

Rapport

R36:1970

Inst. för Byggnadsstatik

Ljudklimat

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

BFRs forskningskonferens

Byggforskningen

Den 12 – 13 mars 1970 hölls i Stockholm en forskningskonferens med ämnet "Ljudklimat", anordnad av Byggnadsforskningsrådet. En avsikt med konferensen var att den programgrupp som utsetts inom ljudklimatområdet skulle få information om pågående forskning och samtidigt ta del av synpunkter från forskare och experter om vilka forskningsområden som är mest väsentliga. Programgruppen skulle härigenom bl.a. få underlag för att kunna prioritera anslagsfördelningen. En annan avsikt med konferensen var att ge experter från olika områden inom ljudklimatsektorn tillfälle att träffas för att utbyta erfarenheter och få nya impulser. Konferensen hade deltagare från samtliga nordiska länder, sammanlagt ca 60 st.

Programmet innehöll förberedda inlägg, som behandlade nya forskningsresultat samt pågående och planerade forsknings- och utvecklingsarbeten inom olika ämnesområden. Inläggen efterföljdes av diskussioner.

Föredragen med illustrerande bildmaterial har samlats i en rapport, som även innehåller referat av diskussionerna. Då antalet föredrag och behandlade ämnen är stort, ges i denna sammanfattning endast en innehållsöversikt. Allmänt kan sägas, att man inte enbart behandlade rent tekniska problem, såsom beräkningsmetoder, mätteknik och tekniskt utförande av olika detaljer, utan stor vikt lades även vid den påverkan ljud och buller utsätter människan för samt hur störningar skall kunna undvikas och reduceras. Speciellt betonades vikten av forskningssamarbete mellan läkare och tekniker.

BULLRETS INVERKAN PÅ MÄNNISKAN

David Wyon, PH D:

Skolbarns beteende och prestation vid svag men intermittent bullerstörning

KRITERIER OCH NORMER

Civ ing Ove Brandt:

Översikt av ISOs aktuella arbete inom byggnadsakustiken

Civ ing Stellan Dahlstedt:

Bullerkriterier i kontor, hörsalar, teatrar mm. Kort rapport om egna erfarenheter

Civ ing Hans Elvhammar:

Akustiska krav i vårdbyggnader. Presentation av pågående utredning

LUFTLJUDSISOLERING

Övering Lars Aldrin:

Vertikal transmission i samband med mellanväggar av lättbetong

Professor Tor Kihlman:

Randvillkorens inverkan på reduktionstal

Tekn lic Sten Ljunggren:

Teoretisk modell för fältreduktionstalet

Civ ing Ralf Friberg:

Ljudisolering hos lätta regelväggar

STEGLJUDSISOLERING

Tekn lic Sven Lindblad:

Fjädrande golvbelägningars inverkan på stegljudsisolering

Ingenjör Gunnar Widén:

Stegljudsisolering hos homogena betongbjälklag med mjuk golvbeläggning

BOSTADENS BULLERKÄLLOR

Civ ing Per-Olof Renhäll:

Buller från sanitetsarmatur

Ingenjör Sten Holgersson:

Utveckling av reflexionsfri kanalavslutning för fläktljudmätningar

TRAFIKBULLER

Civ ing Hans Jonasson:

Ljudutbredning över mark med och utan ljudbarriärer

Civ ing Bo Wadmark:

Temperaturgradienters inflytande på ljudutbredning

Tekn lic Sten Ljunggren:

Beräkningsmetod för trafikbuller

Civ ing Stig Ingemansson:

Laminerade fönsterkonstruktioner

R36:1970

Rapport R36:1970 är en sammanställning av föredragen i forskningskonferensen "Ljudklimat", anordnad av Statens råd för byggnadsforskning. Föredragen behandlar olika ämnen inom ljudklimatsektorn, såsom bullerstörningar, kriterier och normer, ljudisolering, rumsakustik, mätteknik m.m. Dessutom har i rapporten medtagits referat av de diskussioner som förekom.

UDK 534.83
699.844
613.64

Sammanfattning av:

Ljudklimat. Byggnadsforskningsrådets forskningskonferens i Stockholm den 12–13 mars 1970 (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R36:1970. 212 s., ill. 28 kr.

Distribution: Svensk Byggtjänst,
Box 1403, 111 84 Stockholm.
Telefon 08-24 28 60.

Abonnemangsgrupp: (k) konstruktion.

RUMSAKUSTIK

Civ ing Hans Jonasson:
Ljudtransmission över undertak

INDUSTRIKULLER

Civ ing Ralf Friberg:
Bullerbekämpning i industrier med
hjälp av ljudabsorbenter

Civ ing Per-Åke Berg:
Bullerbekämpning inom cellulosa- och
pappersindustrin

MÄTTEKNIK

Civ ing Göran Westerberg:
En förenklad metod för mätning av
luftljudsisolering. Teoretisk genom-
gång av metodens förutsättningar

Civ ing Stellan Dahlstedt:
Ljudisolationsmätning med impulsjud

Professor Tor Kihlman:
Användning av parallellanalysator
med dator on line

PÅGÅENDE FORSKNING OCH AKTUELLA FORSKNINGS- BEHOV INOM LJUDKLIMAT- OMRÅDET I NORGE, DANMARK, FINLAND OCH SVERIGE

Cand real Tor Erik Vigran, Norge
Civ ing Jørgen Kristensen, Danmark
Fil mag Seppo Vepsäläinen, Finland
Civ ing Stig Ingemansson, Sverige

A conference on the subject of noise climate organized by the Swedish Council for Building Research was held in Stockholm on March 12th and 13th, 1970. One of the purposes of the conference was to provide the programme appointed for the field of noise climate with an opportunity of obtaining information on current research and at the same time of hearing the opinions of research workers and experts regarding which research fields are most important. It was felt that the programme group would thus obtain background information to be able to solve priority issues when distributing research funds. Another aim of the conference was to give experts in different aspects of the noise climate field the chance of meeting, exchanging notes and collecting new ideas. The conference was attended by a total of some 60 persons representing all the Nordic countries.

The agenda included prepared papers on new research results and on current and planned research and development work in various subjects. These papers were followed by discussion.

The papers complete with illustrations have been assembled in a report. This report also contains very brief summaries of the discussions. The conference enjoyed a large number of papers on a wide variety of subjects of which this brief summary can only attempt to provide a general idea of the contents. Generally speaking one might say, however, that not only problems of a purely technical nature, such as calculation methods, measuring techniques and technical design of different details, were dealt with. Considerable attention was also paid to the effect of sound and noise on human beings and to the ways in which disturbances can be avoided or reduced. The importance of collaboration in research between doctors and technicians was given particular emphasis.

THE EFFECT OF NOISE ON HUMAN BEINGS

David Wyon, Ph.D.

Performance and behaviour of school-children during low-level but intermittent noise

CRITERIA AND STANDARDS

Civ.ing. Ove Brandt

Review of current ISO projects in the field of building acoustics

Civ.ing. Stellan Dählstedt

Noise criteria in offices, lecture halls, theatres etc. A short report on the author's own experiences.

Civ.ing. Hans Elvhammar

Acoustic requirements in buildings designed for health and medical care. Report on study at present in progress.

INSULATION AGAINST AIRBORNE SOUND

Övering. Lars Aldrin

Verticle transmission in conjunction with lightweight concrete partition walls

Professor Tor Kihlman

The effect of edge conditions on the reduction index

Tekn.lic. Sten Ljunggren

Theoretical model for the field-measured reduction index

Civ.ing. Ralf Friberg

Sound insulation in light stud partitions

INSULATION AGAINST IMPACT SOUND

Tekn.lic. Sven Lindblad

Effect of resilient floor coverings on impact sound level

Ingenjör Gunnar Widén

Impact sound level in homogeneous concrete floors with soft covering material

SOURCES OF NOISE IN THE HOME

Civ.ing. Per-Olof Renhäll

Noise from sanitary fittings

Ingenjör Sten Holgersson

Development of an anechoic termination for fan noise measurements

TRAFFIC NOISE

Civ.ing. Hans Jonasson

Sound propagation over land both with and without sound barriers

Civ.ing. Bo Wadmark

Influence of temperature gradients on sound propagation

Report R36:1970 is a compendium of papers read at the research conference on Noise climate organized by the Swedish Council for Building Research. The papers deal with a wide range of subjects in the field of noise climate including noise disturbances, criteria and standards, sound insulation, acoustics of rooms, measuring techniques etc. The report also contains brief summaries of the discussions which took place at the conference.

UDC 534.83
699.844
613.64

Summary of:

Ljudklimat. Byggnadsforskningsrådets forskningskonferens i Stockholm den 12—13 mars 1970/Noise climate. Research conference organized in Stockholm by the Swedish Council for Building Research, 12—13th March 1970/(Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport R36:1970. 212 p., ill. 28 Sw.kr.

Distribution: Svensk Byggtjänst,
Box 1403, S-111 84 Stockholm, Sweden.

Tekn.lic. Sten Ljunggren
Method of calculating traffic noise
Civ.ing. Stig Ingemansson
Laminated window constructions

ACOUSTICS OF ROOMS

Civ.ing. Hans Jonasson
Sound transmission through ceilings

INDUSTRIAL NOISE

Civ.ing. Ralf Friberg
Combatting of noise in industries with
the help of sound absorbers

Civ.ing. Per-Åke Berg
Combatting of noise in the paper and
cellulose industries

MEASURING TECHNIQUES

Civ.ing. Göran Westerberg
A simplified method of measuring insu-
lation against airborne sound. Theore-
tical study of the method's prerequisites

Civ.ing. Stellan Dahlstedt
Measurement of sound insulation with
impulse sound

Professor Tor Kihlman
Use of parallel analyser with on-line
computer

CURRENT RESEARCH AND RESEARCH NEEDS IN THE FIELD OF NOISE CLIMATE IN NORWAY, DENMARK, FINLAND AND SWEDEN

Cand.real. Tor Erik Vigran, Norway
Civ.ing. Jørgen Kristensen, Denmark
Fil.mag. Seppo Vepsäläinen, Finland
Civ.ing. Stig Ingemansson, Sweden

Rapport R36:1970

LJUDKLIMAT

Byggforskningsrådets forskningskonferens
12-13 mars 1970 i Stockholm

NOISE CLIMATE

Research Conference Organized in Stockholm
by the Swedish Council for Building Research,
12-13th March 1970

Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm

Kotobekman, Stockholm 1970 10 8536 0

INNEHÅLL

PROGRAM	5
DELTAGARLISTA	8
1 INLEDNING av Arne Johnson	11
2 BULLRETS INVERKAN PÅ MÄNNISKAN	
David Wyon: Skolbarns prestation och beteende vid svag men intermittent bullerstörning	12
3 KRITERIER OCH NORMER	
Ove Brandt: ISOs aktuella arbete inom byggnadsakustiken...	16
Stellan Dahlstedt: Bullerkriterier i kontor, hörsalar, teatrar mm - kort rapport om egna erfarenheter	19
Hans Elvhammar: Akustiska krav i vårdbyggnader	21
4 LUFTLJUDSISOLERING	
Lars Aldrin: Vertikal transmission i mellanväggar av lätt- betong	26
Tor Kihlman: Randvillkorens inverkan på reduktionstal.....	29
Sten Ljunggren: Teoretisk modell för fältreduktionstalet....	36
Ralf Friberg: Ljudisolering hos lätta regelväggar.....	44
5 STEGLJUDSISOLERING	
Sven Lindblad: Fjädrande golvbelägningars inverkan på stegljudsisolering.....	61
Gunnar Widén: Metod för förhandsbestämning av stegljuds- isolering vid massivbjälklag i betong med mjuka golvbelägg- ningar	65
6 BOSTADENS BULLERKÄLLOR	
Per-Olof Renhäll: Buller från sanitetsarmaturer	75
Sten Holgersson: Utveckling av reflexionsfri kanalavslutning för fläktljudmätning	85
7 TRAFIKBULLER	
Hans Jonasson: Ljudutbredning över mark med och utan ljudbarriärer	97
Bo Wadmark: Temperatur- och vindgradienters inverkan på ljudutbredning nära mark	106
Sten Ljunggren: Beräkningsmetod för trafikbuller	117
Stig Ingemansson: Laminerade fönsterkonstruktioner	129
8 RUMSAKUSTIK	
Hans Jonasson: Ljudtransmission över undertak	135

9	INDUSTRIBULLER	
	Ralf Friberg: Bullerbekämpning i industrier med hjälp av bullerabsorbenter	141
	Per-Åke Berg: Bullerbekämpning inom cellulosa- och pappersindustrin	162
10	MÄTTEKNIK	
	Göran Westerberg: Förenklad metod för mätning av luftljudsisolering	171
	Stellan Dahlstedt: Förenklad mätmetod för luftljudsisolering med användande av impulsljud	172
	Tor Kihlman: Användning av parallellanalysator med dator on-line	179
11	PÅGÅENDE FORSKNING OCH AKTUELLA FORSKNINGSBEHÖV INOM LJUDKLIMATOMRÅDET. REDOGÖRELSE FRÅN NORGE, DANMARK, FINLAND OCH SVERIGE	
	Tor Erik Vigran, Norge	183
	Jørgen Kristensen, Danmark	188
	Seppo Vepsäläinen, Finland	192
	Programkommittén för ljudklimatforskning, Sverige	201
	DISKUSSIONSREFERAT	206

PROGRAM

FORSKNINGSKONFERENS: LJUDKLIMAT

Stockholm den 12 och 13 mars 1970

Industrihuset, Rum S2, Storgatan 19

Tel. : 08 - 63 50 20

- Torsdagen den 12 mars
- Nya forskningsresultat samt pågående och planerade forsknings- och utvecklingsarbeten. Förberedda inlägg samt diskussion.
- Ordförande under förmiddagen professor Arne Johnson, under eftermiddagen arkitekt SAR Erik Dahlberg.
- 10.00 - 10.05 1. Hälsningsanförande
Professor Arne Johnson
- 10.05 - 10.15 2. Bullrets inverkan på människan
David Wyon, Ph. D.
Skolbarns beteende och prestation vid svag men intermittent bullerstörning
- 10.15 - 11.00 3. Kriterier och normer
Civ ing Ove Brandt:
Översikt av ISOs aktuella arbete inom byggnadsakustiken
Civ ing Stellan Dahlstedt:
Bullerkriterier i kontor, hörsalar, teatrar m m. Kort rapport om egna erfarenheter
Civ ing Hans Elvhammar:
Akustiska krav i vårdbyggnader. Presentation av pågående utredning
Diskussion
- 11.00 - 11.55 4. Luftljudsisolering
Övering Lars Aldrin:
Vertikal flanktransmission i samband med mellanväggar av lättbetong
Professor Tor Kihlman:
Randvillkorens inverkan på reduktionstal

- Tekn lic Sten Ljunggren:
Teoretisk modell för fältreduktionstalet
- Civ ing Ralf Friberg:
Ljudisolering hos lätta regelväggar
- Diskussion
- 11.55 - 12.30
5. Stegljudsisolering
- Tekn lic Sven Lindblad:
Fjädrande golvbeläggnings inverkan på stegljudsisolering
- Ingenjör Gunnar Widén:
Stegljudsisolering hos homogena betongbjälklag med mjuk golvbeläggning
- Diskussion
- 14.00 - 14.35
6. Bostadens bullerkällor
- Civ ing Per-Olof Renhäll:
Buller från sanitetsarmatur
- Ingenjör Sten Holgersson:
Utveckling av reflexionsfri kanalavslutning för fläktljudmätningar
- Diskussion
- 14.35 - 15.30
7. Trafikbuller
- Civ ing Hans Jonasson:
Ljudutbredning över mark med och utan ljudbarriärer
- Civ ing Bo Wadmark:
Temperaturgradienters inflytande på ljudutbredning
- Tekn lic Sten Ljunggren:
Beräkningsmetod för trafikbuller
- Civ ing Stig Ingemansson:
Laminerade fönsterkonstruktioner
- Diskussion
- 15.50 - 16.00
8. Rumsakustik
- Civ ing Hans Jonasson:
Ljudtransmission över undertak
- 16.00 - 16.35
9. Industribuller
- Civ ing Ralf Friberg:
Bullerbekämpning i industrier med hjälp av ljudabsorbenter

Civ ing Per-Åke Berg:
Bullerbekämpning inom cellu-
losa- och pappersindustrin

Diskussion

16.35 - 17.30

10. Mätteknik

Civ ing Göran Westerberg:
En förenklad metod för mät-
ning av luftljudsisolering. Teo-
retisk genomgång av metodens
förutsättningar

Civ ing Stellan Dahlstedt:
Ljudisolationsmätning med
impuls ljud

Professor Tor Kihlman:
Användning av parallellanaly-
sator med dator on line

Diskussion

Fredagen den 13 mars

Pågående forskning och aktuella
forskningsbehov inom ljudklimat-
området. Redogörelser från Dan-
mark, Finland, Norge och Sverige.
Ordförande professor Arne Johnson.

09.00 - 10.30

Cand real Tor Erik Vigran
Civ ing Jørgen Kristensen

10.50 - 12.30

Fil mag Seppo Vepsäläinen
Civ ing Stig Ingemansson

14.00 -

Diskussion om framtida priorite-
ring av olika uppgifter inom ljud-
klimatområdet med utgångspunkt
från promemorian "Angelägna
forskningsbehov" utarbetad inom
BFRs programkommitté för ljud-
klimatforskning.

Konferensen beräknas vara av-
slutad omkring kl 16.00.

DELTAGARLISTA

Aldrin Lars, övering	AB Lättbetong
Bengtsson B Åke, lektor	Statens Råd för Byggnadsforskning
Berg Per-Åke, civ ing	Ingemanssons Ingenjörbyrå AB
Bergström Gunnar, civ ing	Chalmers Provningsanstalt
Bergvall Bengt, civ ing	Kungl Byggnadsstyrelsen
Björkman Kjell, civ ing	Stockholms stads byggnadsnämnd
Boysen Arne, civ ing	Statens Institut för Byggnadsforskning
Brandt Ove, civ ing	Forum
Bredberg Göran, dr	Akademiska sjukhuset, öronkliniken
Dahlberg Erik, ark SAR	AB Bostadsforskning
Dahlborg Björn, civ ing	Statens Institut för Byggnadsforskning
Dahlstedt Stellan, civ ing	Akustik-Konsult AB
Diamant Herman, prof	Umeå universitet, öronkliniken
Elvhammar Hans, civ ing	Ingemanssons Ingenjörbyrå AB
Friberg Ralf, civ ing	Rockwool AB
Gadefelt Göran, civ ing	Akustikbyrån AB
Gerdien Hans, dipl ing	Statens Provningsanstalt
Grauers Åke, civ ing	Hyreshus i Stockholm AB
Holgersson Sten, ing	Bahco AB
Holm Per, fil lic	Statens Råd för Byggnadsforskning
Hällgren Lars, civ ing	Kungl Byggnadsstyrelsen
Ingemansson Stig, civ ing	Ingemanssons Ingenjörbyrå AB
Jacobssen Bing, civ ing	Norges Byggeforskningsinstitut
Johnson Arne, prof	Statens Råd för Byggnadsforskning
Johnsson Ingemar, ark	Trafikbulerutredningen
Jonasson Hans, civ ing	Inst för Byggnadsakustik, CTH
Juselius Stig, ing	Atlas Copco AB
Jörgen Gunnar Ö ark	Norges Byggeforskningsinstitut

Kihlman Tor, prof	CTH
Kjer Björn, akademiing	Statens Byggeforskningsinstitut
Kristensen Jörgen, civ ing	Statens Byggeforskningsinstitut
Larsson Lars-Inge, ing	Svenska AB Gyproc
Lindberg Ulf, civ ing	Statens planverk
Lindblad Sven G, tekn lic	Inst för Byggnadsakustik, LTH
Lindencrona Hanne, ark	Statens Institut för Byggnadsforskning
Lindroth Paul, övering	Gullfiber AB
Lindström Einar, övering	Stockholms stads hälsovårdsförvaltning
Ljunggren Sten, tekn lic	Ingemanssons Ingenjörbyrå AB
Lundquist Björn, civ ing	Sv Akustikplanering AB
Löfberg Hans Allan, civ ing	Statens Institut för Byggnadsforskning
Marnell Erik, civ ing	Civ ing SVR Erik Marnell
Olofsson Jarl, civ ing	Statens Provningsanstalt
Olsson Eskil, ing	Statens Institut för Byggnadsforskning
Ottosson Björn, ing	Byggproduktion AB
Renhäll Per-Olof, civ ing	Uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH
Roos Åke, forskn sekr	Statens Råd för Byggnadsforskning
Ryd Harriet, tekn lic	Statens Institut för Byggnadsforskning
Sheppard Birgitta, inf sekr	Statens Råd för Byggnadsforskning
Sundberg Bertil, avd dir	Statens planverk
Tarschys Rebecka, red	Dagens Nyheter
Tunemalm Lennart, ing	Umeå universitet, öronkliniken
Wadmark Bo, civ ing	Ingemanssons Ingenjörbyrå AB
Wahlström Sten	Inst för Byggnadsakustik, KTH
Vepsäläinen Seppo, fil mag	Statens Tekniska Forskningsanstalt
Westerberg Göran, civ ing	Inst för Byggnadsakustik, KTH
Widén Gunnar, ing	Ingemanssons Ingenjörbyrå AB
Vigran Tor Erik, cand real	Institutt for akustikk, NTH
Wyon David, dr	Statens Institut för Byggnadsforskning
Wädding Åke, ing	Stockholms stads hälsovårdsförvaltning

1 INLEDNING

Prof Arne Johnson

Materialet i föreliggande rapport är hämtat från en forskningskonferens om Ljudklimat och utgörs av föredrag och diskussionsreferat.

Bakgrunden till denna forskningskonferens är följande:

Statens Råd för Byggnadsforskning disponerar ett årligt belopp av f n ca 36 milj kr som fördelas på forsknings- och utvecklingsarbeten på olika sektorer inom byggnadsområdet. Det är fråga om ett relativt stort belopp, och det kan därför ställas krav på att fördelningen mellan olika sektorer sker på ett för samhället optimalt sätt, dvs man måste väga olika forskningssektorer och forskningsobjekt mot varandra, så att man stöder de väsentligaste. För att söka lösa detta svåra problem utser Statens Råd för Byggnadsforskning programgrupper för olika forskningsområden. Deras uppgift är att undersöka vilken forskning som utförts och vilken forskning som pågår och därefter kartlägga kvarstående problem och bland dessa försöka bedöma vilka som är de mest betydelsefulla och hur mycket forskningspengar man kan satsa på dem i fortsättningen.

Av denna orsak har Rådet inom sektorn Ljudklimat utsett en programgrupp. Denna grupp har varit verksam i ungefär ett år och är nu i slutfasen av sitt arbete. Gruppen har ansett det värdefullt att få samla alla experter inom området, dels för att få del av de forskningsarbeten som nu pågår, dels för att få höra deras synpunkter på vilka problem som är de väsentligaste, således ett stöd för den prioritering som programgruppen skall göra inom forskningsområdet Ljudklimat. Resultatet blev en konferens den 12-13 mars 1970.

2 BULLRETS INVERKAN PÅ MÄNNISKAN

David Wyon, Ph. D.
 SKOLBARNS PRESTATION OCH BETEENDE VID SVAG MEN
 INTERMITTENT BULLERSTÖRNING

Det är anmärkningsvärt, att det i detta avsnitt av konferensen, "Bullrets inverkan på människan", endast har uppsatts en talare. Ordet "buller" täcker kanske ett alltför stort område. För många ljudforskare innebär ordet ljudtryck och dess variationer. För samhället innebär samma ord olägenheter och obehag, en anledning till klagomål. Ljudklimatforskningen måste innefatta också det mellanliggande området, vilket för närvarande är ostrukturerat. Emellertid består forskningen nu i att man studerar sambanden mellan det forskare brukar kalla buller och samhällets bedömning av vad samhället klassificerar som buller. Detta motiveras med att örat i vissa avseenden reagerar för förändringar i ljudtrycket på samma sätt som en mikrofon.

Jag skulle vilja göra en något elak liknelse, hämtad från det visuella området. Ögat fungerar i vissa avseenden som en ljusmätare inför förändringar i ljusstyrka. Människor som tittar på TV finner sig ofta föranledda att klaga och svarar ibland på enkäter om TV-programmen. Består "tittarforskning" därför i att kontrollera de program tittarna ser med hjälp av en ljusmätare samt att finna samband mellan de resultat som erhålls därigenom och responsen? Ett svagt men statistiskt betydelsefullt samband skulle faktiskt kunna påvisas, eftersom det är sannolikt att människor som vill sova eller läsa framför TV-apparaten skulle tycka illa om en hög och varierande ljusstyrka! Det ligger allvar bakom denna liknelse. Vad jag vill komma fram till är att man inte tillämpar sådana metoder vid undersökningar om TV-tittande, därför att man inser att problemet inte är fullt så enkelt. Vi har att göra med ett omfattande flöde av information som behandlas av hjärnan på ett raffinerat och invecklat sätt. Detsamma gäller informationen som vi får via örat, och ändå försöker man att finna samband mellan klagomål om buller - vilket ju i realiteten är önskad information som når oss via örat- och resultaten av kontroll med bullermätare. Sådana instrument är användbara då det gäller att förhindra obehaglig och skadlig inverkan på örat, liksom ljusmätare kan användas för att skona ögat för obehag och skador. Om vi nöjde oss med att bedriva forskning om TV-tittarna med ljusmätare, skulle vi knappast ha någon till-

fredsställande TV-service. Likaså kommer vi i framtiden att ha ett mycket sämre ljudklimat än nu, om vi inte tillämpar en mer nyanserad form av ljudklimatforskning. Vi riskerar inte bara att inte dra vissa slutsatser utan också att dra slutsatser som är fullständigt felaktiga.

