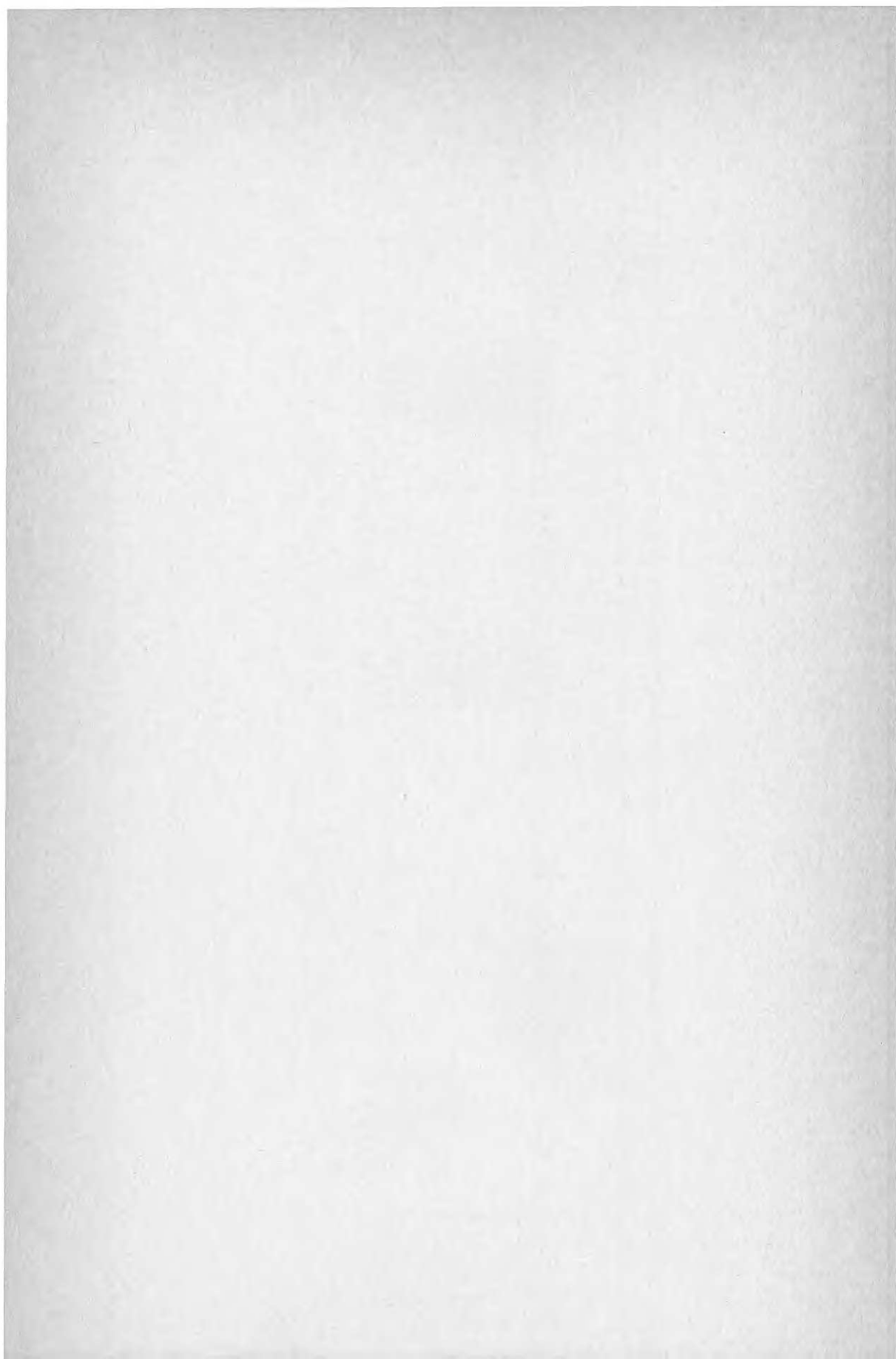
En nackdel med ett sådan förfarande är att en mätning måste göras vid varje förändring i mätrummen eller på provväggen.

Av kostnadsskäl kunde inte alla mätningar göras om, utan "mellanalternativen" B och C fick utgå.

Det rationella förfarandet, med snabba förändringar av provobjektet och mätningar i en följd utan mellanliggande utvärdering, blev i detta fall olyckligt. Dels kom för mycket tid att läggas på mätningar med för dålig noggrannhet, dels blev ett oväntat akustiskt fenomen alltför sent upptäckt.

6. REFERENSER

- (1) Jonasson, H.G. "A Theori of traffic Noise Propagation with Application to L_{eq} ".
Journal of Sound and Vibration (1973) 30 (3)
- (2) Quincke, G, "Ueber Interferenzapparate für Schallwellen" Pogg. Am 128, 6, (1866).
- (3) Stewart, G.W "The Theory of the Herschel-Quincke Tube", Phys, Review 31 (1928)
- (4) Stewart, G.W. "The Theory of the Herschel-Quincke Tube", J. Acoust. Soc. Am. 17 (1945).
- (5) Svenska patenten nr 7407368-5 och nr 7415822-1, Uppfinnare B.I Nyström
- (6) Ingard U. "Transmission Matrix for parallel lined Ducts". Technical Memorandum 75.1, Gas Turbine Laboratory, MIT, USA, 1975.
- (7) Patrick, W.P "Sound Transmission through lined Ducts in parallel", Department of Aeronautics and Astronautics, MIT, USA, 1978.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
780155-5 från Statens råd för byggnadsforskning
till Ingemanssons Ingenjörbyrå AB, Göteborg.**

R47: 1982

ISBN 91-540-3696-8

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700547

**Abonnemangsgrupp:
Y. Byggnadsfunktion**

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

Cirkapris: 25 kr exkl moms