Ljudklimatforskningen bör först försöka att strukturera den informationsbehandling som äger rum mellan öronen. Hur behandlar människan oönskad information? Hon förutser dess ankomst, identifierar den när den kommer, tolkar den sedan och kan först när detta är gjort, undertrycka den. Jag skall i korthet beröra var och en av dessa aktiva processer, vilka tillsammans utgör den belastning som buller utsätter människohjärnan för.

Förutseende. - För varje ljudsignal finns både en objektiv och en subjektiv sannolikhet för att signalen skall uppträda inom en viss bullermiljö. Båda är av intresse. Objektiv sannolikhet kan kvantifieras och behandlas med hjälp av informationsteorin. Ljudklimat med hög informationshalt kan förväntas vara mer störande. Subjektiv sannolikhet är en funktion av subjektets erfarenhet och förståelse av bullerklimatet. Är klimatet komplicerat, obekant eller förvirrande, kommer subjektiva sannolikheter att visa dålig överensstämmelse med de objektiva. Det blir svårare att förutse signalen, och det totala ljudklimatet blir mer störande.

Identifiering. - Ljudsignaler som är svåra att identifiera blir mer störande. Normalt måste varje signals lokalisering och källa identifieras.

Tolkning. - Subjektets tolkning av varje ljudsignal är beroende av de associationer han gör mellan den och sina erfarenheter och av vilka slutsatser han drar därav. Signaler som har stor betydelse för subjektet verkar sannolikt mer störande.

Undertryckande. - När signalen har identifierats och tolkats kan subjektet undertrycka den. Detta kan äga rum mycket snabbt, som när det gäller signaler som för subjektet är irrelevanta eller ointressanta. Det kan också hända att han inte kan eller inte vill undertrycka den alls.

Man bör kunna karakterisera och även kvantifiera ljudklimat på ett antal nya sätt med utgångspunkt från dessa fyra enkla synpunkter. Prognoser kan göras och prövas på grundval av dem. Personligen tror jag att mätningar av prestation, mätningar av oavsiktlig fysiologisk respons, samt observationer av beteende kan ge de bästa resultaten. Det kan också bli möjligt att formulera mer betydelsefulla enkäter genom att basera dem på detta betraktelsesätt. Om man kan bekräfta att dessa processer äger rum och i någon mån förstå dem, kan man gå ännu längre och förutsätta en mer konkret principmodell, på vilken vidare prognoser kan baseras. Jag tror dock inte att det skulle göra speciellt mycket nytta för närvarande, trots att Leipp (1969) på ett mycket skickligt sätt har lagt fram ett teoretiskt schema för upplevelse av buller vid C. S. T. B. i Frankrike, där han förkastar ljudtrycksnivå som ett tillfreds-

ställande kriterium och i stället betonar vikten av "prévisibilité".

Förra året utförde vi ett experiment för att försöka fastställa hur ett obekant och varierande ljudklimat påverkade skolarbetet. Här använde vi ljudtrycksnivåer långt under vad som någonsin visat sig inverka på prestationerna. Genom att utsätta barnen för slumpvis insatt "vitt brus" från fullt synliga högtalare kunde vi utesluta behovet av att identifiera eller tolka signalerna. Signalerna varierade mellan 55 och 78 dB(A). De var av godtycklig längd, förekom i spontan ordning med pauser av varierande längd emellan. Det integrerade störningsvärdet blev mer än 2,25 noy. Totalt arbetade 110 tolvåringar under 80 minuter i ett observationsklassrum utrustat med enkelriktade speglar. Deras beteende observerades och registrerades bakifrån. Hälften av barnen, två klasser, utsattes för det ovan nämnda bullret, medan två andra klasser fick arbeta i lugn och ro och utgjorde kontrollgrupp. Betydliga skillnader i både prestation och beteende kunde konstateras. Observationer av enskilda elever visade, att ett betydligt större antal verkade "klart ansträngda i sitt arbete" av de som var utsatta för bullret och fler "stördes av andra och slutade arbeta". ($P < 0,05$ i båda fallen.) Inspelade kommentarer om beteendet hos gruppen som helhet har ännu inte analyserats. Syftet med detta är att visa, om någon kedjereaktion mot bullerstörningar förekommer inom en stor grupp. Vi planerar att i framtiden filma beteendet och därigenom "lagra skeendet", så att utvärderingen kan göras oberoende av försökstillfället och även upprepas om nödvändigt. De klasser som var utsatta för bullret visade en tendens att läsa mer långsamt ($P < 0,10$). I ett prov där barnen hade till uppgift att titta på grupper med nio tvåsiffriga tal och för varje grupp säga om två grupper var likadana arbetade de klasser som var utsatta för buller signifikant långsammare ($P < 0,001$) men gjorde färre fel ($P < 0,01$). Detta kan ha berott på att de ofta stördes av en ljudsignal, när de höll på att granska en viss siffergrupp och måste börja om. Vid ett minnesprov var de klasser som utsattes för buller betydligt mindre självsäkra och betydligt mer inkonsekventa i sina bedömningar av hur pass säkra de var på sina svar ($P < 0,05$ i båda fallen). Det observerades inga signifikanta skillnader mellan klasser med samma grad av bullerexposition för något av dessa kriterier.

Inverkan av personlighet och intelligens på resultaten har inte ännu undersökts. Bengtsson m fl (1969) har emellertid med samma ljudband konstaterat betydelsefulla samspel mellan dessa faktorer och prestation vid vissa prov.

Det är sålunda sannolikt att ett varierande buller med mycket låg ljudtrycksnivå påverkar skolprestationen. Vi kommer att fortsätta med våra studier av ljudklimat på det sätt som tidigare nämnts för att försöka förstå de processer som ingår. Först därefter kommer vi att kunna förutse samhällets subjektiva reaktioner på det som samhället betraktar, och även vi måste betrakta som buller.

Referenser

Bengtsson, K, Bååth, I, Crona, G & Johansson, C R, 1969, Skolprestationens beroende av bullerstörning med särskild hänsyn till intelligens- och personlighetsfaktorers betydelse för prestationspåverkan. (Opublicerad.) Psykologiska Institutionen, Lund.

Leipp, E, 1969, Les mesures physiques du bruit et leur signification du point de vue de la perception. Cahier du Centre Scientifique et Technique du Batiment. Nr. 869, 6 p. (4 Avenue du Recteur, Poincaré, Paris XVI^e).

3 KRITERIER OCH NORMER

Civ ing Ove Brandt

ISO:S AKTUELLA ARBETE INOM BYGGNADSAKUSTIKEN

ISO har som bekant ägnat sig åt akustiskt standardiseringsarbete sedan mitten av 1950-talet. Det är också bekant hur detta arbete influerat på forskning och tillämpning inom olika delar av akustiken, t ex terminologi, referensstorheter, riskkriterier, normer för trafik- och flygbuller, diverse mätningar av buller från elektriska maskiner etc. Därigenom har samarbetet över gränserna inom vårt fack blivit lättare.

En färdig ISO-rekommendation har därför en stor tyngd och omvandlas i många länder till nationella normer genom en enkel översättning - åtminstone när den vänder sig till en större krets. De rekommendationer som endast berör ett mindre antal personer används oftast direkt i de franska eller engelska versionerna utan att man tar fram en nationell standard.

En komplett samling av ISO:s rekommendationer är därför en oundgänglig del av den akustiska fackmannens bibliotek.

Man kan inte påstå att ISO har arbetat fort hela tiden. När behandlingen av en fråga har fördröjts, ibland upp till 10 år, har det sällan varit av väsentliga och fackliga skäl utan mest beroende på förargliga petitesser i ISO:s sekretariat. Annars har samarbetet mellan de olika nationerna gått mycket friktionsfritt. Medlemmarna i de olika grupperna är ju oftast vetenskapligt meriterade akustiker med intresse för internationellt utbyte, vanligen helt fria från ekonomiska särintressen. Om ISO fortfarande skall lyckas i sina arbeten är givetvis i sista hand beroende av om man fortfarande kan engagera framstående fackmän i utvecklingsarbetet. Man bör betänka att den större delen av detta arbete utföres av forskare utan direkt ersättning.

Fram till 1968 var ISO:s avdelning för akustik ISO/TC 43 under ledning av ett sekretariat hos den brittiska standardiseringskommissionen i London. Arbetet utfördes av ett antal arbetsgrupper med var sitt arbetsgebiet, t ex referensvärden, mät-

metoder för ljudisolering, för buller från elektriska maskiner, för motorfordon, för flygbuller etc. Vissa grupper fungerade endast under utredningstiden och upplöstes sedan; andra tenderade till att få en mera permanent karaktär, t ex WG 3 där byggnadsakustiska frågor behandlades.

Av flera skäl blev denna organisationsform efterhand för trög och tidskrävande, särskilt på det formella planet. Efter ett plenarmöte i Prag 1966 beslöts det att omorganisera ISO:s akustikarbete. Vid det efterföljande plenarmötet i Danmark 1968 bestämde man att arbetet i fortsättningen skall ske med följande organisation:

Sekretariatet i London för ISO/TC 43 skall bibehållas och efterhand avveckla de arbetsgrupper som ännu inte är färdiga med sina dokument. För det kommande arbetet skall sekretariatet endast vara verksamt då ett dokument har kommit fram till stadiet Draft ISO Recommendation. Man finputsar då dokumentet och skickar det vidare till generalsekretariatet i Genève och därifrån till alla ISO-länder för omröstning. Tyngdpunkten i det fackliga arbetet ligger sedan 1968 i två subkommittéer:

ISO/TC 43/SC 1	buller
ISO/TC 43/SC 2	byggnadsakustik

SC 1 har sitt sekretariat i Danmark (Dansk Standardiseringsråd) med prof Ingerslev som fungerande ordförande. SC 2 har sekretariat i Västtyskland och jag verkar f n som dess ordförande för en termin av tre år.

Plenarmötet i Stresa maj 1969 ägnades helt åt att välja ut ämnen som man i första hand ville satsa på. SC 1 och SC 2 sammanträdde på olika dagar, eftersom många delegater är aktiva i båda dessa grupper. I sammanfattning kom man fram till följande resultat:

Efterklangsmätningar i salar, som har varit behandlat i den tidigare arbetsgruppen 3, slutbehandlades och sändes vidare till London så att dokumentet skall cirkuleras som Draft ISO Recommendation. Om ISO-länderna röstar positivt kommer man alltså att få en nyttig anvisning på hur man mäter efterklangstiden i ett rum - hittills har man knappast kunnat jämföra resultaten från olika källor.

Av nya arbeten enades man om att satsa på följande:

1. Buller från sanitära installationer, främst tappkranar. - Detta är ju ett problem som blivit akutellt i många länder, bl a Tyskland, Frankrike, Holland och Skandinavien. Ett flertal förslag till mätmetoder finns och används redan. Det är därför viktigt att ISO snabbt koordinerar det vetande som finns internationellt och får fram en enhetlig standard för provning av t ex tappkranars ljud. Man kan sedan välja även efter detta kvalitetsmått på en internationell marknad. Till ordförande valdes van den Eijk, Holland. Gruppen har sitt andra sammanträde i Stuttgart i april. Ett första utkast till dokument föreligger.

2. Revision av R 140, mätmetod för luft- och stegljudsisolering. - Detta dokument, som blev färdigbehandlat av ISO 1960 (och som översatts till svensk standard) är grundstommen för isolermätningar i laboratorier och i fält. Det förefaller vara moget för översyn. Man diskuterar om det skall ske genom en radikal nyskrivning eller genom "småreparationer". Tills vidare har man tillsatt en studiegrupp under ledning av prof Lothar Cremer. Till det första mötet i Berlin i juli 1970 räknar man med att bidrag från följande länder skall ligga på bordet:

Delegater från Storbritannien skall undersöka om man kan modernisera R 140 genom noter och tillägg;

Man väntar att Sverige skall undersöka och föreslå standardisering av randbetingelserna för vägg- och bjälklagsprov i laboratorier. Man vet att olika sätt att montera provväggarna kan föra till mycket olika resultat;

Delegater från Västtyskland skall undersöka hur man skall kunna ta hänsyn till flanktransmissionen och eventuellt komplettera R 140 med anvisningar på sådana mätningar;

Slutligen har man anmodat forskare i USA att lämna konstruktiva synpunkter på hur man skall kunna få fram en bättre hammarapparat för stegljudsmätningar. I USA har man hela tiden varit mycket kritisk mot den i R 140 beskrivna hammarapparaten, men något seriöst alternativförslag finns ännu inte.

3. Mätning av stegljudsminskning med hjälp av golvbeläggningar. - Golvfabrikanter i olika länder anger ofta den stegljudsminskning ΔL en golvbeläggning åstadkommer när den läggs på ett råbjälklag av exempelvis 16 cm betong. I olika länder serverar man i dag resultaten av ΔL på olika sätt som inte är direkt jämförbara. Man önskar få fram en helt enhetlig mätmetod, baserad på R 140, och lika redovisningssätt. Som ordförande utsåg man M Josse, Frankrike, chef för akustiksektionen vid det franska byggforskningscentret i Paris. Första mötet i denna grupp är i Paris, april 1970.
4. Ljudisolering av dörrar och fönster. - Den viktigaste anledningen till bildning av denna grupp är att man f n inte har tillgång till en mätmetod för ett fönsters ljudisolering i fält. Man kan idag inte kontrollera om ett s k ljudisolerande fönster i verkligheten har givit utlovat resultat. Den traditionella metoden att sätta in fönstret mellan två efterklangsrums i ett laboratorium ger missvisande resultat för praktiken, där man inte har diffust fält på ena sidan om fönstret.

T v är prof Bruckmayer i Wien arbetsgruppens ordförande. Arbetet har ännu inte kommit igång - tyvärr, för det måste anses vara av stor allmän betydelse vid bedömning och utveckling av ljudisolerande fönster och fasader, som är en av åtgärderna mot det störande trafikbullret.

Vid nästa plenarmöte för SC 2 våren 1971 kan man förvänta att få se framsteg på dessa fyra områden.

Civ ing Stellan Dahlstedt
BULLERKRITERIER I KONTOR, HÖRSALAR, TEATRAR
M M - KORT RAPPORT OM EGNA ERFARENHETER

Vid projektering av arbetslokaler skall ofta kommunikation mellan olika personer förhindras eller reduceras men lika ofta skall kommunikation underlättas. Detsamma gäller lokaler för undervisning och rekreation. Typiska exempel på lokaler där kommunikation skall försvåras är storkontor och restauranger. Exempel på lokaler där kommunikation skall underlättas är konferensrum, skolsalar och teatrar. Vid fastställande av bullerkriterier måste man i varje fall beakta verksamhetens art. Det konstanta bakgrundsbullret har nämligen avgörande betydelse för kommunikationsmöjligheterna. Den norm, som för närvarande finns, är Svensk Byggnorm 1967:

Kontor	högst	40 dB(A)
Skolsal	"	40 dB(A)

Enligt min åsikt är dessa värden mycket för höga när det gäller skolsalen, i högsta laget vid cellkontor och för lågt när det gäller storkontor.

I Rapport från Byggforskningen 50/69 H 14 anges följande, enligt min åsikt fullt realistiska värden:

Skolsal, musikrum	högst	25 dB(A)
Konsertsal, teater	"	20 à 25 dB(A)
Bibliotek	"	30 dB(A)
Skrivrum i kontor	"	55 dB(A)

I Kungl Byggnadsstyrelsens Rapport nr 16 1967 anges följande värden:

Laboratorier	högst	N 35
Kontor, seminarierum	"	N 30
Lektionssalar	"	N 25

Enligt min åsikt har man här icke gjort klart för sig de olika rummens funktion utan slagit ihop kontor och seminarierum.

I storkontor erfordras en högre bakgrundsnivå än 40 dB(A). Vid en opinionsundersökning utförd i en sektion av ett storkontor i Stockholm tillfördes under en månad olika bakgrundsnivå varje dag, dels i form av vägt brus och dels i form av musik. Vägningen av bruset utprovades till ca 6 dB per oktav fallande nivå med stigande frekvens. Det är sålunda ett ganska "rött brus", eftersom man benämner det brus, som har samma nivå per oktavband som "skärt". Musiken, som i huvudsak var av icke engagerande typ, spelades med en måttlig diskantavskärning.

I den ifrågavarande delen av kontorslandskapet var arbetet av en ganska tyst karaktär. Undersökningen gav ett ganska tydligt utslag:

Vid en bakgrundsnivå av 40 dB(A) märkte man ej tillsatsbullret och man märkte knappast musiken.

Vid en bakgrundsnivå av 50 dB(A) var de flesta störda av både bullret och musiken.

Vid en bakgrundsnivå av 45 dB(A) var de flesta nöjda vare sig bakgrunden var brus eller musik.

Efter denna undersökning, som utfördes i november 1967, har vi genomgående försökt dimensionera ventilationsanläggningens brusljud i kontorslandskap så att en ljudnivå av 45 ± 3 dB(A) erhållits. I intet fall där detta lyckats har missnöje uppstått. Frekvensfördelningen hos det erhållna ventilationsbruset motsvarar ganska väl det som användes vid de ovan omtalade försöken.

Med en dimensionering av det fasta bakgrundsbullret enligt ovan får man ostördhet mellan arbetsplatserna vid ca 6 m avstånd, förutsatt att direkta ljudvägar är avskärmade. På 8 m avstånd kan man räkna med tillfredsställande sekretess.

I lokaler, där kommunikation skall ske mellan de närvarande eller mellan vissa agerande och åhörare bör man eftersträva lägre ljudnivå än i Svensk Byggnorm 67 angivna 40 dB(A).

Dimensioneringen skall göras med utgångspunkt från det talade ordet. Man kan räkna med att även en god talare, när han tröttnat något, ej ger högre ljudnivå än 70 dB(A) på 1 m avstånd. Då är ljudnivån på 16 m avstånd 36 dB(A) om man räknar med fritt ljudfält. Genom lämplig placering av reflekterande ytor kan man visserligen höja denna nivå något, men å andra sidan är dämpningen över publikytan större än i fritt ljudfält. Man kan därför icke räkna med mer än ca 35 dB(A) nyttoljudnivå i en normal hörsal av 20 m längd.

För att de bakerst i salen sittande åhörarna skall höra bra, bör störnivån ligga ca 10 dB lägre, alltså vid 25 dB(A). Detta stämmer med vad som angivits i Byggforskningens ovannämnda rapport.

Tillämpas denna dimensioneringsmetod för bakgrundsbullret uteblir alla klagomål från dem som använder lokalerna. I flera fall där jag blivit tillkallad på grund av klagomål på akustiken har det visat sig att klagomålen berott på för hög störnivå i lokalen. I kyrkor, teatrar, biografer och andra lokaler, där publiken koncentrerar sig på lyssning, bör 5 à 10 dB lägre störnivå eftersträvas. Det är då möjligt att skapa god hörbarhet på avstånd av 30 m och mer utan ljudförstärkning, förutsatt att de akustiska förhållandena i övrigt är goda.

Civ ing Hans Elvhammar
AKUSTISKA KRAV I VÅRDBYGGNADER

I Svensk Byggnorm (SBN 67) anges krav på ljudisolering mellan olika typer av utrymmen i vårdbyggnader samt högsta värden för bullerstörningar orsakade av maskinell utrustning såsom ventilationsanläggningar eller av vattentappning.

Luftljudsisoleringskravet är för enpatientvårdrum detsamma som mellan bostadslägenheter eller $I_a = 52$ dB, vid flerpatientrum $I_a = 48$ dB och varaktiga ljud i vårdrum får inte överskrida 30 dB(A) någon tid av dygnet, dvs samma krav som för boningsrum gäller nattetid [dagtid 35 dB(A)]. Jämförelser med förhållandena i bostadshus är också det som främst ligger bakom fastställandet av kraven för vårdbyggnader. Några utredningar av behovet av bullerfrihet etc. finns således icke, men givetvis har vissa erfarenheter från äldre byggnader tagits tillvara.

Det har gång efter annan framkastats tvivel på att kraven är lämpligt utformade. Som exempel kan nämnas att kraven på ljudisolering mellan vårdrum för flera patienter bedömts som onödigt höga. Man har å andra sidan pekat på behovet av enstaka vårdrum - isoleringsrum - med högre isolering än vad som nu krävs.

Kraven är vidare mycket kategoriskt uppställda och medger inga avvikelser, som av andra viktiga motiv kan vara ofrånkomliga. Det kan t ex vara nödvändigt med ett glasparti i en vägg för att möjliggöra kontinuerlig övervakning av svårt sjuka patienter. Att avstå från en sådan möjlighet därför att ljudisoleringskravet ej kan fyllas med ekonomiskt försvarbara fönsterkonstruktioner måste vara orimligt.

Ifråga om buller har kravvärdena i SBN 67 höjts 5 dB(A) gentemot tidigare. Någon erfarenhet av hur detta inverkat finns sannolikt ej. Likaledes saknas uppgifter om hur höga bullernivåer som kan tillåtas i ett undersökningsrum, om man har kravet på att kunna göra stetoskopisk undersökning av hjärta och lungor osv. Sådana undersökningar kommer för övrigt också mer och mer in i vårdrummen.

Liksom fallet är vid bostäder saknas för sjukhus bestämmelser om hur mycket buller utifrån, främst trafikbuller, som kan accepteras i olika lokaler. Något underlag för att uppställa sådana krav finns heller inte; det gäller såväl för trafikbuller som buller från byggnation, en mycket vanlig störkälla.

Både för att få en rationell uppbyggnad av vårdbyggnaderna och ekonomiskt optimerade lösningar måste det vara angeläget att ha väl underbyggda akustiska krav.

Förändringar i de nuvarande kraven kan medföra mycket stora ekonomiska konsekvenser, både däri att konstruktioner med mycket lägre kostnader kan användas och att i andra fall betydligt dyrbarare alternativ måste väljas.

Utredning

SPRI (Sjukvårdens och Socialvårdens Planerings- och Rationaliserings Institut) har uppdragit åt Ingemanssons Ingenjörbyrå att inom en mycket begränsad tidsram ta fram underlag för en revidering och komplettering av de akustiska kraven för sjukhus.

Det arbetsprogram som uppställs, syftar till att förutsättningslöst inventera de akustiska problemställningarna i vårdbyggnader. Problemen kan klassificeras i följande grupper ur byggnadsakustisk synpunkt:

1. Ljudisoleringsfrågor
luftljudsisolering
stegljudsisolering
2. Bullerfrågor
externa störningar
interna störningar
3. Rumsakustiska frågor
trivsel - miljö
hörbarhet

Inventering

Av väsentlig betydelse är givetvis att kartlägga uppgifter om nuvarande akustiska standard i sjukhusen, samt också att förekommande klagomål över akustiska missförhållanden insamlas och i görligaste mån jämföres med konstaterade brister i projektering eller utförande av byggnadskonstruktioner och installationer.

Även en litteraturgenomgång ingår i bilden och avser främst att täcka in utländska erfarenheter.

Inventeringsskedet pågår för ögonblicket.

1. Insamling av ljudmätdata

Genom hänvändelse till

Landstingen och sjukvårdsstyrelser

Planverket

Akustiskt verksamma institutioner och företag (högskolor, universitet, Folkhälsan, akustikkonsulter)

har insamlats ljuddata från mätningar i sjukhusbyggnader (luft- och stegljudsmätningar, bullermätningar och efterklangsmätningar i fält).

2. Insamling av data beträffande klagomål och ev byggnadstekniska brister

Genom hänvändelse (cirkulärskrivelse) till sjukhusintendenter samt direktkontakt med utvalda byggnadsavdelningar, akustiskt verksamma institutioner etc. uppspåras klagomål och ev förekommande uppgifter om orsak. Framkommer speciellt intressanta fall, är ljudmätningar i utredningens regi planerade.

3. Insamling av allmänna synpunkter på ljudfrågor i sjukhus-sammanhang

I samband med utredarens resor, telefonsamtal etc. intervjuas sjukhuspersonal på olika håll i landet (ev även patienter) om erfarenheter och åsikter i ljudfrågor. Genom systematisk insamling samt bokföring av utredarens subjektiva bedömning av de lokala ljudförhållandena bör en värdefull statistik kunna erhållas.

Exempel på frågor:

- a. Till läkare: Ljudstörningar vid olika verksamhet, behov av störfrihet (operation, undersökning i specialrum, dito i patientrum etc.), skydd mot avlyssning etc.
Ljudisoleringsbehov (patientsamtal på expeditioner och i behandlingsrum osv.).
- b. Till avdelningspersonal: Ljudstörningar i fler- resp. enpatientrum (från korridor, sköljrum, nattliga WC-besök, ventilation, trafik).
Ljudisoleringsbehov (luft- och stegljudsstörningar mellan patientrum, dito från korridor till patientrum osv.).
- c. Till patienter: Ljudstörningar (se b).
Trivsel - sjukrummets miljö.

Intervjuundersökningar

Vårdavdelningar utväljas inom ett antal sjukhus med olika vårdformer fördelade över olika delar av landet för en noggrannare sociologisk-teknisk undersökning av lämplig akustisk standard.

Med utgångspunkt från personkontakter och byggnadsritningar kommer avdelningarna att utväljas så att en kraftigt varierande akustisk standard förefinnes, beträffande

luft- och stegljudsisolering

bullerstörningar (ventilation, sanitära installationer, industri, trafik)

akustisk dämpning (korridorer, dagrum, expeditioner etc.).

De frågor som ur teknisk synpunkt önskas besvarade gäller förekomsten av problem inom samtliga tre huvudgrupper, och främst vid vådrum. Skilda frågeformulär måste upprättas med olika typer av frågor för:

läkare

avdelningspersonal

patienter.

Exempel på frågor:

- Till läkare:
- Framförs klagomål på ljudstörningar från patienter och personal?
 - Påverkas läkarnas verksamhet på avdelningen av bristfälliga akustiska förhållanden?
- Till avd. sköterskor:
- Finns problem med att placera patienter pga. att de är störande resp. blir störda av ljud?
 - Är problemet störst med de svårt sjuka eller med de nästan friska (högljudda samtal etc.)?
- Till patienter:
- Stör samtal i angränsande rum?
 - Stör patienter med smärtor då de ligger i angränsande rum?
 - Stör annan verksamhet (TV-lyssning, städning, flyttning av patienter etc.) i andra lokaler?
 - Stör samtal eller gångtrafik i korridorer?
 - Kommer störningar från den egna avdelningen eller andra avdelningar (via bjälklag)?
 - Stör ventilation, hissar, yttre och inre trafik etc.?
 - Trivsel med inomhusklimat (alltför bullrande, alltför tyst)?

De frågelistor som sammanställts, bearbetas av sociologer för att med lämplig frågeteknik (icke ledande frågor) ge svar på de aktuella problemställningarna.

Erforderliga akustiska mätningar (ljudisolering, buller, efterklangstid) utföres i efterhand inom de avdelningar där intervjuundersökningarna företagits.

Speciellt iakttages om byggnadstekniska defekter orsakat klagomål.

Laboratorieundersökningar

Som komplement till "fältundersökningarna" planeras också genomförande av mer "styrda" laboratorieundersökningar av inverkan från främst ventilationsbuller och bullerstörningar utifrån (trafik) i patientrum.

Bullerstörningsproven tänkes ske dels med tanke på patienternas reaktion, dels med hänsyn till möjligheterna för läkare att utföra undersökningar på patienter.

Bullret alstras i laboratorielokaler med artificiella medel (bandspelare + högtalare) och kan således varieras både till karaktär och styrka. Läkaren (resp. patienten) får tillgång till en volymkontroll, med vilken han i steg om 5 dB själv får ställa in den störnivå han anser vara acceptabel under de betingelser som mätningen avser.

Slutord

Bearbetningen av de inkomna uppgifterna kommer att utföras så att följande frågor i görligaste mån besvaras:

- På vilka punkter inom en modern vårdbyggnad förekommer de akustiska problemen?
- Förekommer skiljaktigheter i bedömningen vid olika vårdformer?
- Kan genom gränsvärden för akustiska data anges var "acceptabel"-gränsen ligger för olika typer av lokaler och verksamhet?

Ur svaren sammanställs ett förslag till rimlig standard för sjukhusbyggnader i form av akustiska kravvärden. Där så ej kan ske, lämnas i stället projekteringsanvisningar.

4 LUFTLJUDSISOLERING

Övering Lars Aldrin VERTIKAL FLANKTRANSMISSION I MELLANVÄGGAR AV LÄTTBETONG

Alltsedan början av 1960-talet har flanktransmissionen i lätta icke bärande mellanväggar av lättbetong utpekats som en bov i ljudisolerings-sammanhang.

Under de år som gått sedan dess har åtskilliga undersökningar på såväl byggnadsplatser som laboratorier utförts utan att man helt fått klarlagt flanktransmissionens praktiska betydelse. Undersökningar har utförts vid såväl KTH som CTH, och bl. a. ingått i en doktorsavhandling av nuvarande professor Tor Kihlman vid CTH. Den utredning som jag emellertid vill kort referera har utförts på uppdrag av AB Lättbetong och med bidrag från Byggforskningsrådet. Undersökningen har letts av Tor Kihlman och utförts i ett provhus vid LTH (FIG. 4:1).

Beskrivning av provhuset

Provhuset är en tvåvåningsbyggnad, som byggts inomhus i den byggnadstekniska laboratoriehallen vid Tekniska högskolan i Lund.

Samtliga mätningar har gjorts i vertikalled mellan två rum mitt i huset. På så sätt erhöles flanktransmissionsbidrag från två lätta väggar. Det är dessa lätta väggar som under försökens gång varit av olika typ och anslutits på olika sätt till bjälklagen. Dessutom har bjälklagsuppbyggnaden varierats.

De mellanväggar som undersökts har varit gipsväggar på träreglar med gipsskivetjockleken 2×13 mm, reglerna $2 \times 3''$, $c/c = 60$, samt mellanväggselement av 70 mm lättbetong. Regelväggarna har på sedvanligt sätt anslutits stumt till väggar och bjälklag. Lättbetongmellanväggarna har kilats upp med plastkilar i underkant.

Mätmetoder

Mätningarna vid de olika provade alternativen har innefattat sedvanliga bestämmningar av luftljudsisoleringen: fältreduktionstalet mellan mättrummen. Dessutom har genom vibrationsmätteknik de olika flanktransmissionsbidragen i görligaste mån separerats från varandra.

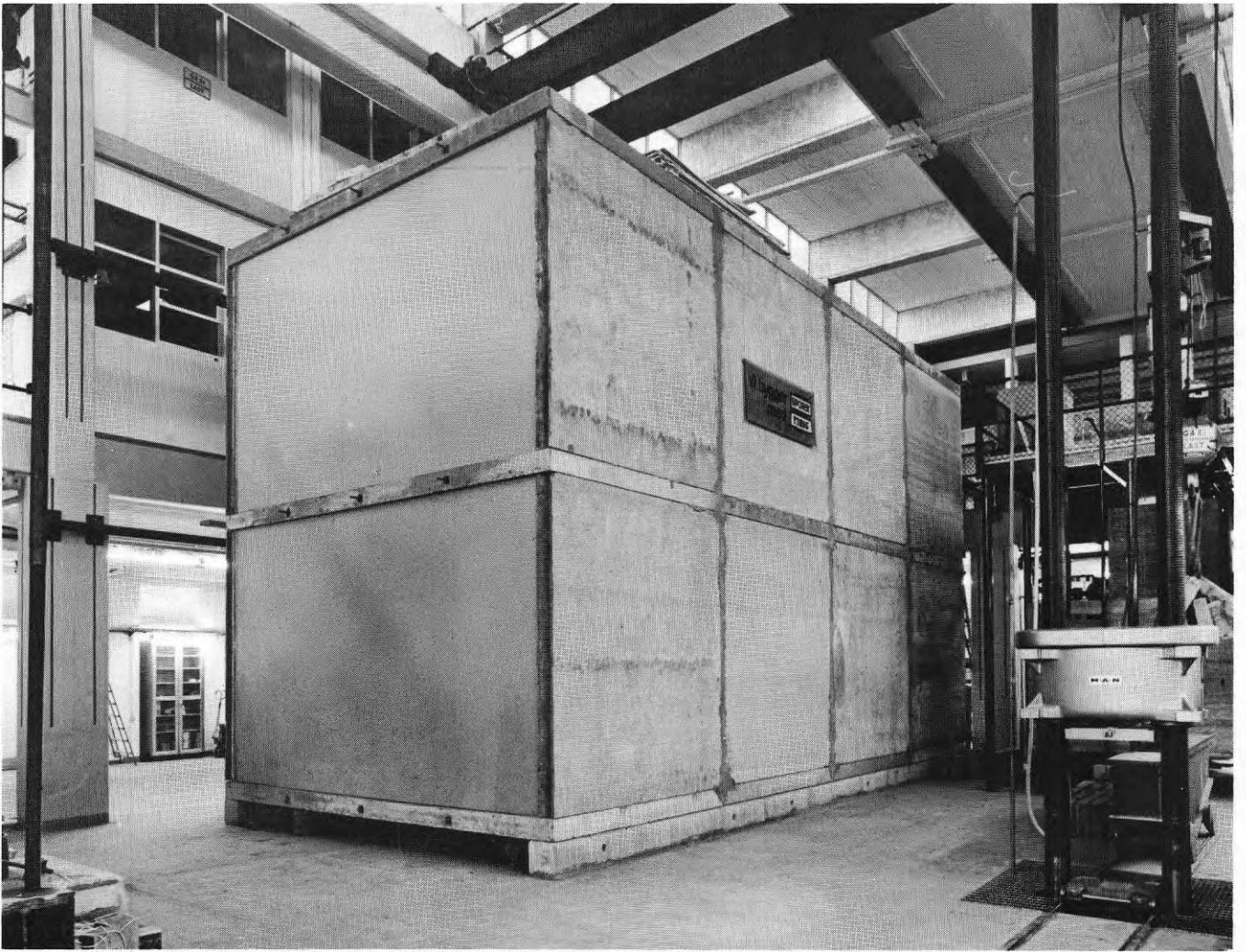


FIG. 4:1. Provhus, LTH.

Test chamber at Lund Institute of Technology.

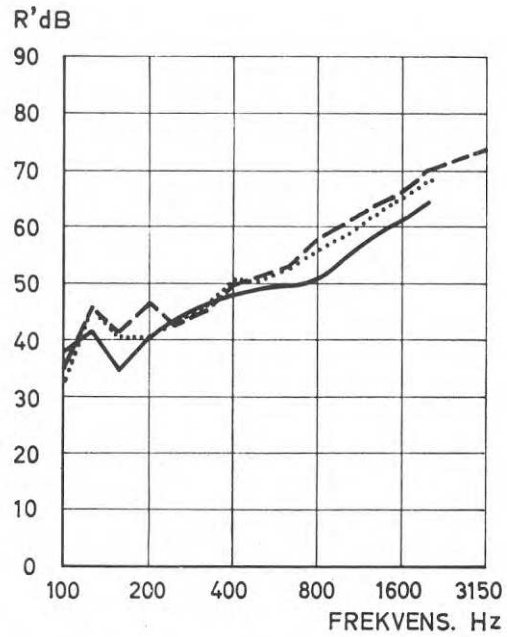
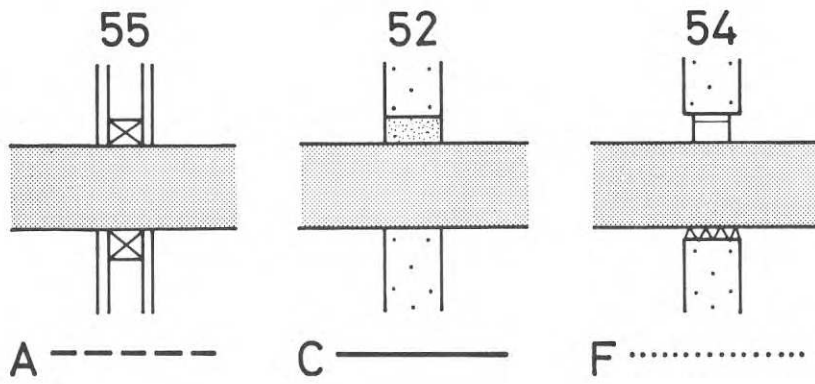


FIG. 4:2. Jämförelse mellan alternativen A, C och F. Kurvorna avser de uppmätta fältreduktionstalen R' i de olika fallen.

Comparative curves for Alternatives A, C and F, showing the recorded field reduction factors R' for the three alternatives.

Exempel på mätresultat visas i FIG. 4:2.

Som en kort sammanfattning av försöksresultaten kan fastslås att lättbetongmellanväggar, monterade enligt leverantörens anvisningar, dvs. med cellplastisolering i överkant och plastkilar i underkant, ur flanktransmissionssynpunkt är likvärdiga med andra lätta mellanväggskonstruktioner. Fullständig redogörelse för försöksserien finns publicerad i tidskriften Lättbetong nr 4 1969 med professor Tor Kihlman som författare.

Prof Tor Kihlman
RANDVILLKORENS INVERKAN PÅ REDUKTIONSTAL

Speciellt i frekvensområdet ovanför koincidens har randvillkoren en stor inverkan på en konstruktions reduktionstal. Detta sammanhänger med att i detta frekvensområde väggens förluster inverkar på isoleringsförmågan.

I det frekvensområdet kan reduktionstalet R hos den oändliga väggen uttryckas enligt Cremer [1].

$$R = R_0(f_c) + 30 \log f/f_c + 10 \log \eta - 2 \text{ dB}; f > 2f_c$$

Här är $R_0(f_c)$ = reduktionstalet för vinkelrätt infall vid frekvensen f_c

f_c = koincidensgränsfrekvensen

η = de inre förlusterna

Ovanför koincidensgränsfrekvensen bestäms ljudtransmissionen för diffust infall helt och hållet av de vågor som faller in med koincidens. Koincidensfenomenet är en speciell typ av resonans. Ju mindre dämpad resonansen är desto större blir transmissionen. Det är av detta skäl som förlusterna har en så avgörande betydelse.

I fallet med den oändliga väggen bestäms förlusterna av den inre förlustfaktorn hos väggmaterialet. I det ändliga fallet däremot har vi förluster både i väggmaterialet och vid kanterna i form av effektflöde till anslutande konstruktioner. Det är oväsentligt för dämpningen av de resonanta moderna vart effekten tar vägen. Det är de totala förlusterna som blir utslagsgivande, och i de totala förlusterna spelar i många fall de inre materialförlusterna en underordnad roll; de kan för typiska betong- och tegelväggar vara 1/5 eller 1/10 av utflödet till angränsande konstruktioner. En väggs reduktionstal beror därför i hög grad på vilka konstruktioner den är ansluten till och hur denna anslutning är gjord. Denna fråga har betydelse dels för olika konstruktioners ljudisolering i en färdig byggnad, dels för hur laboratorieprov av reduktionstal bör tillgå.

De totala förlusterna kan för vissa fall beräknas teoretiskt. De kan också bestämmas experimentellt genom att efterklangstiden hos väggen för böjvågor mäts. Under vissa förutsättningar som närmare anges och diskuteras i [2] kan då för den ändliga väggen reduktionstalet tecknas

$$R = R_0(f_c) + 30 \log f/f_c + 10 \log \frac{2,2}{f T} + 10 \log S_{\text{tot}}/S_{\text{exp}} - 2 \text{ dB}; f > 2f_c$$

Här är T = efterklangstiden hos väggen

S_{tot} = den totala ytan av den konstruktion som transmitterar ljudet

S_{exp} = ytan hos den del av den transmitterande konstruktionen som exponeras för ljudfältet i sändarrummet.

Ytfaktorn, $S_{\text{tot}}/S_{\text{exp}}$ diskuteras mer ingående i [2]. Den innebär ett hänsynstagande till det faktum, att när transmissionsytan i sidled begränsas av flankerande lätta konstruktioner, som själva har ringa inverkan på skiljekonstruktionens vibrationer, får vi ett isoleringstillskott. Det beror på att den ljudupptagande och i mottagarrummet ljudutstrålade ytan är mindre än den över vilken böjvågorna sprids ut. Det är den senare som är väsentlig för hur böjvågorna dämpas. Det är detta som ofta torde vara förklaringen till att ljudisoleringen i sidled mellan vardagsrum är lägre än ljudisoleringen mellan sovrum. Ytfaktorn blir med normala planlösningar större för sovrummets vidkommande än för vardagsrummets. Detta kan också belysas med ett exempel på uppmätt ljudisolering i två byggnader uppförda av samma typer av prefabricerade element, men med vitt skilda planlösningar, se FIG. 4:3.

Frågan hur randvillkorens inverkan skall beaktas främst vid laboratoriemätningar av reduktionstal har nyligen tagits upp inom ISO på förslag från Sverige. Frågan har därvid hänskjutits för bearbetning inom en arbetsgrupp, WG 2, till vilken Sverige skall inkomma med förslag och synpunkter.

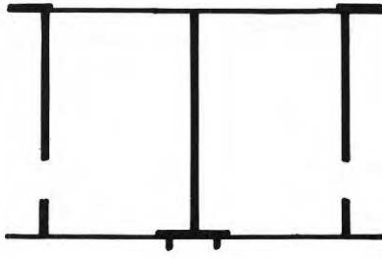
Det nya byggnadsakustiska laboratoriet vid Chalmers tekniska högskola är särskilt väl lämpat för experimentella studier av denna fråga, beroende på att laboratoriet är så anordnat att randvillkoren kan varieras. Kanterna på provkonstruktionen är nämligen åtkomliga utifrån. Se FIG. 4:4. Vi har nyligen påbörjat dessa studier och fått fram några preliminära resultat.

En provvägg monterad i sin provram kan ställas upp fritt så att randförlusterna blir praktiskt taget noll. Man kan också ansluta provramen till de yttre flankerande väggarna så att man där får en effektbortvandring. En praktisk fråga är hur denna anslutning då måste ske med bibehållen flexibilitet hos laboratoriet.

Den först provade väggen var en halvstens putsad tegelvägg. När den var fritt uppställd erhöles ur efterklangstidsmätningar en förlustfaktor om ca 0,5%. Det uppmätta reduktionstalet var

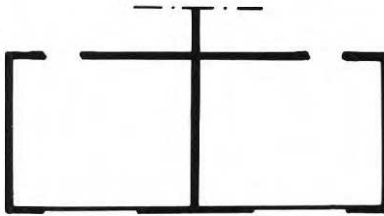
$$1) S_{\text{exp}} = S_{\text{tot}}$$

(Mät rummen sträcker sig från fasad till fasad)



$$I_a = 50$$

$$2) S_{\text{exp}} < S_{\text{tot}}$$



$$I_a = 54$$

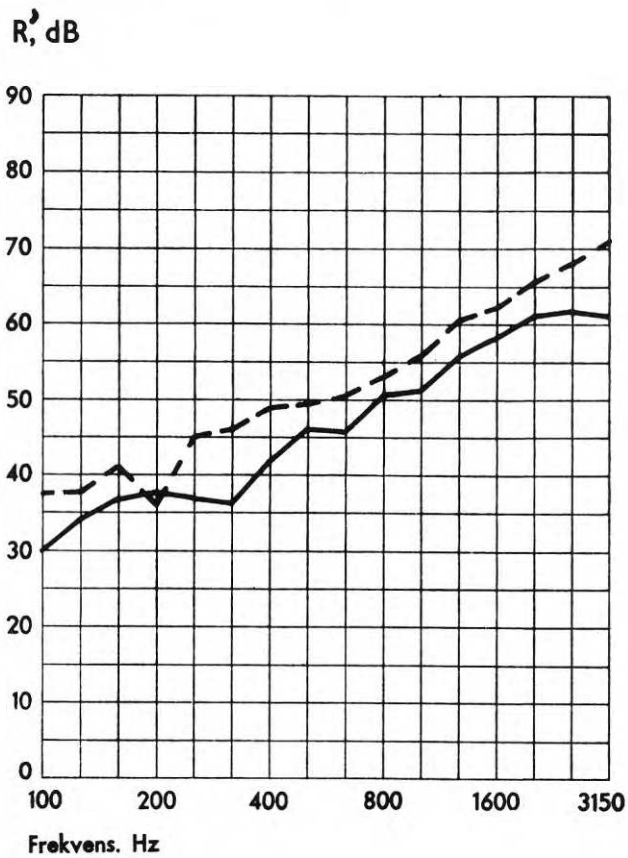


FIG. 4:3. Fältreduktionstal hos 15 cm betongelementväggar enligt mätningar vid Svensk Akustikplanering AB.

Field-measured reduction index for 15-cm precast concrete walls, according to measurements carried out by Svensk Akustikplanering AB.

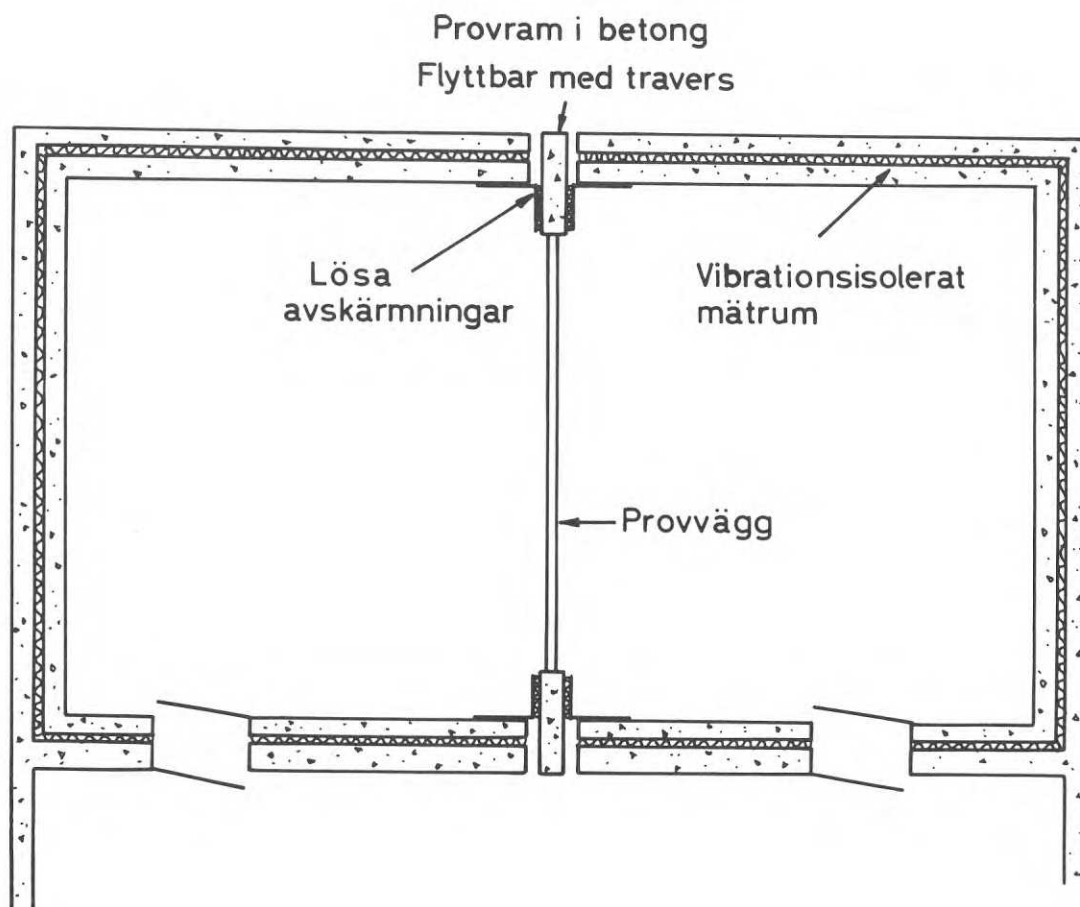


FIG. 4:4. Plan över ljudisolationsmätrum, Byggnadsakustik CTH.

Plan of sound insulation test room, Department of Building Acoustics, Chalmers Institute of Technology.

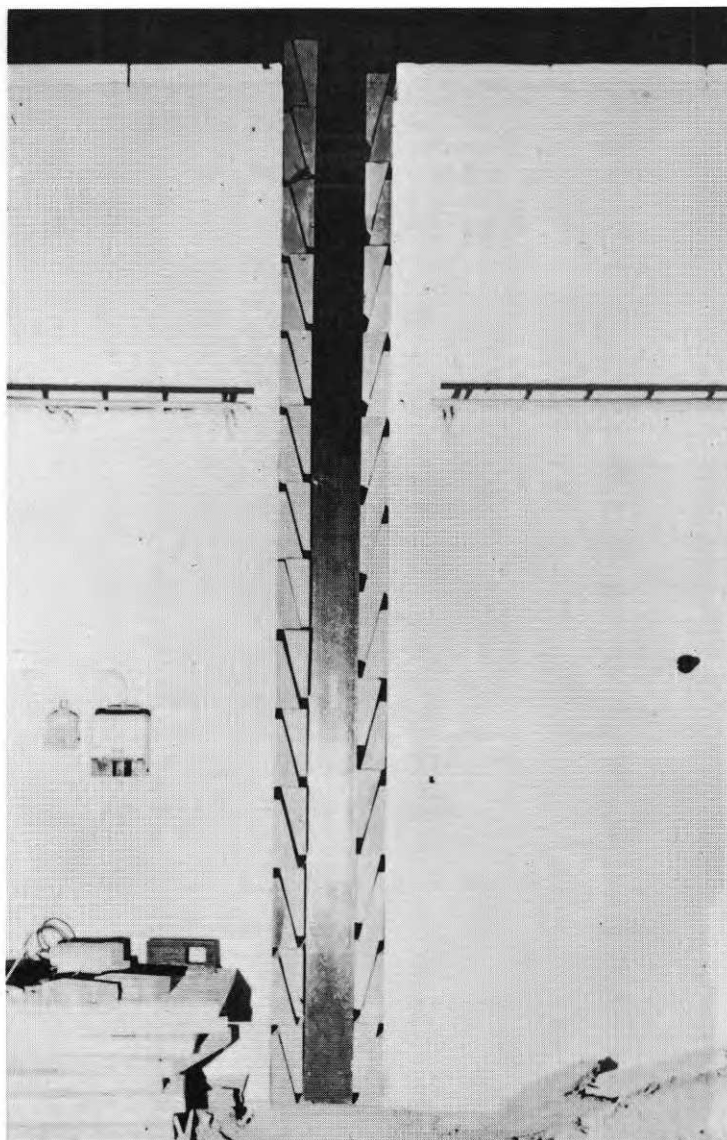


FIG. 4:5. Betongkilar mellan provram och flankerande, yttre väggar.

Concrete wedges between test frame and external side walls.

— fritt uppställd provram
 - - - provramen fixerad med betongkilar

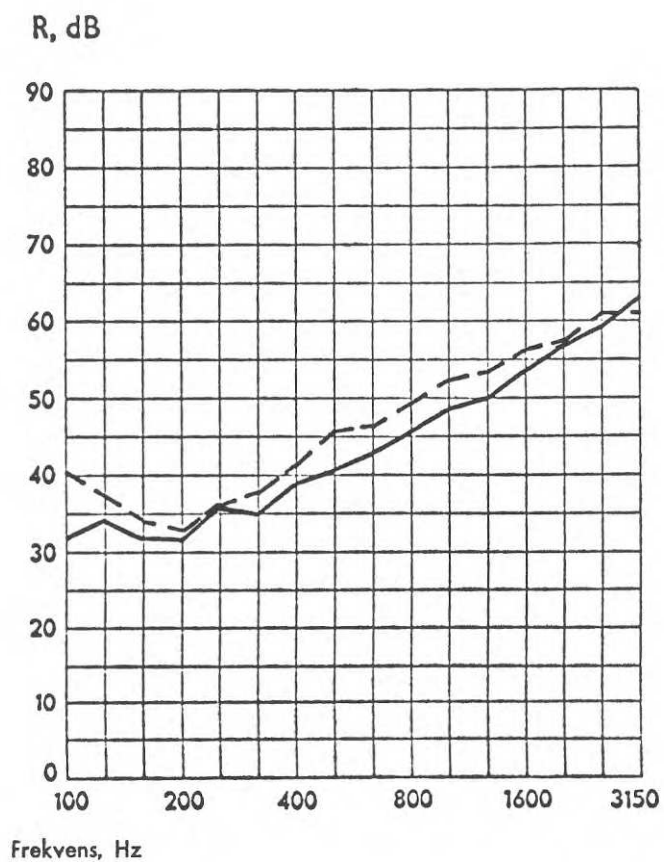


FIG. 4:6. Reduktionstal hos 1/2 sten tegelvägg med olika randvillkor.

Reduction index for a half-stone brick wall having different edge conditions.

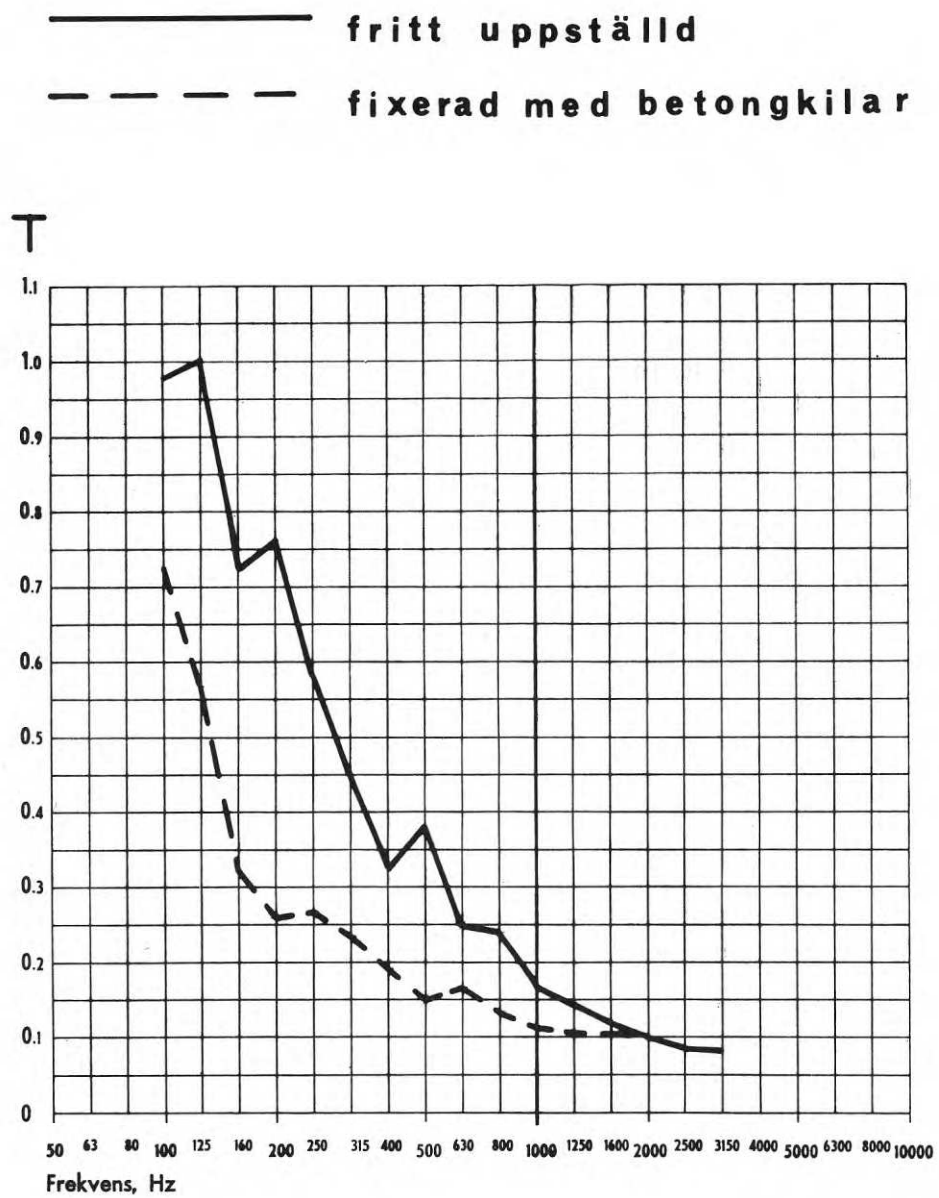


FIG. 4:7. Efterklangstid hos 15 cm betongvägg, monterad i provram.

Reverberation time of 15-cm concrete wall mounted in test frame.

också följdriktigt mellan 5 och 10 dB lägre än vad som redovisats från andra laboratorier på motsvarande konstruktioner. Ett första försök att öka randförlusterna gjordes med hjälp av ett stort antal tråkilar mellan betongram och flankerande väggar. Detta fick emellertid endast en marginell inverkan. Ett väsentligt fastare förband är nödvändigt. Prov har då utförts med en effektivare fixering med hjälp av betongkilar. Se FIG. 4:5. Preliminära mätresultat av reduktionstal för de två fallen visas i FIG. 4:6. Som framgår härav ger betongkilarna en avsevärd påverkan på reduktionstalet. Liknande prov pågår för närvarande med en betongvägg. FIG. 4:7 visar efterklangstiden hos denna med provramen fritt uppställd och fastkilad. De erhållna resultaten belyser randvillkorens betydelse. De fortsatta försöken skall inriktas på något noggrannare analyser av olika väggar inklusive reproducerbarheten av variationerna av randvillkor samt försök med en ännu bättre koppling till de flankerande väggarna. Hur man sedan lämpligen skall beakta randvillkoren i framtida mätningar blir nästa fråga.

Det är emellertid också viktigt att ha med randvillkorens inverkan i bedömningar av projekterade byggnaders ljudisolering. Planlösning och konstruktioner påverkar ljudisoleringen på flera sätt.

Referenser

- [1] CREMER, L, 1942, Theorie der Schalldämmung dünner Wände bei Schrägem einfall. Akustische Zeitschrift, Vol 7, s. 81.
- [2] KIHLMAN, T, 1970, Sound Transmission in Building Structures of Concrete. Journal of Sound and Vibration.

Tekn lic Sten Ljunggren
TEORETISK MODELL FÖR FÄLTREDUKTIONSTALET

Det har flera gånger påpekats (Ingemansson [1], Zaborov [2]) att ett uttryck av följande form måste gälla för fältreduktionstalet:

$$R' = -10 \log \left[\frac{1}{R_0} + \sum \frac{A_n/A_0}{\frac{R_n + K_n + S_n}{10}} \right]$$

där R_0 = reduktionstalet hos direktskiljande vägg
 R_n = reduktionstalet hos flankerande vägg i sändarrum
 A_0 = arean hos skiljevägg
 A_n = arean hos flankerande vägg i mottagarrum
 K_n = knutpunktsdämpning
 S_n = strålningsdämpning hos flankerande vägg i mottagarrum

Se också FIG. 4:8 och 4:9.

Riktigheten hos formeln är ganska uppenbar om vi sätter:

$$R_n = 10 \log \frac{\langle v_n^2 \rangle \rho^2 c^2}{\langle p_n^2 \rangle} \quad n = 0, 1, 2, 3, 4$$

där p_n = ljudtrycket hos infallande våg mot n :te väggen
 v_n = normalhastigheten i samma vägg
 ρc = luftens karakteristiska impedans

$$K_n = 10 \log \frac{\langle v_1^2 \rangle}{\langle v_j^2 \rangle}$$

där v_j = normalhastigheten hos den ljudutstrålande väggen
 v_1 = normalhastigheten hos den exciterade väggen

$$S_n = 10 \log \frac{\langle p_n^2 \rangle}{\langle v_n^2 \rangle \rho^2 c^2}$$

där p_n = ljudtrycket hos den utstrålade vägen från n :te väggen
 v_n = normalhastigheten hos samma vägg

Med dessa definitioner uttrycker formeln endast att den totala isoleringen är lika med "summan" av delisoleringarna. Det är också detta betraktelsesätt som ligger bakom de tidigare härledningarna.

Problemets kärna ligger således i bestämningen av faktorerna R_n , K_n och S_n . De tidigare härledningarna av fältreduktionstalsformeln ger inga upplysningar härvidlag. Under senare år har det emellertid publicerats en hel serie arbeten rörande effektflöden mellan kopplade oscillatorer av vissa typer (se exempelvis Lyon & Maidanik [3], Lyon & Eichler [4] samt Crocker & Price [5]). Med hjälp av vissa resultat härifrån är det möjligt att göra en teoretisk härledning av fältreduktionstalet, som samtidigt ger värdefulla upplysningar om de ingående parametrarna.

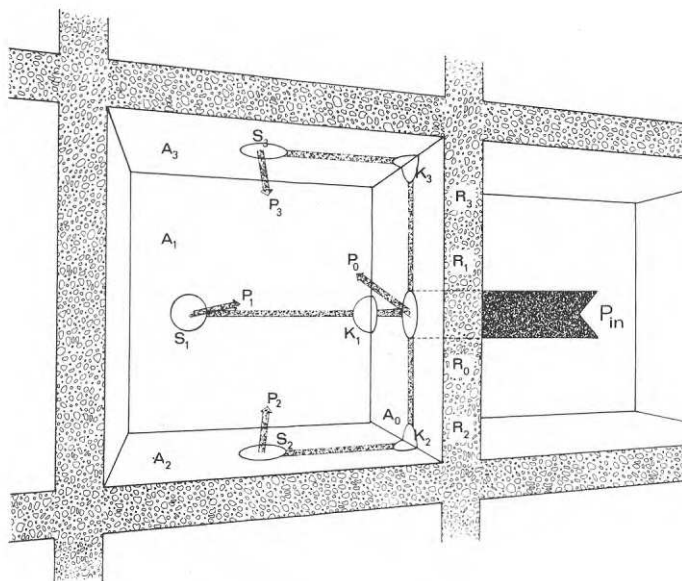


FIG. 4:8. Ljudupptagning av skiljevagg.

Sound excitation of partition.

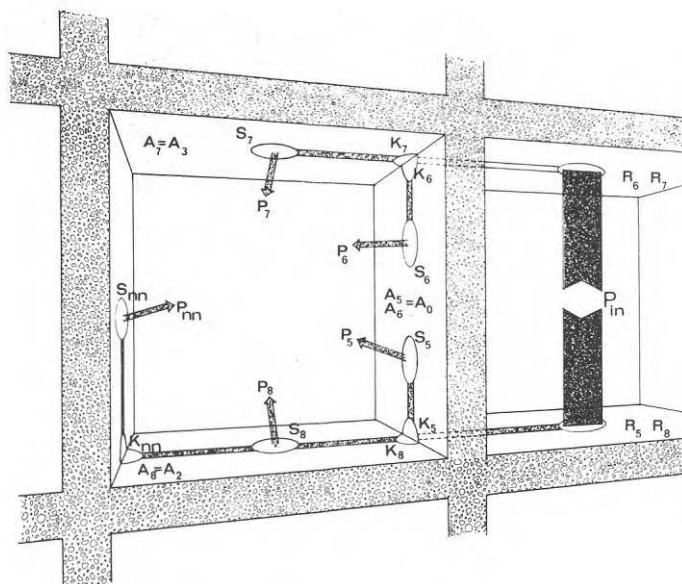


FIG. 4:9. Ljudupptagning av flankerande vägg.

Sound excitation of flanking wall.

Det system av rum och väggar som redovisas i FIG. 4:8 och 4:9 kan under vissa förutsättningar betraktas som ekvivalent med det system av kopplade oscillatorer som skisserats i FIG. 4:10.

Förutsättningarna berör villkoren för att strukturerna skall kunna betraktas som "resonanta", och leder till vissa begränsningar för modellens användbarhet vid låga frekvenser. I modellen tas vidare ingen hänsyn till longitudinal- och transversalvågfälten hos ingående väggar och bjälklag.

Under antagande att energiflödet från ett system till ett annat är proportionellt mot skillnaden i den modala energin hos systemen (Lyon & Maidanik [3]) och att all väsentlig energitransport sker längs de vägar som antytts i FIG. 4:10, kan man sätta upp ett system av 10 kopplade linjära ekvationer för energijämvikten. Lösningen av detta ekvationssystem leder efter några approximationer till ett uttryck för fältreduktions-talet av samma typ som tidigare diskuterats. För parametrarna R_n , K_n och S_n gäller enligt denna lösning:

$$R_n = -10 \log \left(\frac{R_{\text{rad}}}{\eta_n^t} \cdot \frac{4 f_c \rho c}{\omega^3 m^2 A_n} \right)$$

$$K_n = 10 \log \left(\frac{m_i}{m_j} \cdot \frac{\eta_j^t}{\eta_{ij}} \right) = 10 \log \left(\frac{m_i}{m_j} \cdot \frac{\pi k_j A_j \eta_j^t}{2 L \gamma_{ij}} \right)$$

$$S_n = -10 \log \frac{R_{\text{rad}}}{A_n \rho c}$$

där R_{rad} = strålningsresistansen enl. Maidanik [6]

η^t = plattans förlustfaktor (inkl. samtliga förlustmekanismer)

f_c = plattans gränshfrekvens

m = plattans ytvikt

A = plattans area

L = knutpunktens längd

η_{ij} = kopplingsförlustfaktor enl. Lyon & Eichler [4]

γ_{ij} = transmissionskoefficient enl. Kihlman [7]

Ett likartat uttryck för faktorn R_n har tidigare härletts av Crocker & Price [5]. Vid frekvenser väl över gränshfrekvensen överensstämmer R_n med det uttryck för enkelväggs reduktionstal som givits av Heckl [8]. Under gränshfrekvensen finns ingen överensstämmelse mellan kopplingsfaktorn R_n och reduktionstalet, se också FIG. 4:11.

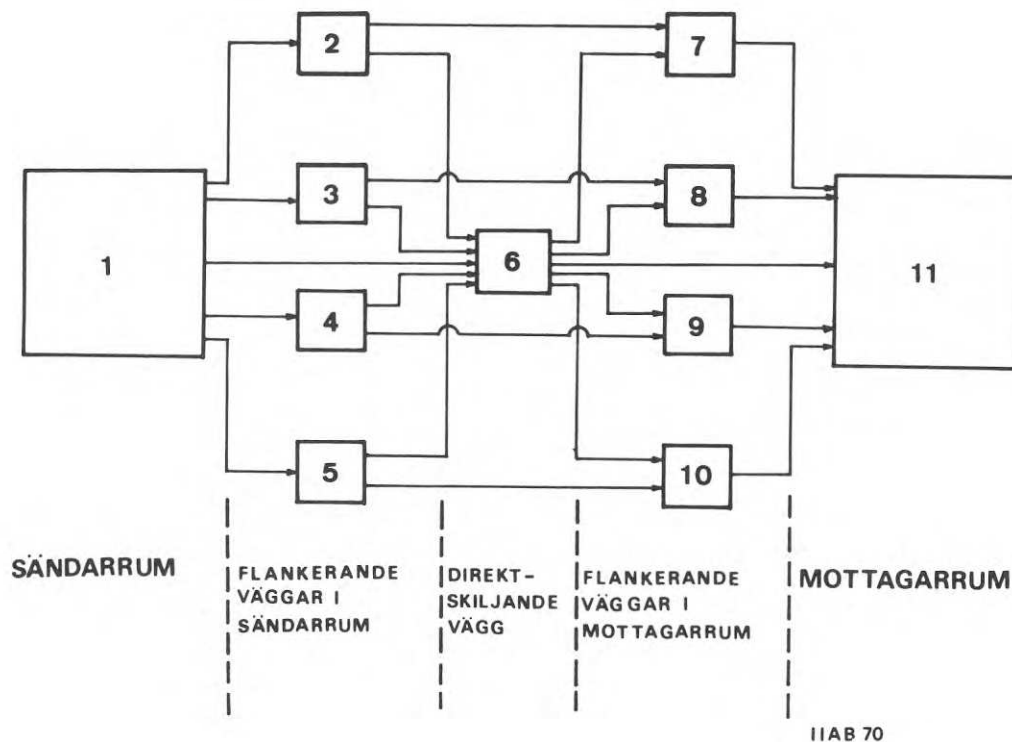


FIG. 4:10. System av kopplade oscillatorer för bestämning av fältreduktionstalet.

A system of coupled oscillators for determination of the field reduction factor.

--- R_n FÖR 7 cm LÄTTBETONG
 — UPPMÄTT REDUKTIONSTAL

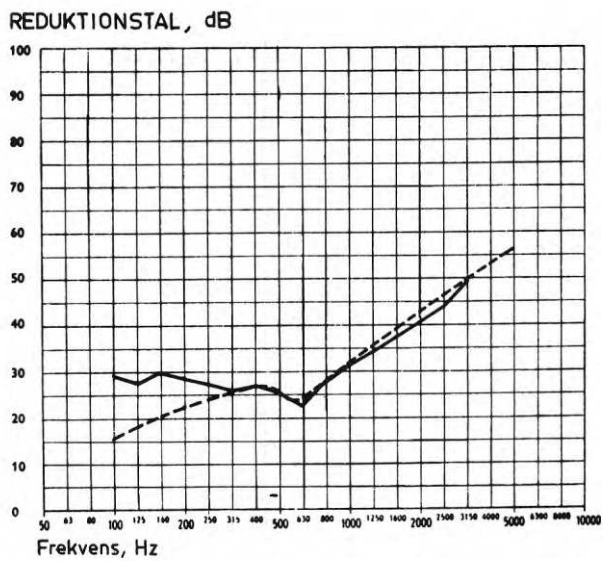


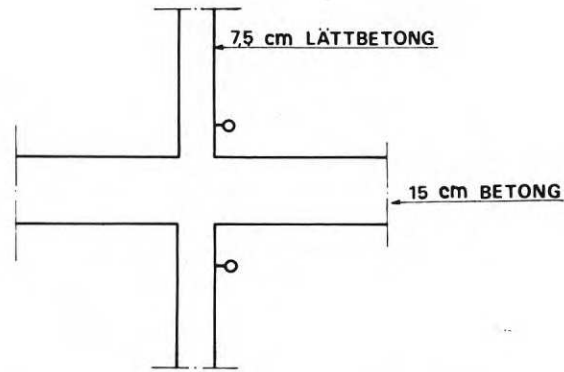
FIG. 4:11. Beräknat värde på R_n för 7 cm lättbetong, jämfört med uppmätt värde på reduktionstalet för samma vägg.

Calculated values of R_n for 7-cm lightweight concrete, compared with the measured values of the reduction factor for the same wall.

Uttrycket för strålningsdämpningen har tidigare också härletts av Lyon & Maidanik [3], medan formeln för knutpunktsdämpningen såvitt känt inte tidigare har redovisats. Jämförelser har gjorts mellan beräknade och uppmätta värden på knutpunktsdämpningen för några olika fall, och överensstämmelsen har genomgående visat sig vara utmärkt; ett exempel visas i FIG. 4:12.

Referenser

- [1] Ingemansson, S, 1968, Byggnadens luftljudsisolering, teorier och deras tillämpning. Ingår i Byggforskning 68, p 123-132. (Statens råd för byggnadsforskning) Stockholm.
- [2] Zaborov, V, I, 1968, Indirect paths of sound propagation in buildings. Sov. Phys. Acoust. 13 (1968) p 488-490.
- [3] Lyon, R, H & Maidanik, G, 1962, Power flow between linearly coupled oscillators. J. Ac. Soc. Am. 34 (1962) p 623-639.
- [4] Lyon, R, H & Eichler, E, 1964, Random vibration of connected structures. J. Ac. Soc. Am. 36 (1964) p 1344-1354.
- [5] Crocker, M, J & Price, A, J, 1969, Sound transmission using statistical energy analysis. J. Sound Vib. 9 (1969) p 469-486.
- [6] Maidanik, G, 1962, Response of ribbed panels to reverberant acoustic fields. J. Ac. Soc. Am. 34 (1962) p 809-826.
- [7] Kihlman, T, 1967, Transmission of Structure-Borne Sound in Buildings. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport 9/67.
- [8] Heckl, M, 1964, Einige Anwendungen des Reziprozitätsprinzips in der Akustik. Frequenz 18 (1964) p 299-304.
- [9] Westerberg, G, 1967, Laboratiemätning av knutpunktsdämpning vid 160 mm betongbjälklag för väggar av 70 mm lättbetongelement. (Inst. för byggnadsakustik KTH) Stockholm. Rapport 67010.



— UPPMÄTT VÄRDE ENL WESTERBERG [9]
 --- TEORETISKT VÄRDE

KNUTPUNKTSDÄMPNING, dB

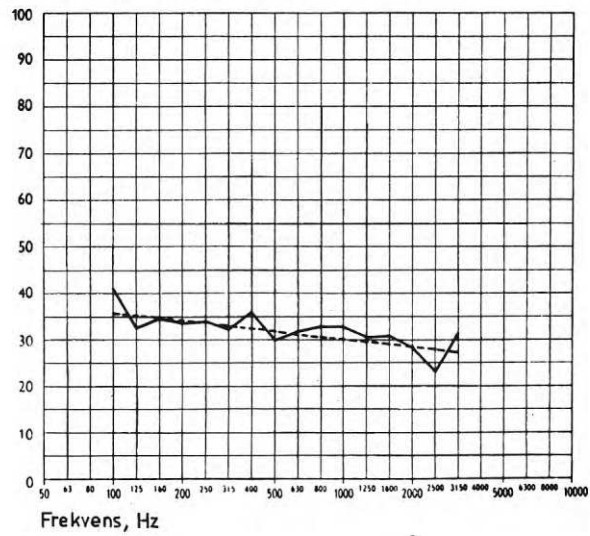


FIG. 4:12. Uppmätt och beräknat värde på knutpunktsdämpning.

Measured and calculated values of level difference at wall-floor junction.

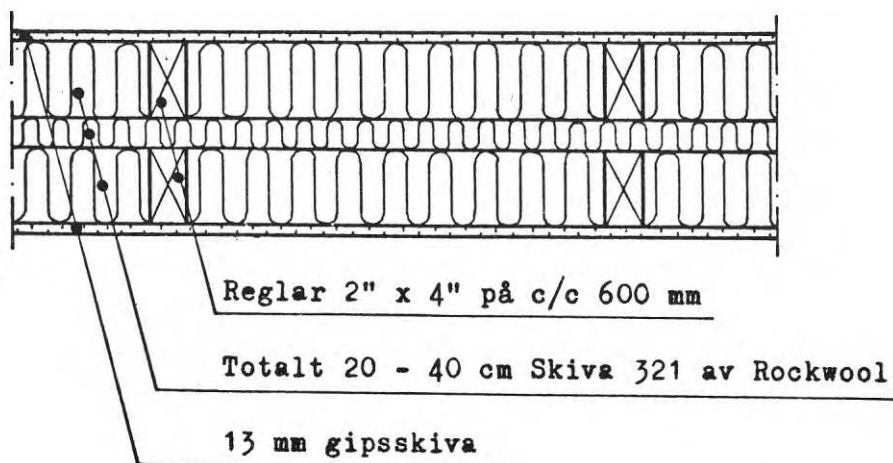
Civ ing Ralf Friberg
LJUDISOLERING HOS LÄTTA REGELVÄGGAR

Reduktionstal för lätta regelväggar har i olika sammanhang uppmätts vid Rockwools Akustiklaboratorium.

Mätningar har utförts på väggar med olika ytskikt, med trä- och stålreglar, med genomgående och skilda regelverk och med olika grad av mineralullsutfyllnad i luftspalten. Några av undersökningarna har gjorts i samarbete med annan materialfabrikant. Mätserierna har försökt göras så omfattande och varierande som möjligt inom ramen för tillgängliga resurser.

FIG. 4:13-28 visar konstruktioner och mätresultat. Resultaten har ej jämförts med teorier.

Dessa mätresultat och resultat från mätningar på andra typer av väggar kommer att ingå i den samling mätresultat från Rockwools Akustiklaboratorium åren 1966 - 1969 som f n håller på att sammanställas.



Kurva	Isolertjocklek cm	\bar{R} dB	LAB I_a dB
.....	20	59	58
————	25	62	59
— · — ·	30	65	64
— — — —	35	72	65
— · · — ·	40	74	67

Reduktionstal, R dB

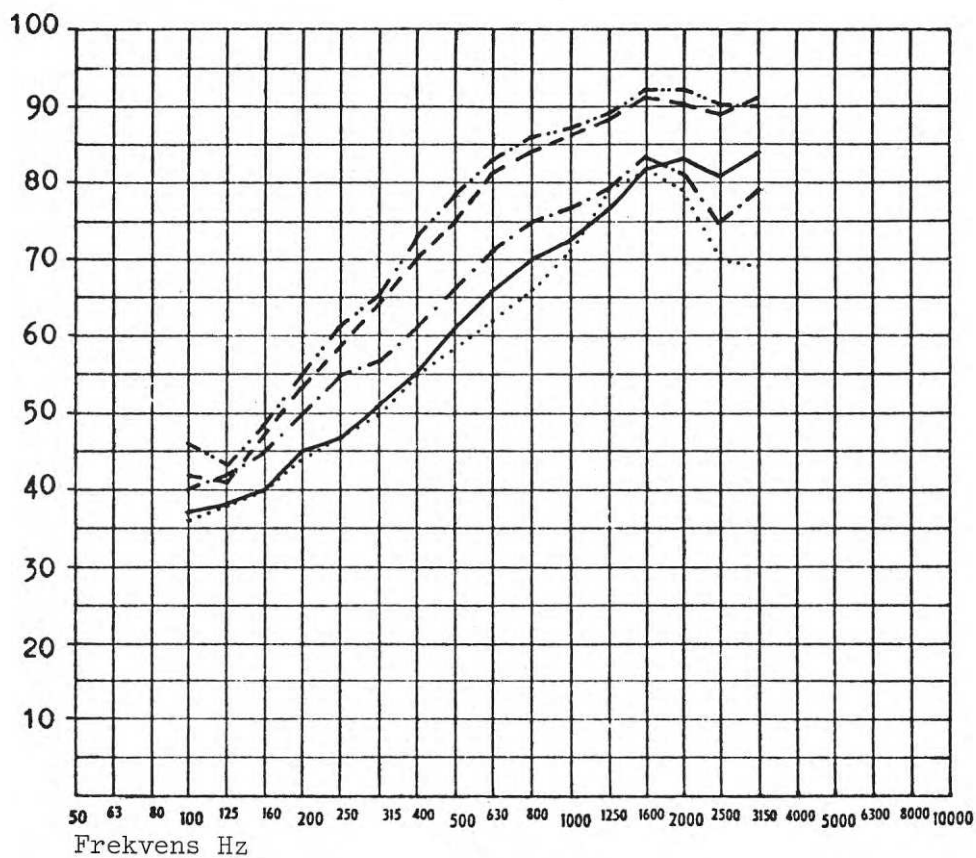
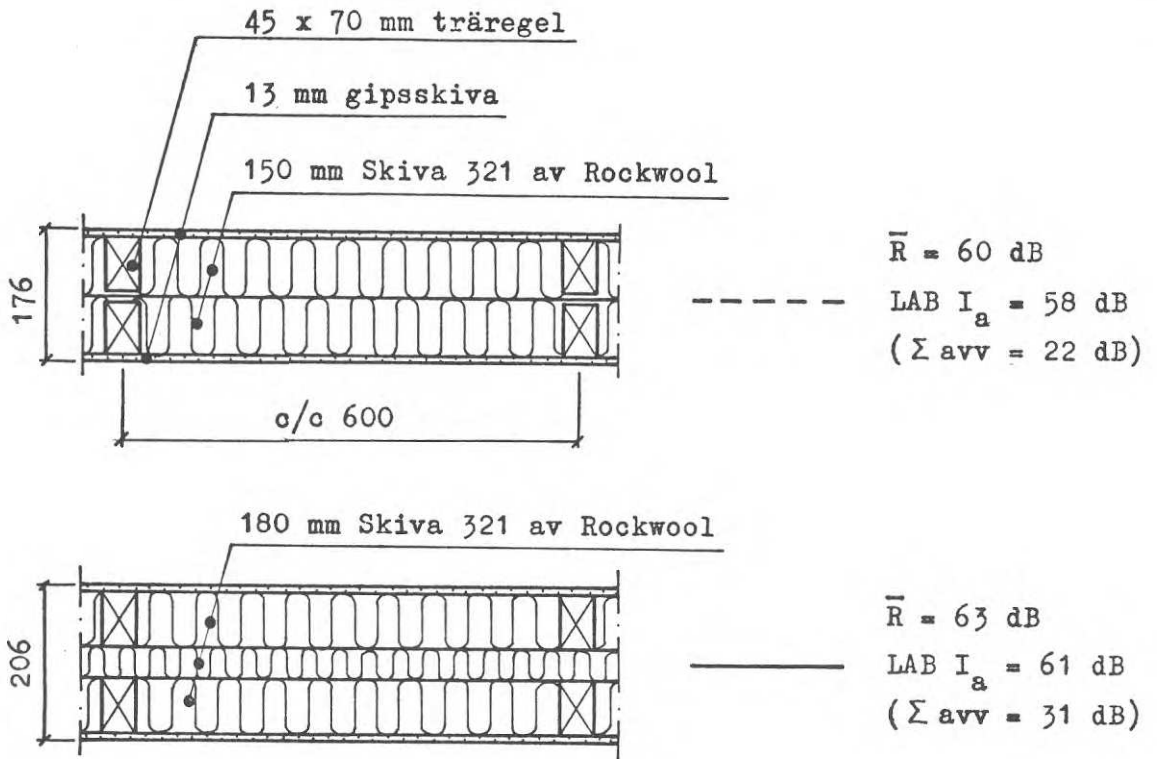


FIG. 4:13. Reduktionstal för regelväggar med gipsskivor. Vägghalvorna monterade i vardera karmen i provöppningen.

Sound reduction index for wood-stud partitions with plasterboard. Each half of the wall mounted in its own frame in the test opening.



Reduktionstal, R dB

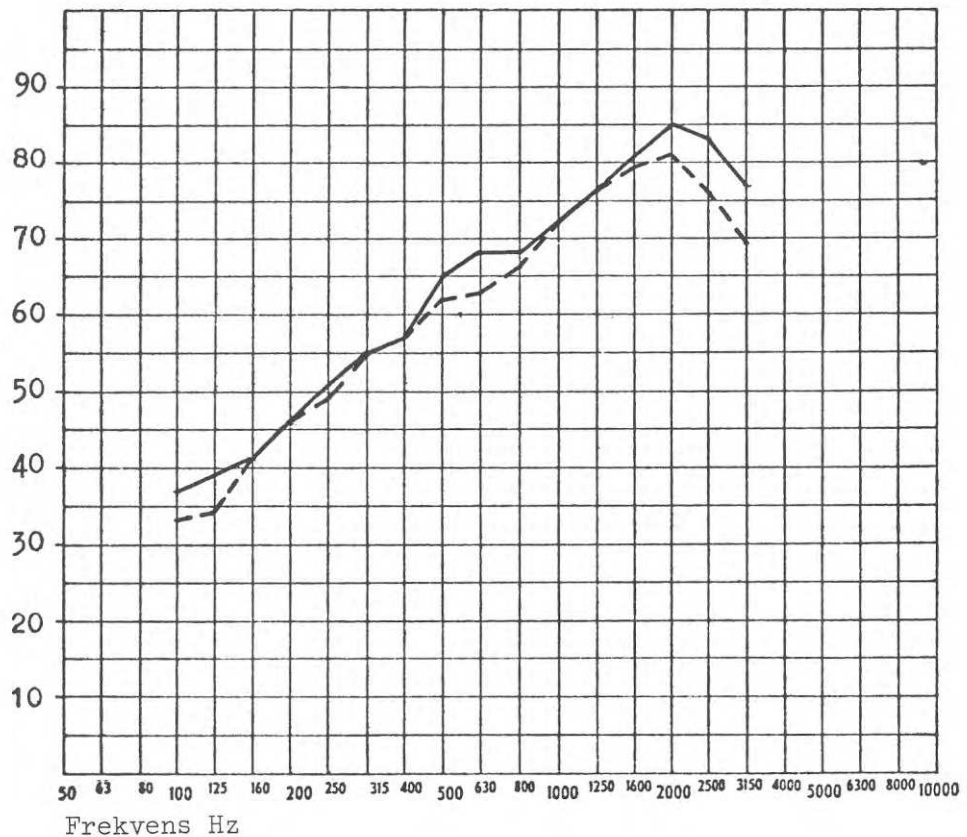
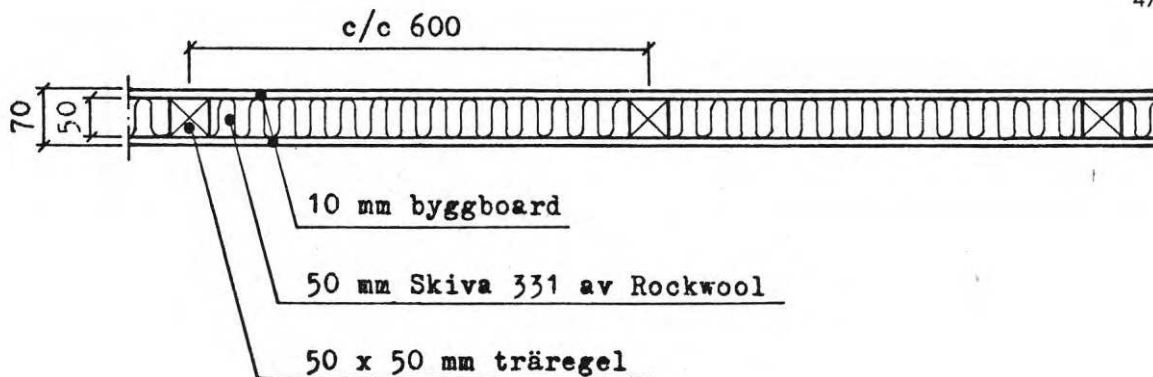


FIG. 4:14. Reduktionstal för regelväggar med gipsskivor och Rockwool®. Vägghalvorna monterade i varsin karm av provöppningen.

Sound reduction index for wood-stud partitions with plasterboard and Rockwool®. Each half of the wall mounted in its own frame in the test opening.



- = V ägg enl. ovan
 $\bar{R} = 39,7 \text{ dB}$, LAB $I_a = 39 \text{ dB}$ ($\Sigma \text{ avv } 29 \text{ dB}$, avv₁₂₅₋₁₆₀ = 8 dB)
- - - - = V ägg enl. ovan, utan isolering
 $\bar{R} = 28,5 \text{ dB}$, LAB $I_a = 28 \text{ dB}$ ($\Sigma \text{ avv} = 24 \text{ dB}$)

Reduktionstal, R dB

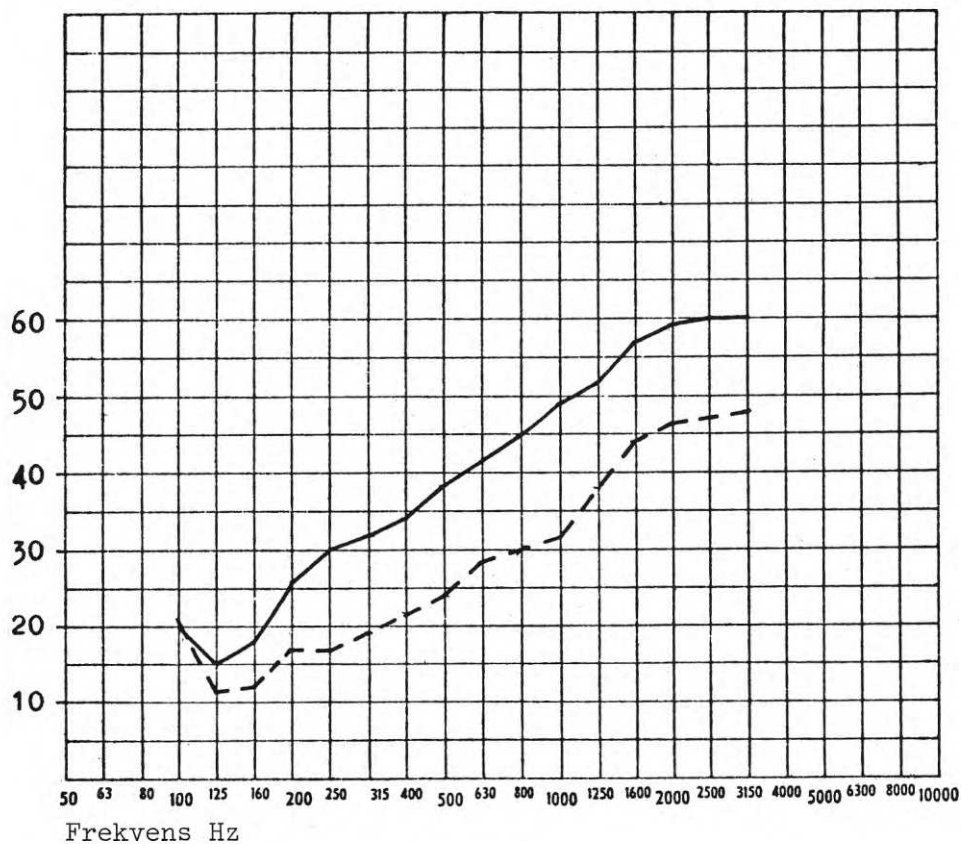
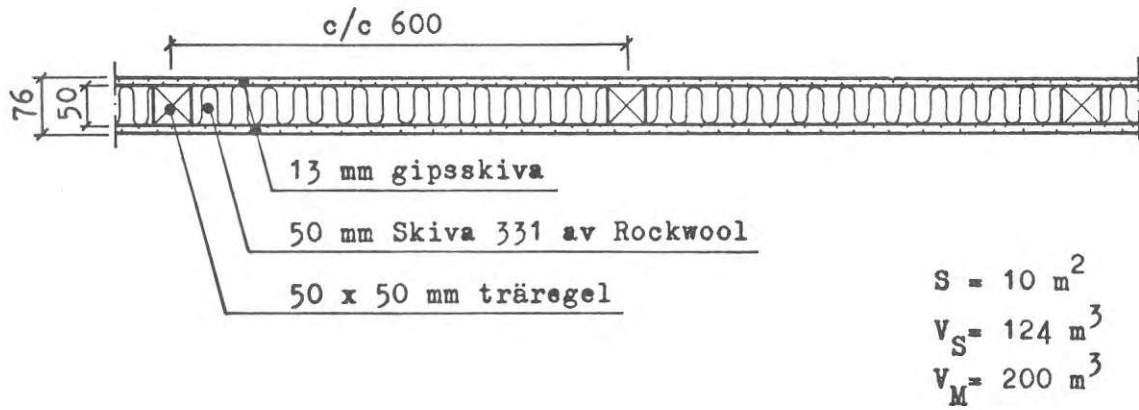


FIG. 4:15. Reduktionstal för mellanväggar.

Sound reduction index for partitions.



- = Väggelement enl, ovan
 $\bar{R} = 38 \text{ dB}$, LAB $I_a = 42 \text{ dB}$ ($\Sigma \text{ avv} = 31 \text{ dB}$)
- - - - - = Väggelement enl. ovan, utan isolering
 $\bar{R} = 29 \text{ dB}$, LAB $I_a = 32 \text{ dB}$ ($\Sigma \text{ avv} = 26 \text{ dB}$)

Reduktionstal, R dB

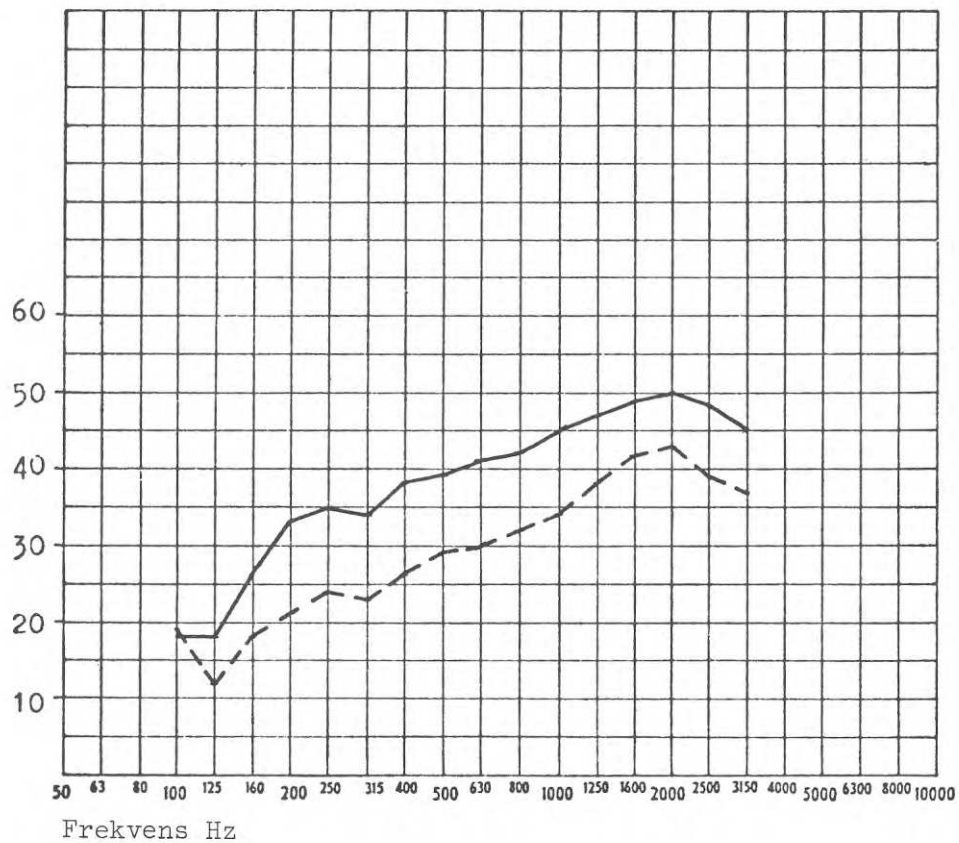


FIG. 4:16. Reduktionstal för väggelement med träreglar.

Sound reduction index for wall panel with wood studs.

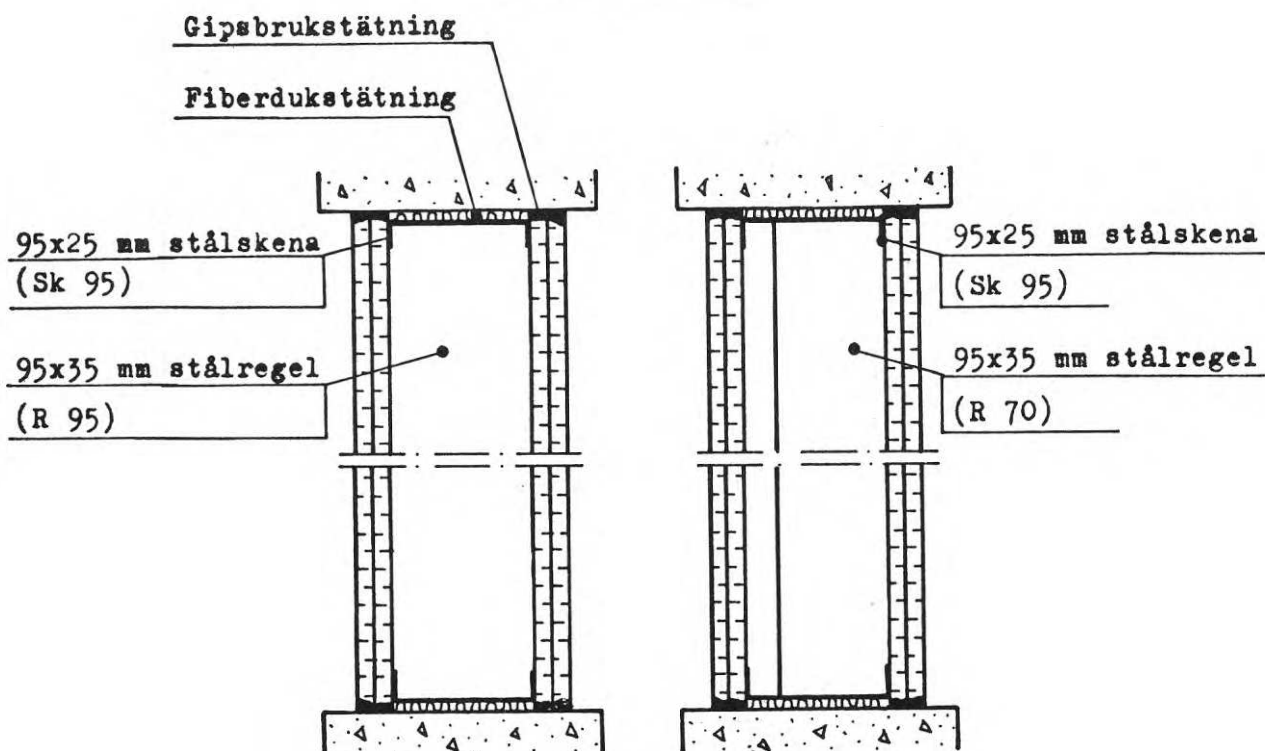
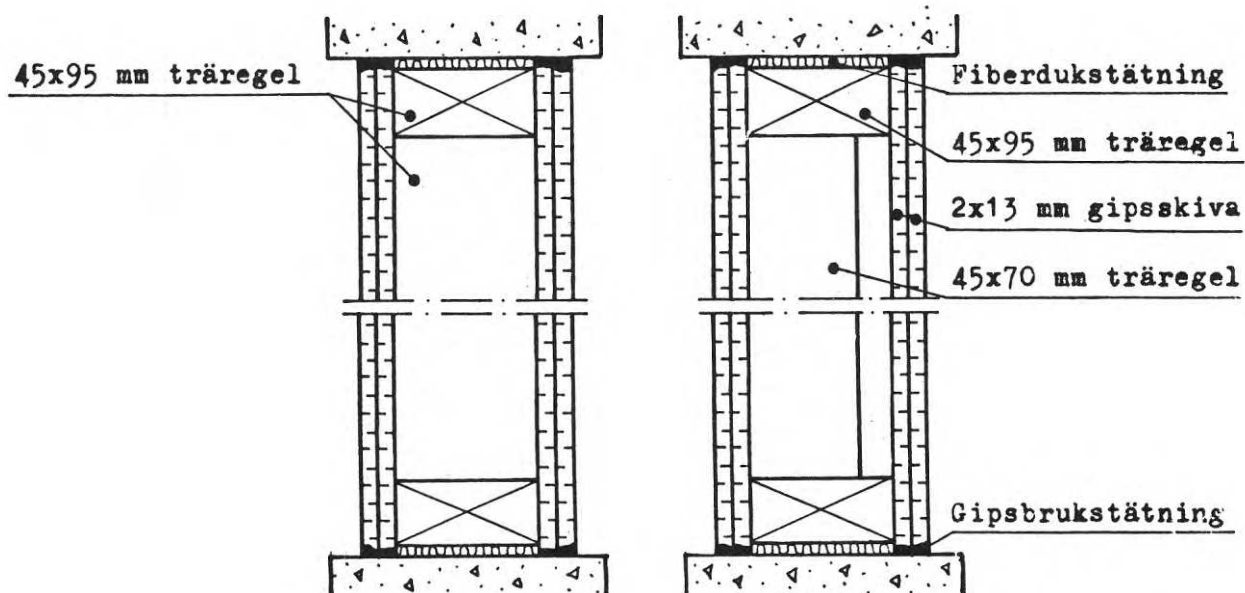
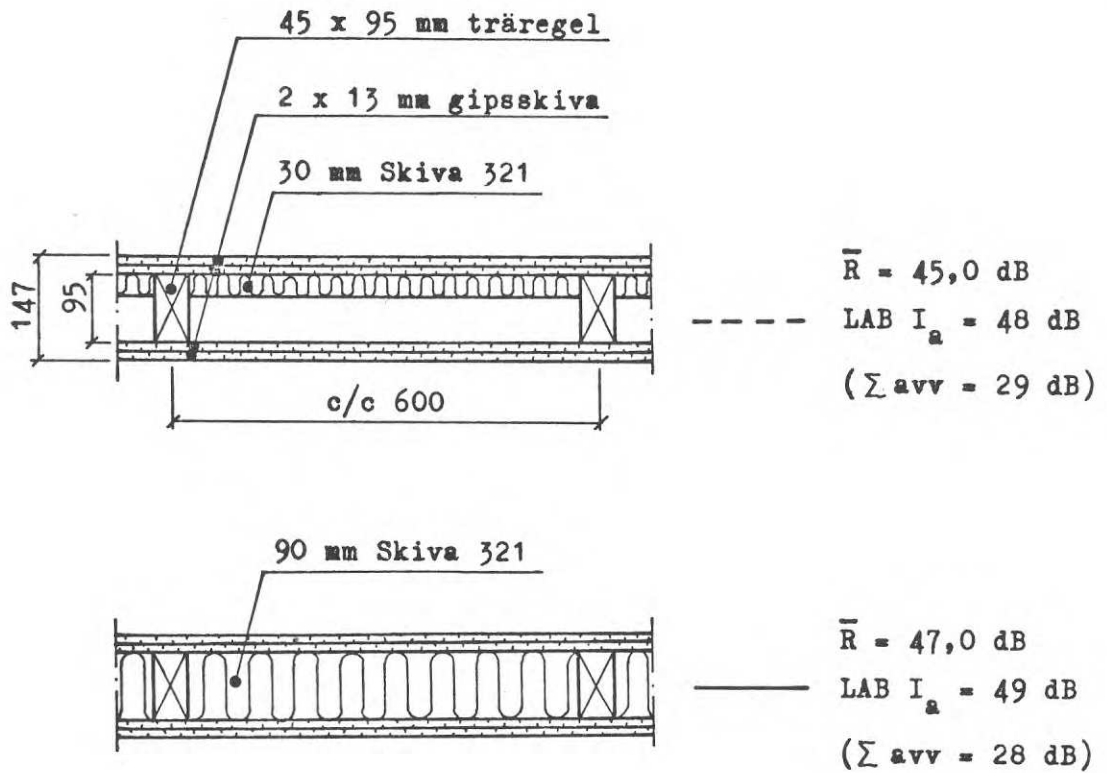
VertikalsektionVertikalsektion

FIG. 4:17. Monteringsskisser för regelväggar med gips-skivor.

Erection sketches for wood-stud partitions with plasterboard.



Reduktionstal, R dB

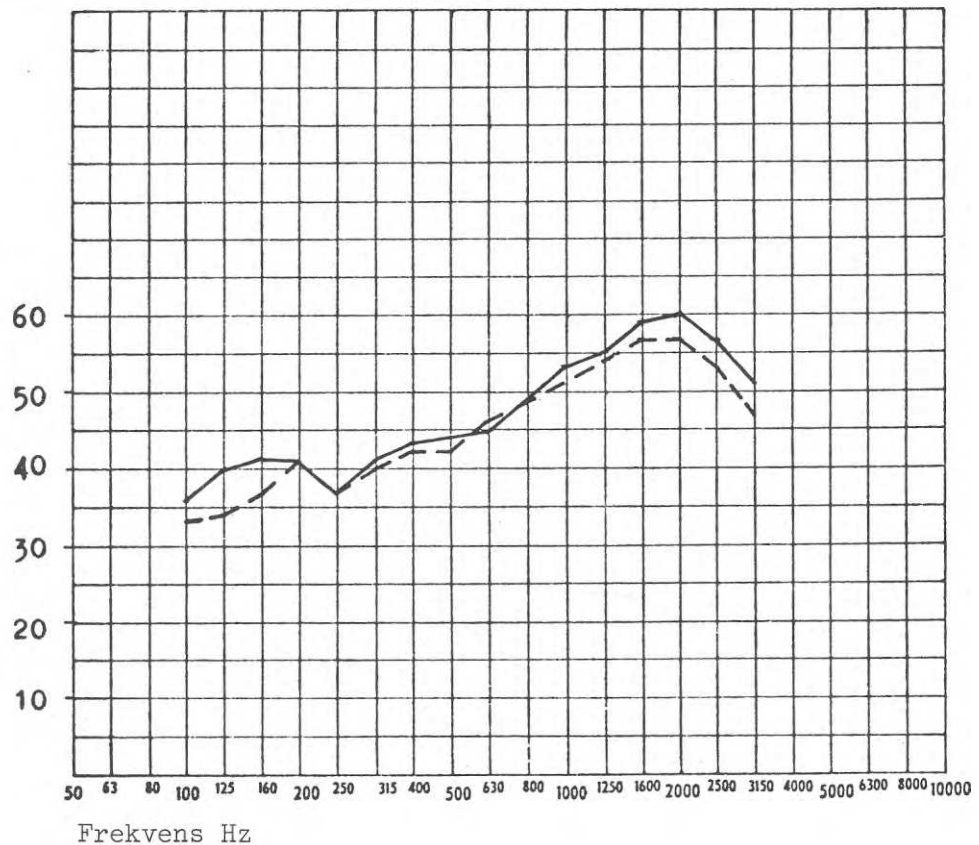
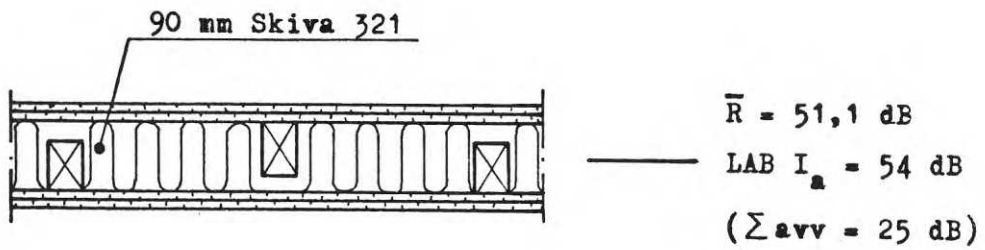
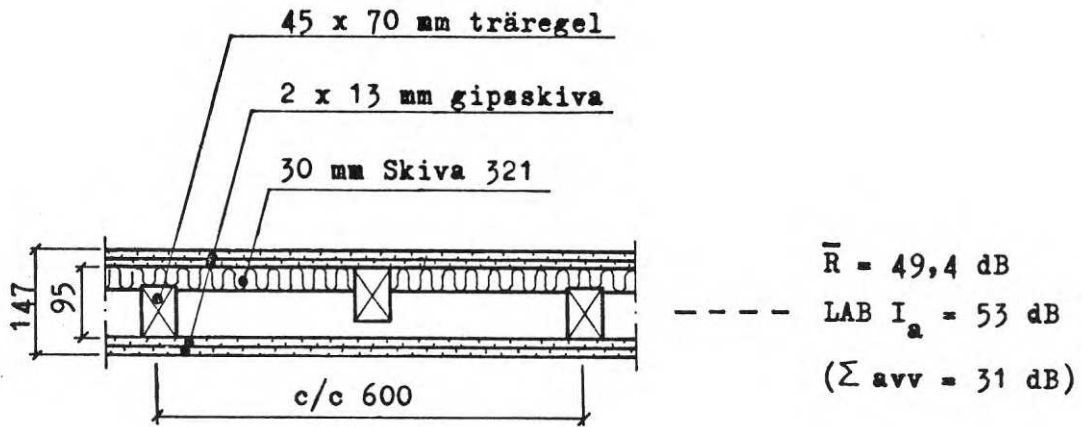


FIG. 4:18. Reduktionstal för träregelväggar med gipsskivor. Inverkan av ullmängd.

Sound reduction index for wood-stud partitions with plasterboard. Influence of quantity of mineral wool.



Reduktionstal, R dB

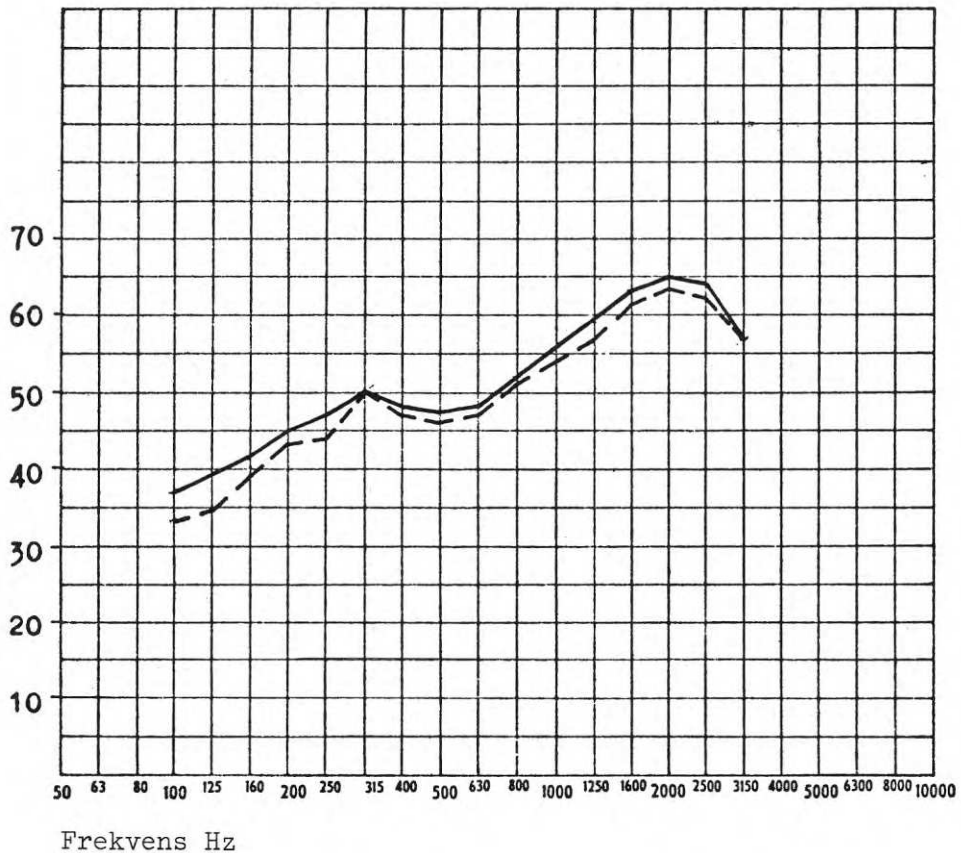
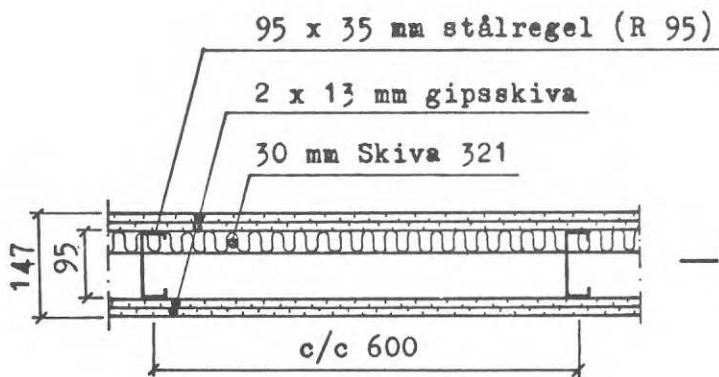
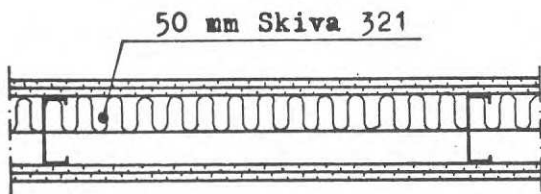


FIG. 4:19. Reduktionstal för träregelväggar med gipsskivor.
Inverkan av ullmängd.

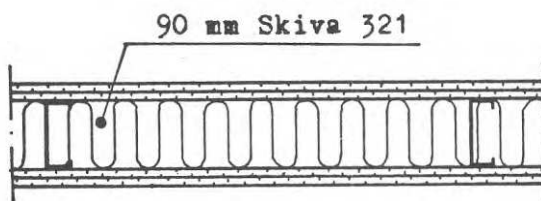
Sound reduction index for wood-stud partitions with plasterboard.
Influence of quantity of mineral wool.



— . —
 $\bar{R} = 50,6 \text{ dB}$
 LAB $I_a = 54 \text{ dB}$
 ($\sum avv = 25 \text{ dB}$, $avv_{3150} = 8 \text{ dB}$)



 $\bar{R} = 50,9 \text{ dB}$
 LAB $I_a = 54 \text{ dB}$
 ($\sum avv = 21 \text{ dB}$, $avv_{3150} = 8 \text{ dB}$)



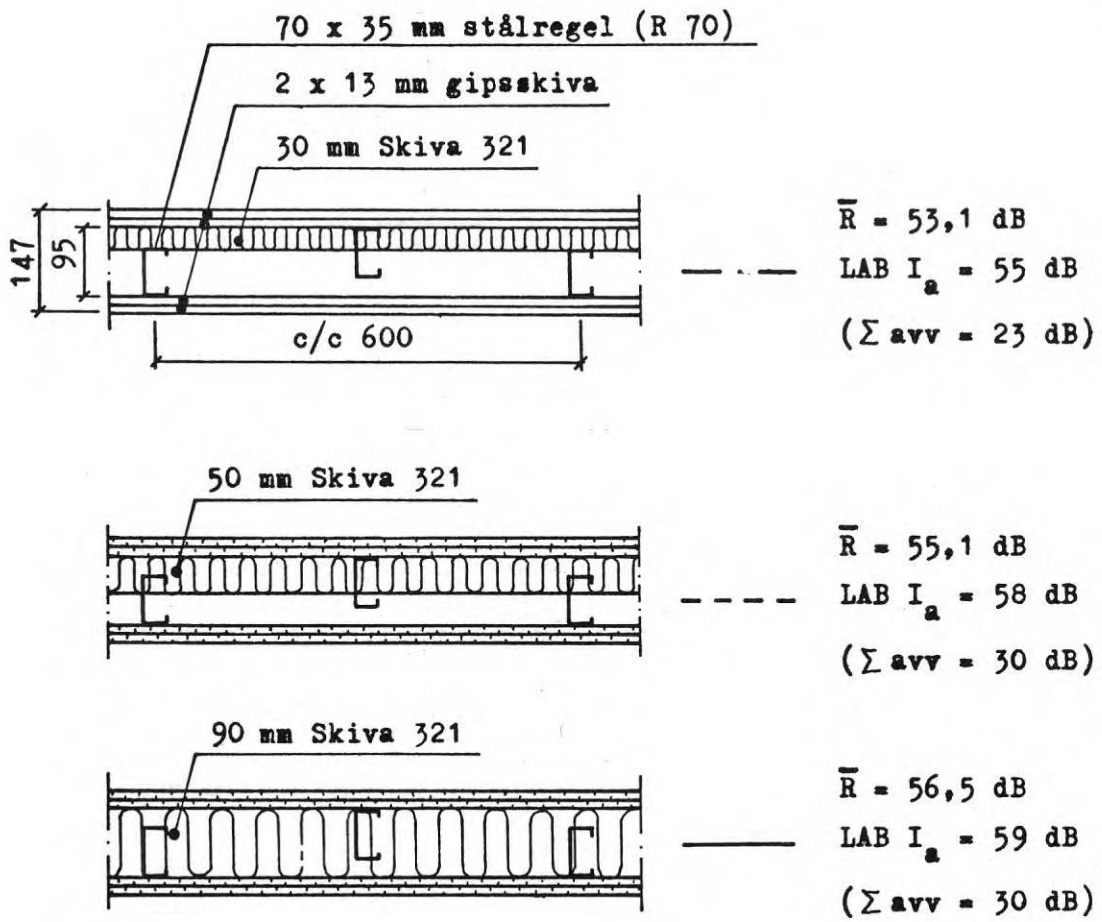
—————
 $\bar{R} = 53,4 \text{ dB}$
 LAB $I_a = 56 \text{ dB}$
 ($\sum avv = 18 \text{ dB}$, $avv_{3150} = 8 \text{ dB}$)

Reduktionstal, R dB



FIG. 4:20. Reduktionstal för stålregelväggar med gipsskivor. Inverkan av ullmängd.

Sound reduction index for steel-stud partitions with plasterboard. Influence of quantity of mineral wool.



Reduktionstal, R dB

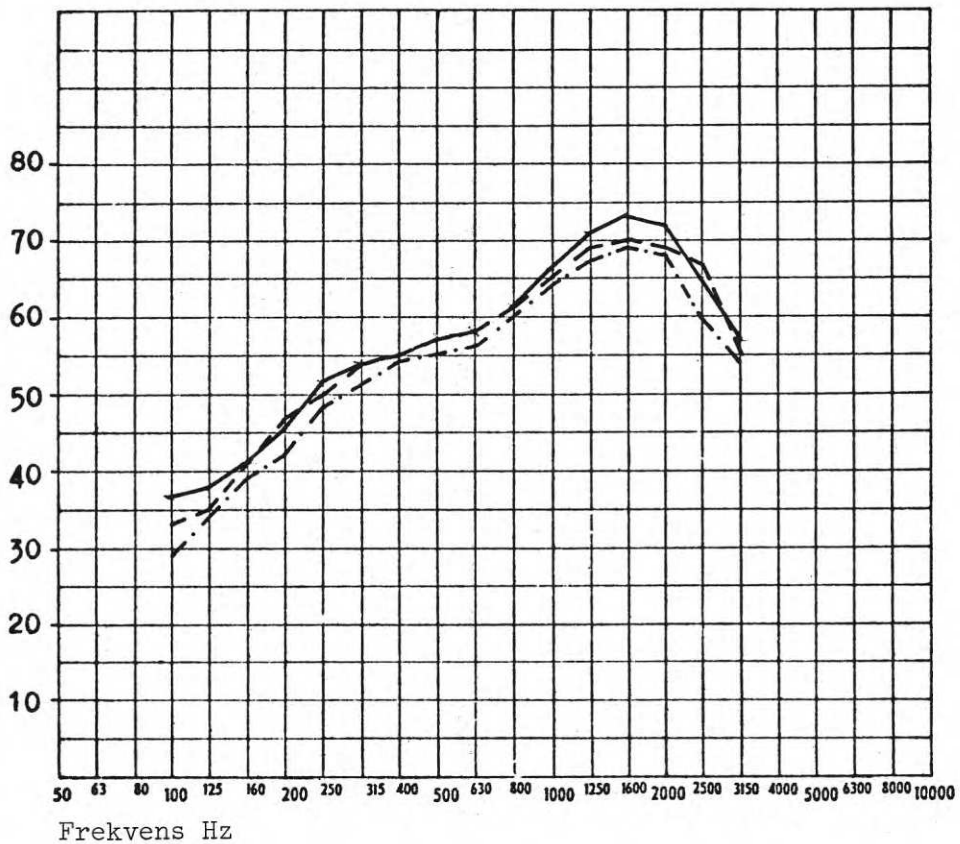
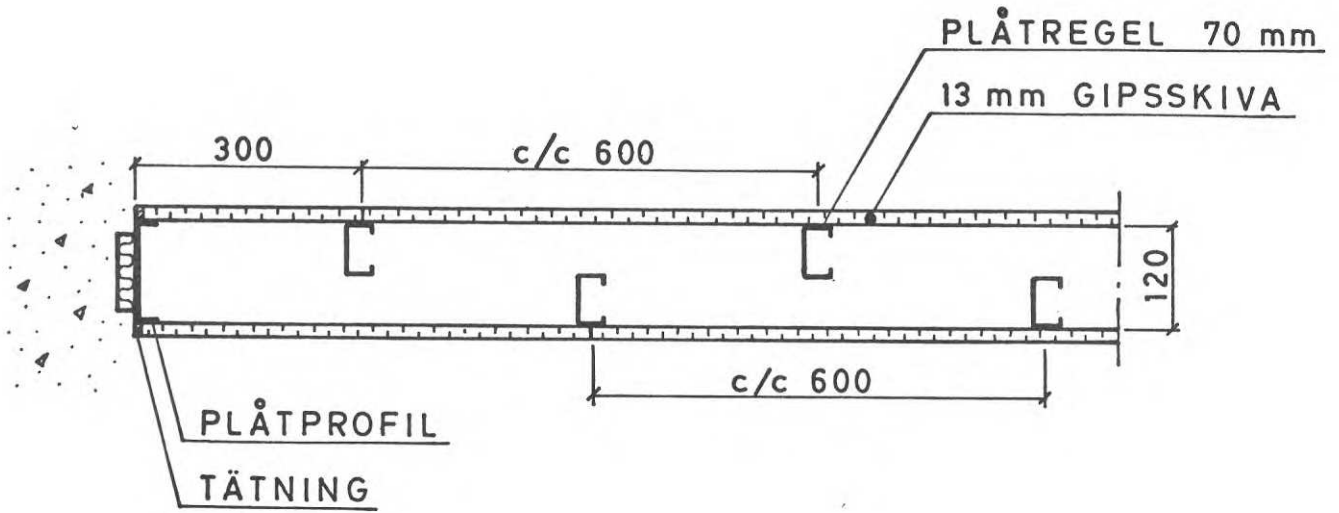


FIG. 4:21. Reduktionstal för stålregelväggar med gipsskivor. Inverkan av ullmängd.

Sound reduction index for steel-stud partitions with plasterboard. Influence of quantity of mineral wool.



$$\bar{R} = 41 \text{ dB}$$

$$\text{LAB } I_a = 42 \text{ dB}$$

Reduktionstal, R dB

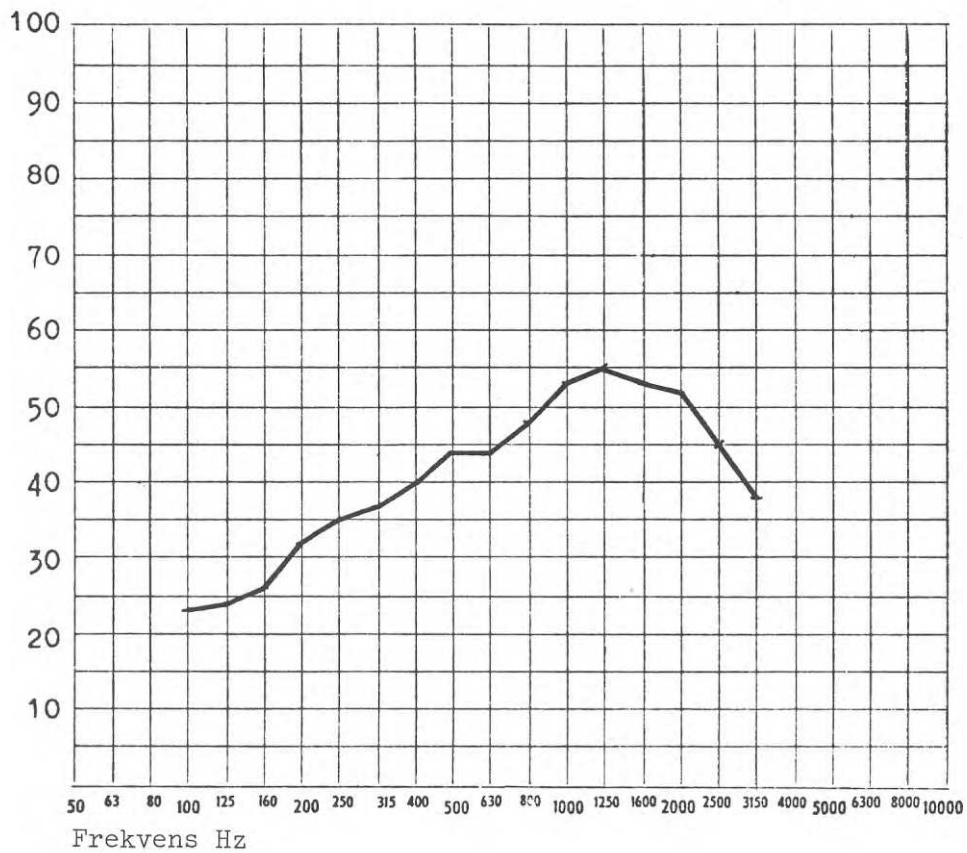
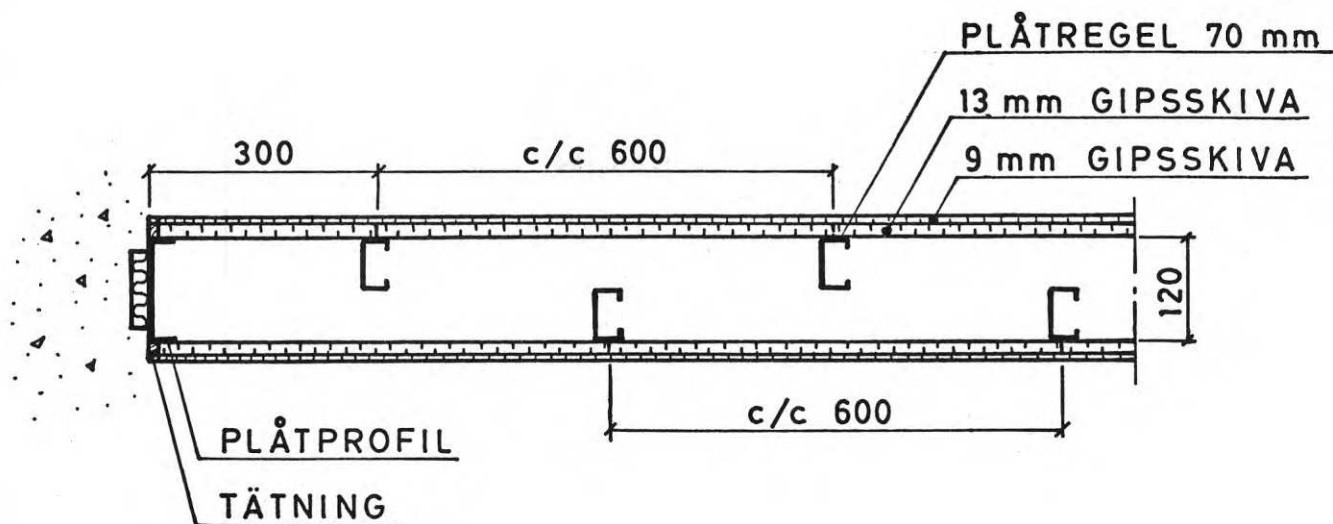


FIG. 4:22. Reduktionstal för gipsskivevägg.

Sound reduction index for plasterboard partition.



$$\bar{R} = 47 \text{ dB}$$

$$\text{LAB } I_a = 50 \text{ dB}$$

Reduktionstal, R dB

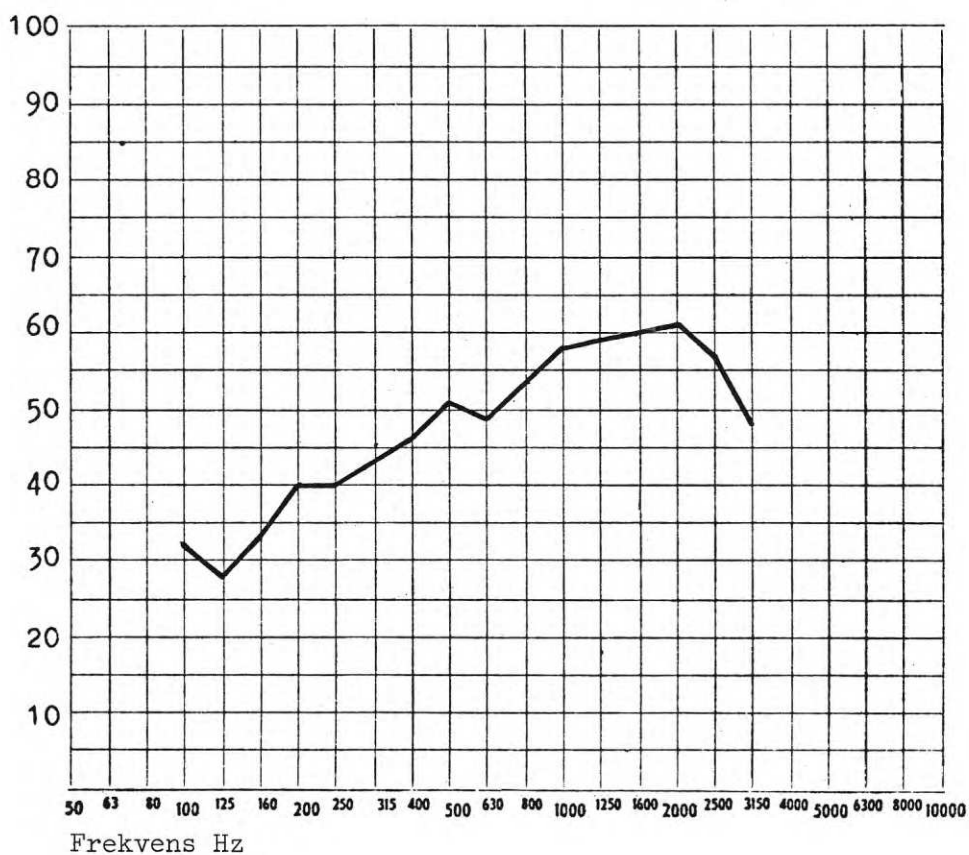
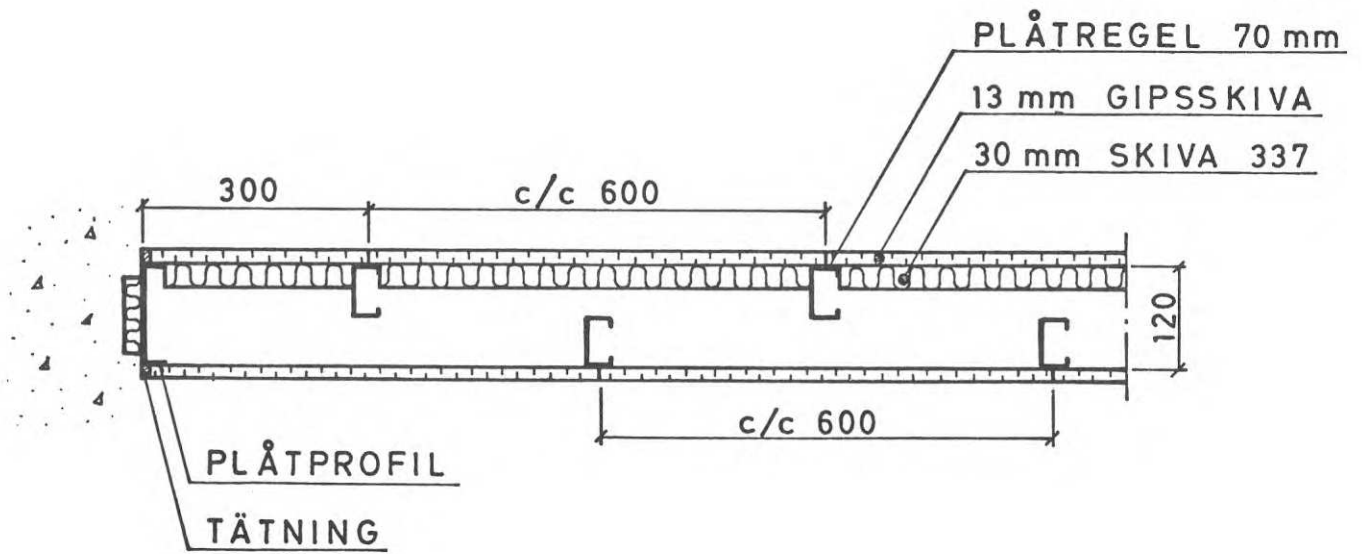


FIG. 4:23. Reduktionstal för gipsskivevägg.

Sound reduction index for plasterboard partition.



$$\bar{R} = 48 \text{ dB}$$

$$\text{LAB } I_a = 50 \text{ dB}$$

Reduktionstal, R dB

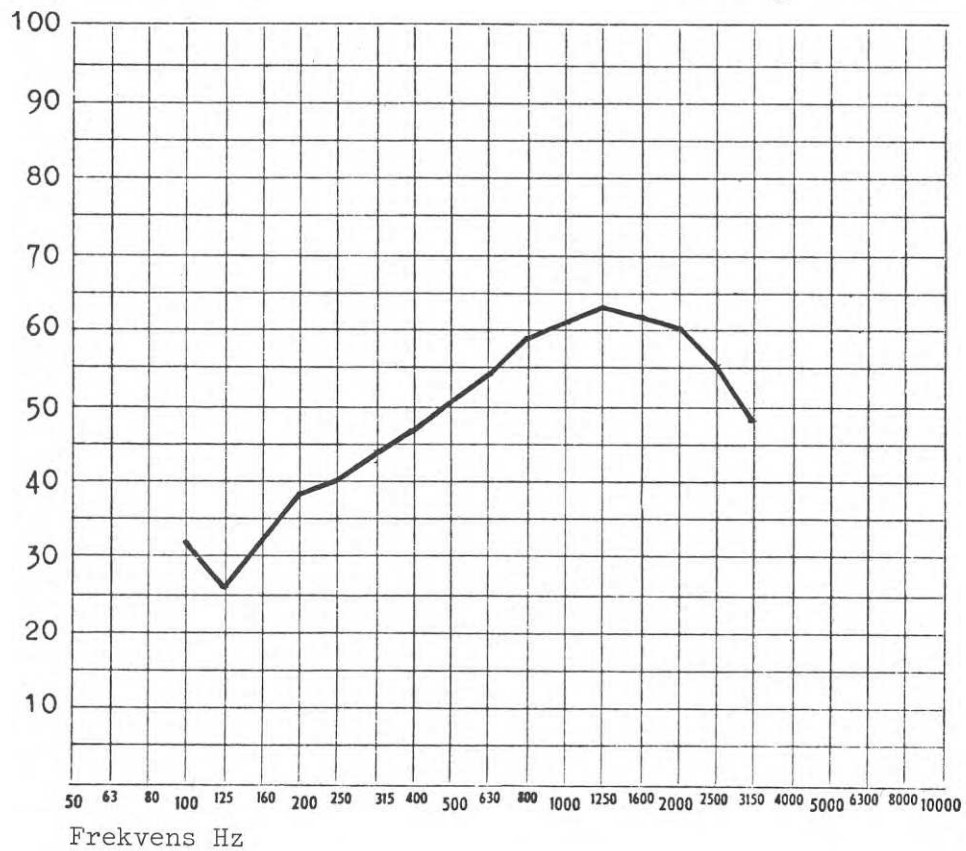
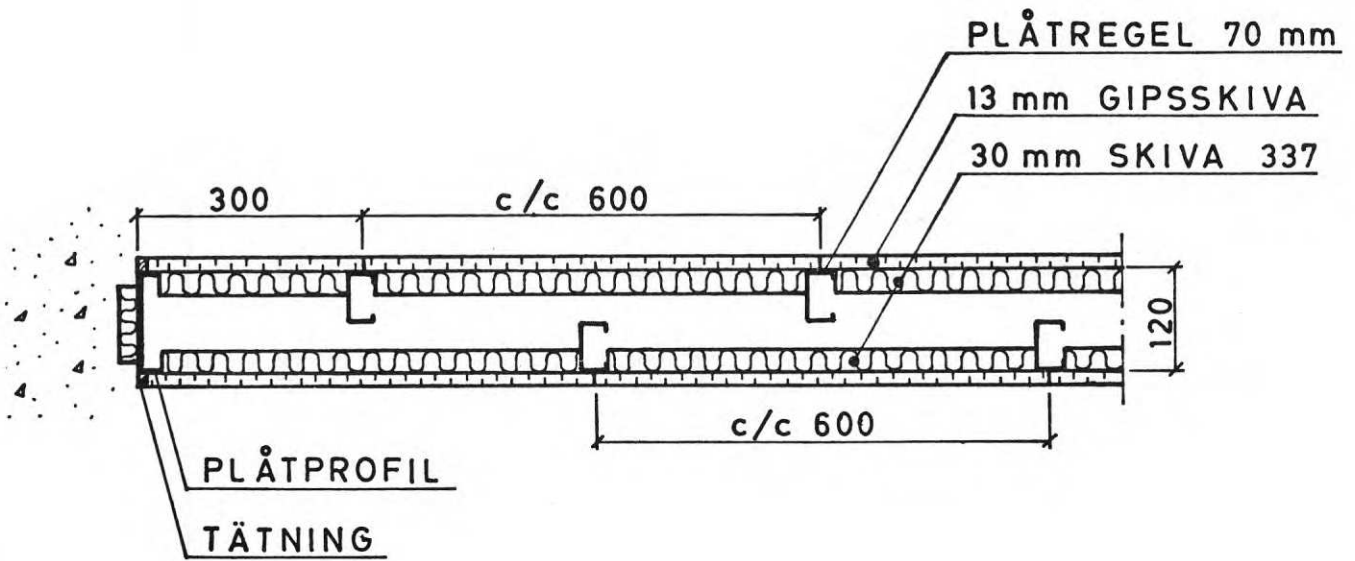


FIG. 4:24. Reduktionstal för gipsskivevägg.

Sound reduction index for plasterboard partition.



Reduktionstal, R dB

$\bar{R} = 52$ dB

LAB $I_a = 52$ dB

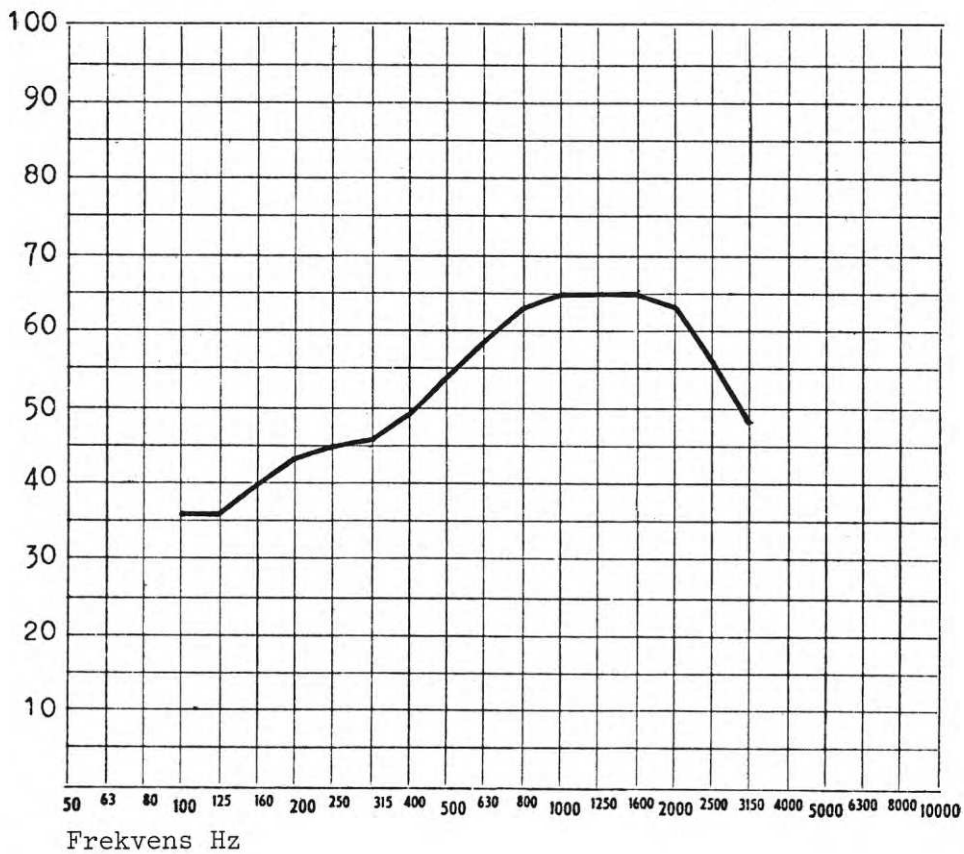
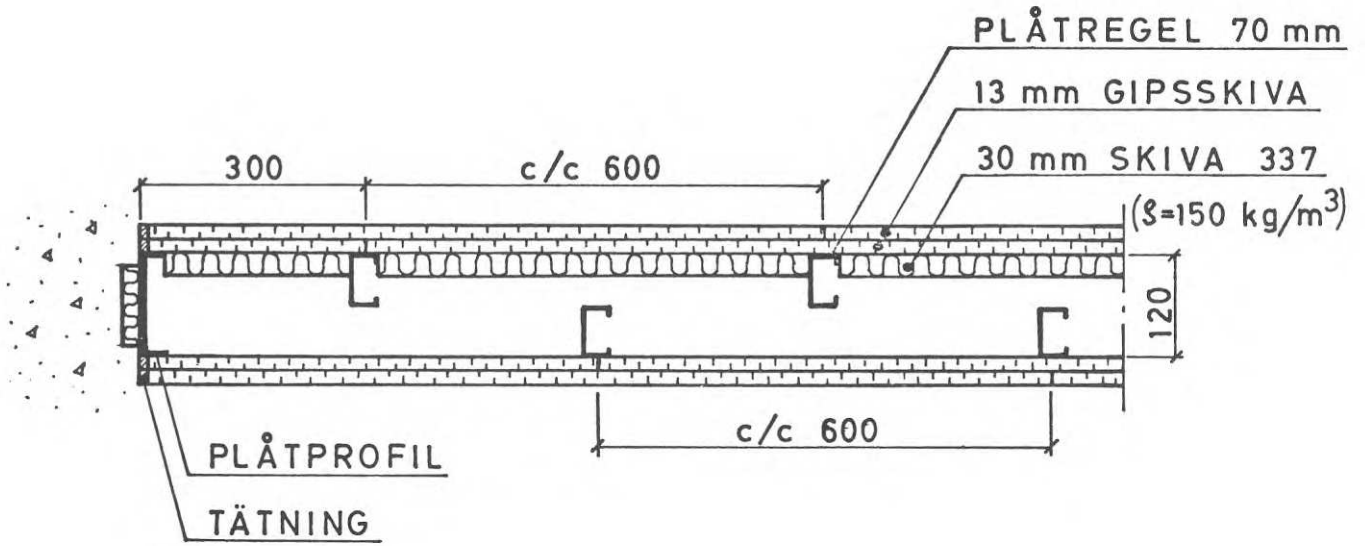


FIG. 4:25. Reduktionstal för gipsskivevägg.

Sound reduction index for plasterboard partition.



$$\bar{R} = 56 \text{ dB}$$

$$\text{LAB } I_a = 59 \text{ dB}$$

Reduktionstal, R dB

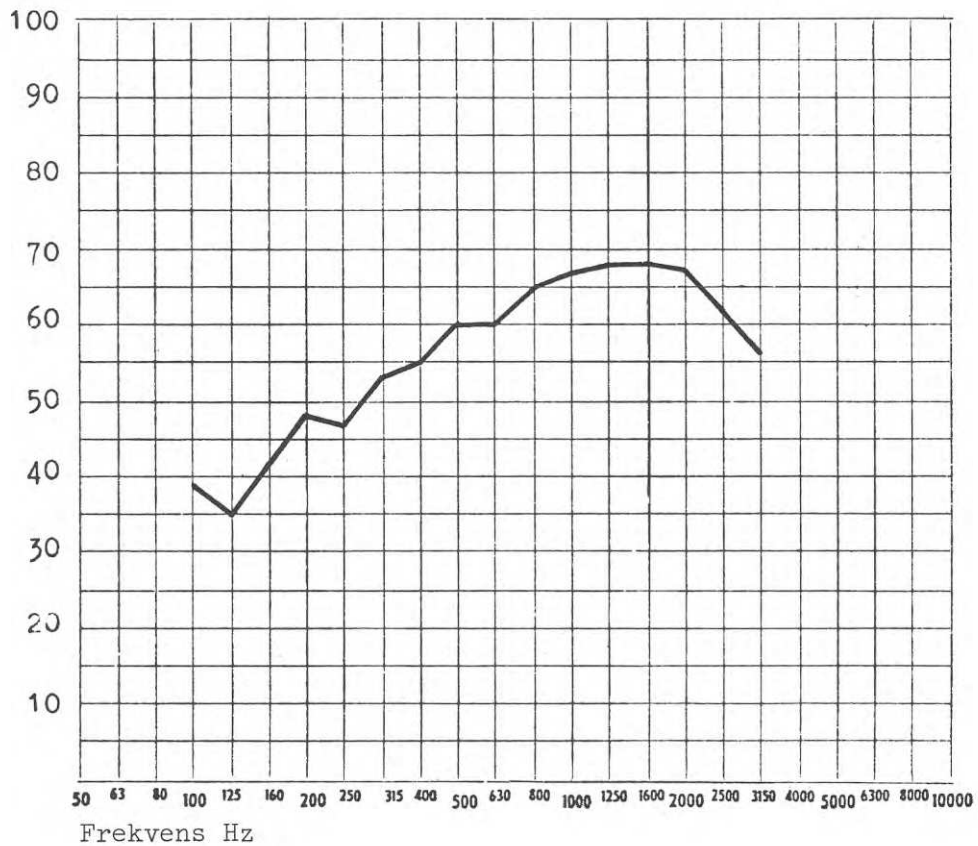
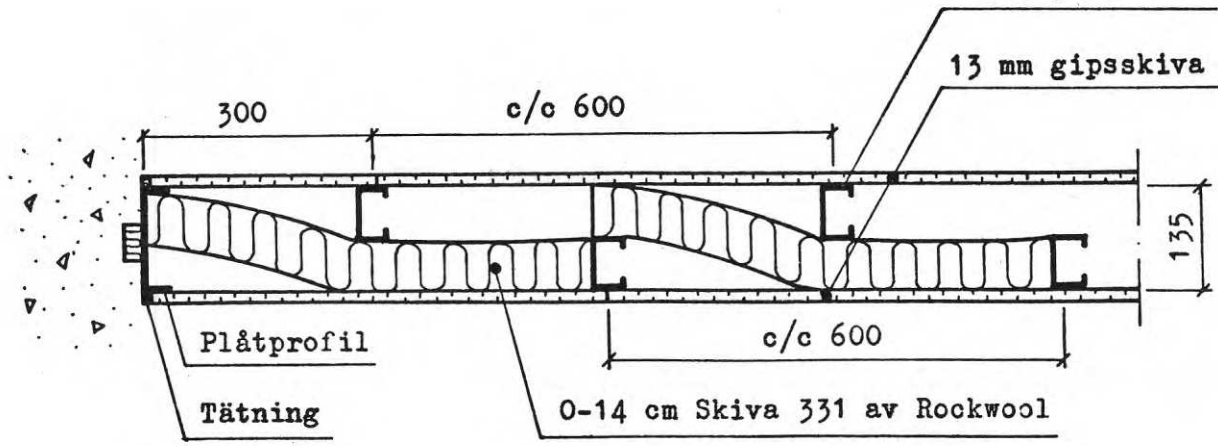


FIG. 4:26. Reduktionstal för gipsskivevägg.

Sound reduction index for plasterboard partition.



<u>Kurva</u>	<u>Isolertjocklek, cm</u>	<u>\bar{R}, dB</u>	<u>LAB I_a, dB</u>
—————	0	41	41
-----	3	48	46
— . — . — .	7	51	50
.....	14	54	54

Reduktionstal, R dB

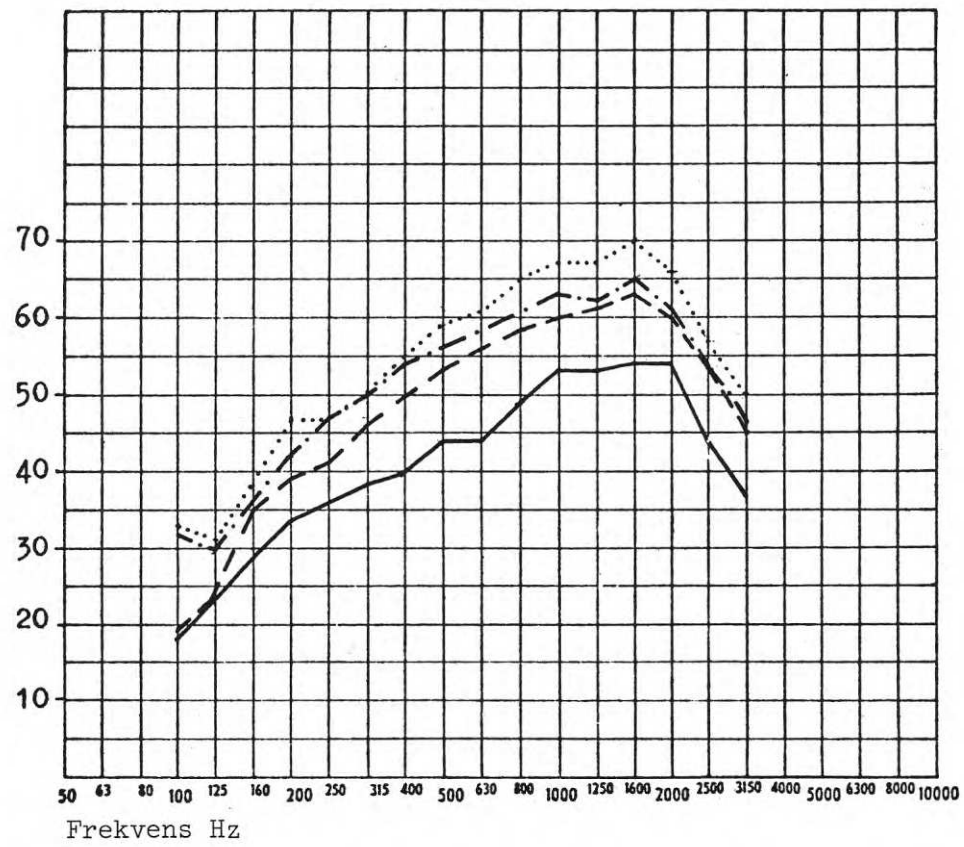
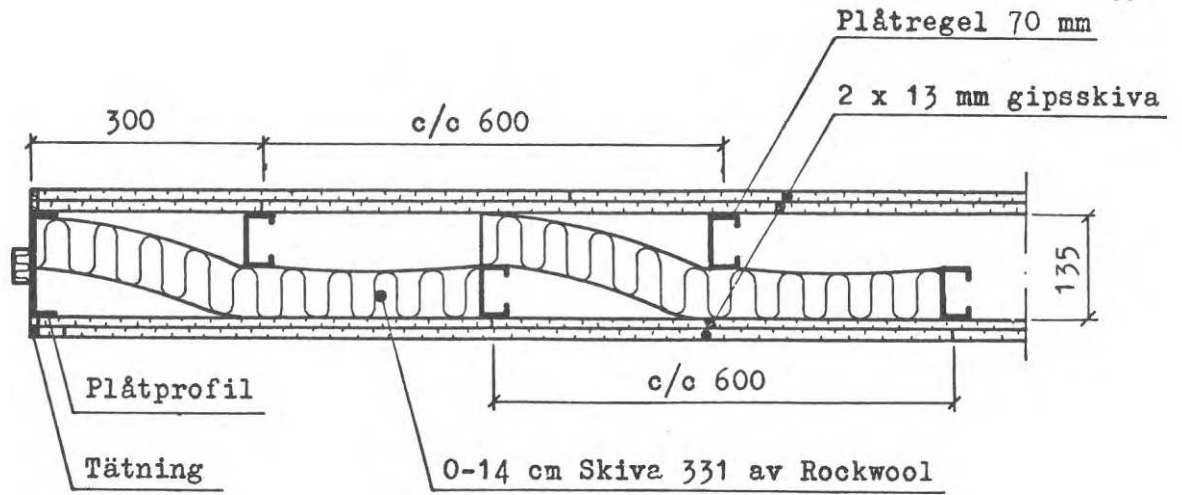


FIG. 4:27. Reduktionstal för gipsskiveväggar.

Sound reduction index for plasterboard partitions.



<u>Kurva</u>	<u>Isolertjocklek, cm</u>	<u>\bar{R}, dB</u>	<u>LAB I_a, dB</u>
—————	0	50	52
- - - - -	3	56	59
— · — · —	7	57	60
·······	14	59	61

Reduktionstal, R dB

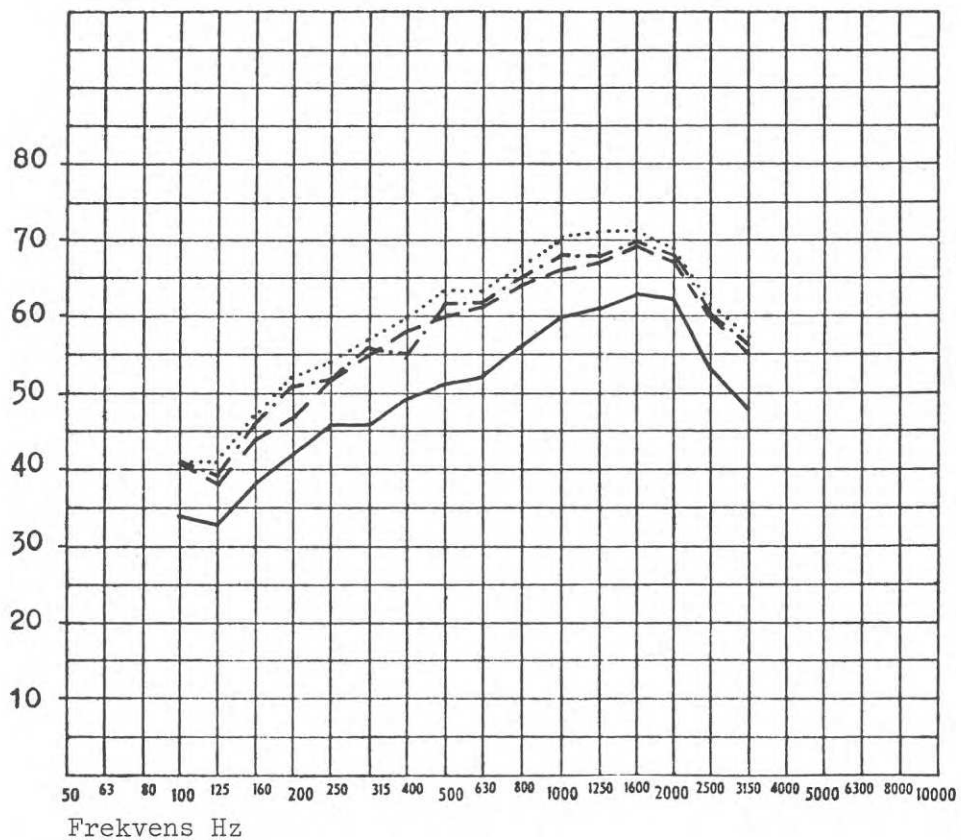


FIG. 4:28. Reduktionstal för gipsskiveväggar.

Sound reduction index for plasterboard partitions.

5 STEGLJUDSISOLERING

Tekn lic Sven Lindblad
 FJÄDRANDE GOLVBELÄGGNINGARS INVERKAN PÅ
 STEGLJUDSISOLERING

Mjuka golvbeläggnings inverkan på stegljudsisoleringen har vissa likheter med fjädrande uppställningars inverkan på ljudtransmissionen från maskin - bjälklaget. Nedanstående transmissionsfunktion har därför ofta tillämpats även på stegljudsproblem:

$$V_{\text{Osd}} = \frac{v_{h0} M/R}{\sqrt{1 + \Omega^4 - 2\Omega^2 + (\eta_0 + \Omega\eta)^2 \Omega^2}} \quad (1)$$

M är hammarens massa och R den rent reella mekaniska impedans som en punktlast ger på ett bjälklag, v_{h0} är hammarens träffhastighet, Ω är den normaliserade frekvensen $\omega/\omega_0 \cdot \omega_0 = \sqrt{K/M}$ där K är fjäderkonstanten för den lokala intryckningen i bjälklaget eller fjädringen i mjuk golvbeläggning med linjära egenskaper, $\eta_0 = \sqrt{KM}/R$ tar hänsyn till fjädringsförluster genom bjälklagsimpedansen. Termen $\Omega\eta$ har tillfogats genom kvasilinjär teori för att ta hänsyn till relaxationsförlusterna i mattans fjädring.

Det typiska för denna funktion är att amplituden blir stor när $\Omega = 1$, dvs man får en pol eller en försämring jämfört med förhållandena utan en fjädrande beläggning. För att denna pol skall uppkomma fordras att hammaren stannar kvar vid golvbeläggnings och vibrerar ett antal perioder. Detta kräver emellertid att hammaren förses med klister eller att den hålls kvar genom tyngdkraften. Tyngdaccelerationen är dock försumbar i detta sammanhang, varför hammaren efter en halvperiod lämnar bjälklaget eller golvbeläggnings. Detta avbrott medför en modifikation hos spektrat i täljaren så att inverkan av nollstället i nämnaren elimineras. Spektrum för ett slag mot linjärt fjädrande golvbeläggning på ett bjälklag och med kvasilinjär hänsyn tagen till inre förluster i fjädringen får därför istället följande utseende:

$$V_{\text{Ord}}(\omega) = \frac{v_{h0} \frac{M}{R} \sqrt{1 + e^{-\pi(\eta_0 + \Omega\eta) / \sqrt{1 - \frac{1}{4}(\eta_0 + \Omega\eta)^2}}}}{\sqrt{1 + \Omega^4 - 2\Omega^2 + \frac{1}{4}(\eta_0 + \Omega\eta)^2 \Omega^2}} + \dots \quad (2)$$

$$\dots + 2e^{-\pi(\eta_0 + \Omega\eta)/2 \sqrt{1 - (\eta_0 \cdot \Omega\eta)^2}} \cos\left(\frac{\pi\Omega}{\sqrt{1 - \frac{1}{4}(\eta_0 + \Omega\eta)^2}}\right)$$

V_{Ord} gäller tills $\eta_0 + \Omega\eta = 2$ i vilket läge den överensstämmer med V_{Osd} . För högre värden på förlusterna kan inte hammaren studsa varför V_{Ord} inte existerar. Stora förluster innebär alltså, att man direkt kan tillämpa ekvation (1) för det vanliga fjädringssystemet även på slag.

För att använda dessa uttryck måste man känna fjäderkonstanten för mattan. Fjäderkonstanten kan mätas med ett resonanssystem bestående av en hammarliknande anordning som bringas att svänga på elektrodynamisk väg. För en ISO-hammare visade sig denna resonansfrekvens bli betydligt lägre än brytfrekvensen vilken erhålls ur stegljudsmätningar. Detta misstänktes bero på hammarens sfäriska yta, varför prov gjordes med plan hammare. Även i detta fall blev emellertid resonansfrekvensen lägre än den som visas som brytpunkt i stegljudsmätningarna. En annan skillnad mellan beräknade och mätta kurvor var att lutningen var större för de mätta kurvorna över stegljudsförbättring än vad som erhålles med den linjära teorin. Båda dessa skillnader tyder på olinjäritet i golvbeläggningens fjädring.

Med linjär fjädring blir kraftpulsens för hammarslaget en sinuspuls. Spektrum för denna faller vid höga frekvenser 12 dB/oktav. En sinkvadratpuls har däremot ett spektrum som vid höga frekvenser faller med 18 dB/oktav. En sinkvadratpuls kan uppstå genom en fjädring som är mycket lik en hårdnande fjädring med rent kvadratisk karakteristik. Om man ansätter fjädringskraften som ett polynom $F(x) = \sum a_n x^n$, där x är intryckningen, kan man som förstaapproximation anta, att varje term producerar en \sin^n -term i kraftfunktionen. Då kraften är andraderivatan av intryckningsfunktionen, distorderas nämligen kraftfunktionen oerhört mycket starkare än intryckningsfunktionen. Om man till en början försummar förlusterna för över-skådlighetens skull, kan man få upp ett spektrum med följande utseende:

$$F(\omega)/\omega_0 x_0^M = \sum_0^D 2n+1 \frac{\cos(\omega\pi/2\omega_0)}{\prod_0^n (1-(\omega/(2n+1)\omega_0)^2)} + \sum_1^D 2n \frac{2\omega_0 \sin(\omega\pi/2\omega_0)}{\pi\omega \prod_1^n (1-(\omega/2n\omega_0)^2)} \quad (3)$$

ω_0 är härövan π/T , där T är tiden för kraftpulsen. För en given kraftpulstid sker alltså en viss förskjutning av brytpunkten mot högre frekvenser ju högre gradtalet är på fjädringens karakteristiska kurva. Termer med sinus i täljaren har även udda nämnare så att man undgår pol eller nollställe för $\omega = 0$.

Om man vill ta hänsyn till inre förluster kan man ansätta intryckningspulsen på följande mer allmänna form:

$$x(t) = \text{Re} (e^{s_1 t} - e^{s_2 t}) x_0 \quad (4)$$

För underkritiskt dämpat system blir $s_{1,2} = \pm i\omega_1 - \sigma_1$

$$F_n(i\omega) = x_0 a_n \sum_0^n \binom{n}{m} (-1)^m \frac{1 - e^{i\omega T} e^{i\omega_1(n-2m) - \sigma_1 n}}{i\omega - (n-2m)i\omega_1 + n\sigma_1} \quad (5)$$

För det överkritiskt dämpade systemet får man sätta såväl s_1 som s_2 reella och förslagsvis $s_1 = -\sigma_1$ och $s_2 = -\sigma_2$, varvid man erhåller följande uttryck:

$$F_n(\omega) = x_0 a_n \sum_0^n \binom{n}{m} \frac{1}{i\omega + (n-m)\sigma_1 + m\sigma_2} = x_0 a_n \frac{\text{const}}{\prod_0^n (i\omega + (n-m)\sigma_1 + m\sigma_2)} \quad (6)$$

För praktisk tillämpning kan det räcka med att ta med de 4 första termerna i visade spektra. Man kan rita upp var och en av spektraltermerna och variera på den arbiträra konstanten a_n och på så sätt anpassa dessa kända spektraltermen till upp-mätta stegljudsspektra.

Det bör anmärkas att ickelinjära systemet här ger homogen differentialekvation om man försummar tyngdkraften, varför exakt lösning är möjlig, om man känner intryckningskurvan. Problemet är dock ganska besvärligt, då man sedan skall gå över till spektrum. Det visade sig att approximation av lösningen med hjälp av termer med kända spektra gav en god överensstämmelse med och förklaring av de spektra och förbättringskurvor som observeras vid mätningar.

Förutom nämnda mätningar av resonansfrekvens för en hammare placerad på en golvbeläggning gjordes statistiska intryckningsmätningar. Dessa visade icke-linjära karaktären av fjädringen i mattor, men gav samtidigt felaktiga kurvor framförallt för mattor där den inestängda luften har stor betydelse i fjädringen, vilket gäller för effektiva golvbeläggningar som skumgummi och tjock filt.

Vid mätning på system med icke-linjära egenskaper kan inte testkraften väljas arbiträrt så som vid linjära system. Frågan uppkommer då om hammarapparaten ger krafter av samma storleksordning som ett verkligt steg. Skillnader i andra hänseenden mellan hammarapparat och ett verkligt steg lämnas här åt sidan. Jämförelser med mätningar gjorda för verkligt steg visar oftast betydligt lägre krafter. Effekten på stegljudspektra och förbättringskurvor av en hammarapparat som ger upphov till lägre krafter studerades genom att modifiera en ISO-hammarapparat så att förutom hammarfallhöjden, 40 mm, även 12,6 och 4 mm kunde användas. Mätningarna med denna modifierade apparat visade att skillnader i förbättringskurvor alltid förekom. Skillnaden skulle varit noll om fjädringen hade varit linjär. Skillnaden blev dock ganska liten för mattor som i kalkylerna visat sig ha en dominerande term i fjädringen av andra- eller tredjegradskaraktären, t ex vinylmatta på kork eller tämligen hård skumplast. Mattor med mjukare beläggning såsom plastfiltmattor gav stora skillnader. Det skedde en förskjutning mellan dominerande termer, då hammarkraften ändrades genom de olika fallhöjderna.

Av denna undersökning kan inte dras några slutsatser för eller emot hammarapparaten. Den linjära teori som ofta anges i samband med hammarapparaten bör emellertid användas med stor försiktighet. Den fjäderkonstant som anges i den linjära teorin är i själva verket ofta omöjlig att bestämma, då någon linjär fjäderkonstant inte existerar utom för ett mycket litet område av intryckningsfunktionen. Vid studium av golvbeläggningar bör naturligtvis intryckningsfunktionen studeras. Detta måste emellertid ske i en apparat som kan åstadkomma en intryckningshastighet av samma storleksordning som slaget i hammarapparaten, då luftens fjädring i de flesta material som ger god stegljudsisolering har stor inverkan och dessutom förlusterna i golvbeläggningarna ofta är av relaxationstyp.

Denna undersökning har endast gällt fjädrande golvbeläggning på tjocka homogena betongbjälklag. Studiet har alltså endast rört en liten detalj i hela komplexet som berör stegljudsisolering. Linjär och olinjär fjädring med förluster på flytande golv av skilda typer och på plattor på regler är alltså system som kommer att behandlas. Ett annat mycket intressant fjädringssystem utgör den fjädrande golvbeläggningen med hårt överskikt som fordrar speciell behandling. I det pågående arbetet har en lösning för denna fjädring med linjär typ framtagits, medan den olinjära saknas. Inför diskussion av modifiering av hammarapparaten måste dessutom det dynamiska systemet vid kalkylerna kompletteras så att med steget analogt system erhålles. Deluppgifterna för fortsatta uppgifter inom detta fält är således många.

Ing Gunnar Widén
 METOD FÖR FÖRHANDBESTÄMNING AV STEGLJUDSISO-
 LERING VID MASSIVBJÄLKLAG I BETONG MED MJUKA
 GOLVBELÄGGNINGAR

I Svensk Byggnorm 1967 förekommer två krav på stegljuds-
 isolering, betecknade $I_i = 63$ dB och $I_i = 68$ dB. Syftet med
 det här redovisade arbetet har varit att få fram en metod,
 genom vilken man på förhand kan bedöma stegljudsisoleringen
 hos massiva betongbjälklag med mjuk golvbeläggning.

Bedömning av stegljudsisoleringen genom användandet av den
 standardiserade hammarapparaten har upprepade gånger ut-
 satts för kritik. Någon annan praktisk användbar metod, som
 är entydigt bättre, har hittills dock ej konstruerats. Dessutom
 kommer i resonemanget ofta det faktum bort, att de uppställda
 kraven på högsta stegljudsnivåer har tillkommit för att isolera
 även mot andra typer av ljud, t ex stolskrap, slagljud osv.

Genom att jämföra de uppmätta stegljudsnivåerna, som erhålls
 när ett bjälklag bearbetas av hammarapparaten, med en refe-
 renskurva kan det aktuella bjälklagets I_i -värde fastställas.
 Det vore av intresse att få fram s k "hjälpkrav" på vilken steg-
 ljudsförminskande effekt som krävs av mjuka golvbeläggningar
 vid olika bjälklagstjocklekar, för att kraven i Svensk Byggnorm
 skall uppfyllas. Genom att subtrahera kravkurvorna i Svensk
 Byggnorm från råbjälklagets stegljudsnivå erhålls som diffe-
 rens hjälpkravet, dvs. den reducering av stegljudsnivån som
 golvbeläggningsen skall uppfylla.

Stegljudsnivån för råbjälklag

Vi har sökt finna en generell formel för beräkning av stegljuds-
 nivå. Denna ger dock ej tillräckligt underbyggda värden. Ge-
 nom att statistiskt bearbeta tillgängligt mätmaterial erhålles
 empiriska korrigeringar av de beräknade nivåerna, så att
 dimensionerande stegljudsnivåer för de aktuella bjälklagstjock-
 lekarna kan bestämmas.

Stegljudsalstring med hammarapparaten innebär fysikaliskt att
 en punktformig växelkraft ansätts mot en ändlig platta. Härvid
 reflekteras de utgående böjningsvågorna vid plattans kanter
 med stående vågor och resonanser vid diskreta frekvenser som
 följd, se FIG. 5:1. I figuren visas böjningsvågens hastighets-
 amplitud v som funktion av frekvensen, när ansättningspunk-
 ten ligger i plattans mittpunkt. Hastighetstopparna markerar
 resonansfrekvenser. För att bestämma bjälklagets stegljuds-
 nivå beräknas först växelkraften från hammarapparaten inom
 ett tersoktavband. Därefter kan effektiva medelvärdet av has-
 tighetsamplituden över bjälklagsplattan bestämmas, och där-
 med den utstrålade akustiska effekten. Genom att antaga att
 flanktransmissionen är försumbar, samt ett normalvärde på
 rummets diffusitet, erhålles följande generella formel för
 massivbjälklagets stegljudsnivå:

$$L_{10} = 131 - 30 \log h - 15 \log f - 10 \log \eta - 5 \log E + 10 \log s$$

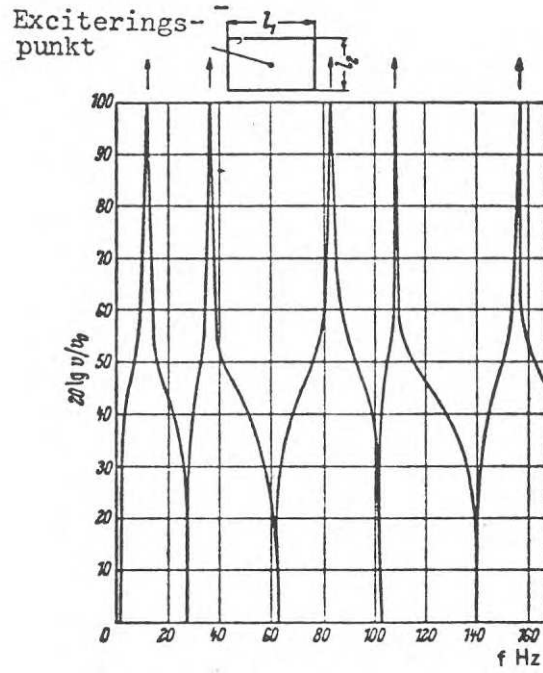


FIG. 5:1. Hastighetsamplituden v som funktion av f , när ansättningspunkten ligger i plattans mittpunkt. $l_1:l_2 = 3$. (Från Cremer & Heckl.)

Velocity amplitude v as a function of f , when the point of excitation is at the midpoint of the slab. $l_1:l_2 = 3$. (From Cremer & Heckl).

h = bjälklagets tjocklek

ρ = materialets volymvikt

η = materialets skenbara förlustfaktor

E = materialets dynamiska elasticitetsmodul

s = strålningsfaktorn

Genom att sätta in normala värden för materialegenskaperna hos betong i formeln, erhålls följande formel för bestämning av stegljudsnivån, då $h \geq 10$ cm, inom frekvensområdet 100-3150 Hz:

$$L_{10} = 46 - 30 \log h \text{ dB}$$

Vid en ändring av bjälklagstjockleken erhålls

$$L_{10_2} = L_{10_1} + 30 \log \frac{h_1}{h_2} \text{ dB}$$

För 16 cm betongbjälklag erhålls $L_{10} = 70$ dB. Man observerar att värdet är frekvensoberoende.

För att kontrollera de beräknade värdena har en inventering gjorts av mätningar i byggnader på betongbjälklag med tjocklekar mellan 10 och 30 cm. Det största jämförelsematerialet finns för 16 cm betongbjälklag. I FIG. 5:2 visas resultatet av 14 mätningar i olika byggnader. Man ser att stegljudsnivån ökas med stigande frekvens, till skillnad från det beräknade värdet. Detta beror på att förlustfaktorn i själva verket är frekvensberoende. Sambandet är dock ej närmare känt.

Skillnaden mellan uppmätta och beräknade stegljudsnivåer blir stor i det lägre frekvensområdet. Då den skenbara förlustfaktorns kvantitativa frekvensberoende ej är känt, korrigeras den beräknade kurvan enligt figuren. Sänkningen av kurvan i frekvensområdet under 315 Hz motsvarar en höjning av förlustfaktorn, som vid 100 Hz skulle nå ett värde av ca 6%, vilket framstår som rimligt vid jämförelse med tillgängliga uppgifter om förlustfaktorn. Dimensionerande stegljudsnivåer som erhålls för de aktuella bjälklagstjocklekarna redovisas i FIG. 5:3.

Golvbeläggnings stegljudsminskande förmåga




Om ett hårt bjälklag förses med ett mer elastiskt ytskikt, verkar detta som en fjäder och dämpar impulsen från hammaren på hammarapparaten. Dämpningen sätter in vid resonansfrekvensen f_0 och ökar med 12 dB/oktav. Se FIG. 5:4.

$$f_0 = \sqrt{K/4 \pi^2 \cdot m} = \sqrt{E_d \cdot A/h \cdot 4 \pi^2 \cdot m}$$

E_d = golvbeläggnings dynamiska E-modul

A = hammarapparatens anslagsyta

h = golvbeläggnings tjocklek

 Max.- o. min.värden.
 Medelvärde.
 Beräknad stegljudsnivå.

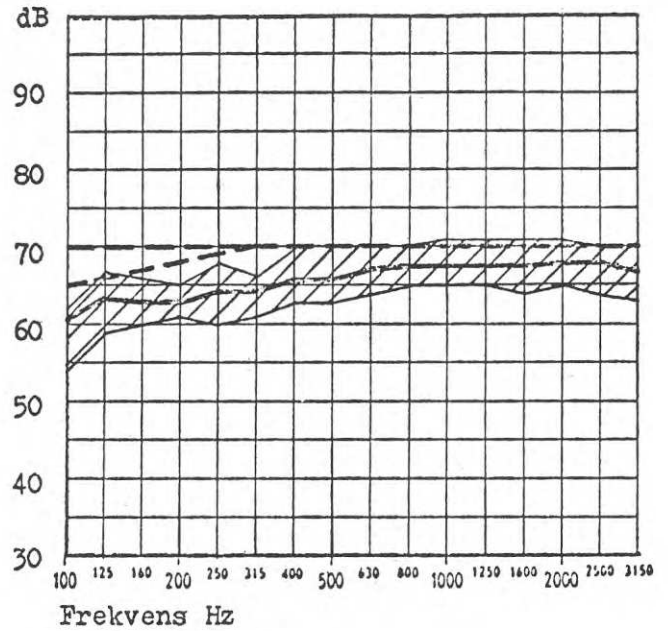


FIG. 5:2. Stegljudsnivån L_{10} för 16 cm betongbjälklag. Resultat av 14 mätningar i olika byggnader.

Impact sound level L_{10} for 16-cm concrete floor slab. Results of 14 measurements in different buildings.

1. 10 cm betongbjälklag
2. 16 cm "
3. 20 cm "
4. 25 cm "
5. 30 cm "

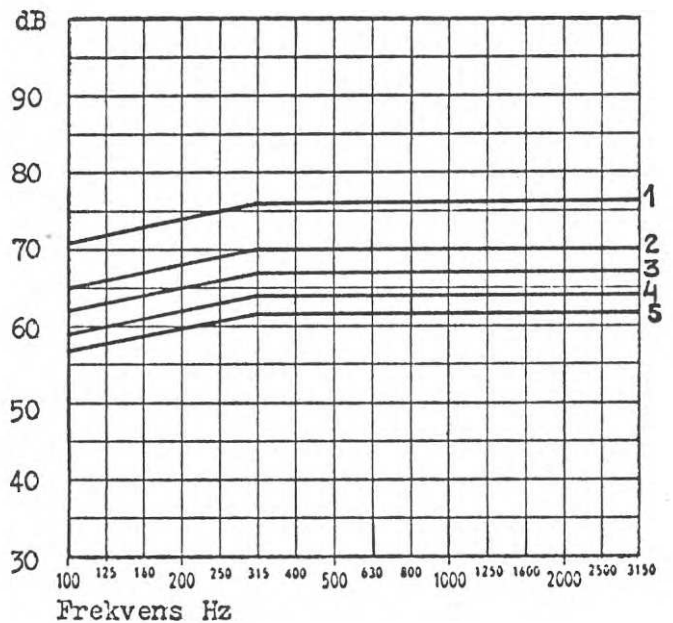


FIG. 5:3. Dimensionerande stegljudsnivåer.

Design chart for impact sound level.

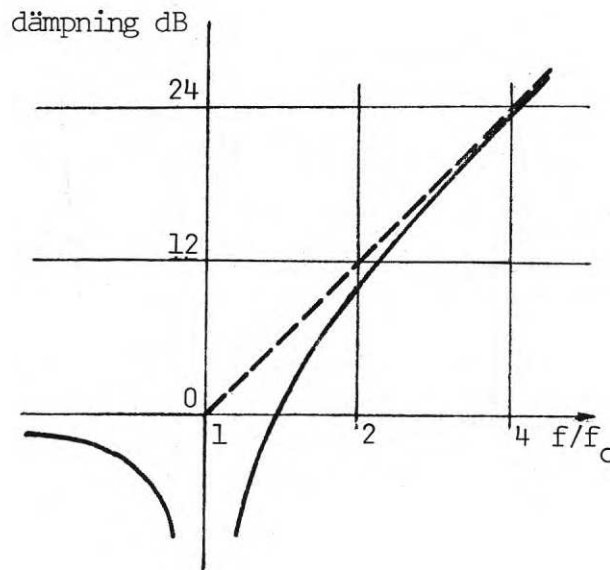


FIG. 5:4. Dämpning vid elastiskt ytskikt på hårt underlag.
 Dämpningen = $20 \log |1 - (f/f_0)^2|$.
 Vid $f/f_0 = 1$ inträffar resonans, varvid dock golvbeläggningsens inre dämpning inverkar så att dämpningen blir ≈ 0 . Förloppet kan approximeras till dämpningen = $20 \log (f/f_0)^2$.

Level reduction due to elastic covering on a hard material.
 Level reduction = $20 \log |1 - (f/f_0)^2|$.
 Resonance occurs at $f/f_0 = 1$. The dissipation of the floor covering is such, however, that the attenuation is approximately nil. The process can be approximated to level reduction = $20 \log (f/f_0)^2$.

För att få ett mått på stegljudsförbättringen är det för närvarande nödvändigt att utföra en fullständig stegljudsmätning på ett provgolv med den aktuella beläggningspålågningen.

I Sovjet har Zaborov m. fl. visat att resonansfrekvensen f_0 är omvänt proportionell mot hammarens intryckningstid i golvbeläggning. Denna intryckningstid kan mätas ganska enkelt, och det verkar på detta sätt vara möjligt att på små provbitar bestämma golvbeläggnings stegljudsminskande egenskaper. Denna metod kommer att utprovas med anslag från Byggeforskningsrådet.

Ett stort antal mätningar på stegljudsförbättringen hos mjuka golvbeläggningar har genomförts, främst i Byggeforskningsregi. Antalet undersökta enkla golvbeläggningar och kombinationer av olika material är stort, men för varje typ finns i regel endast ett fåtal mätningar och ofta endast en. I FIG. 5:5 visas hur generaliserade förbättringskurvor har tagits fram ur mätresultaten, dvs. f_0 har bestämts med hjälp av de empiriska värdena.

Kravkurvor

I och med att råbjälklagets stegljudskurva är känd, kan dess I_i -värde anges. Skillnaden mellan detta värde och kravet i SBN-70 skall motsvaras av golvbeläggnings reducering av I_i -värdet. Mot golvbeläggnings resonansfrekvens svarar en viss reducering av bjälklagets I_i -värde, ΔI_i . Bjälklagskonstruktionens I_i -värde erhålles således genom att man subtraherar golvbeläggnings ΔI_i -värde från råbjälklagets I_i -värde. Se FIG. 5:6 och TABELL 5:1.

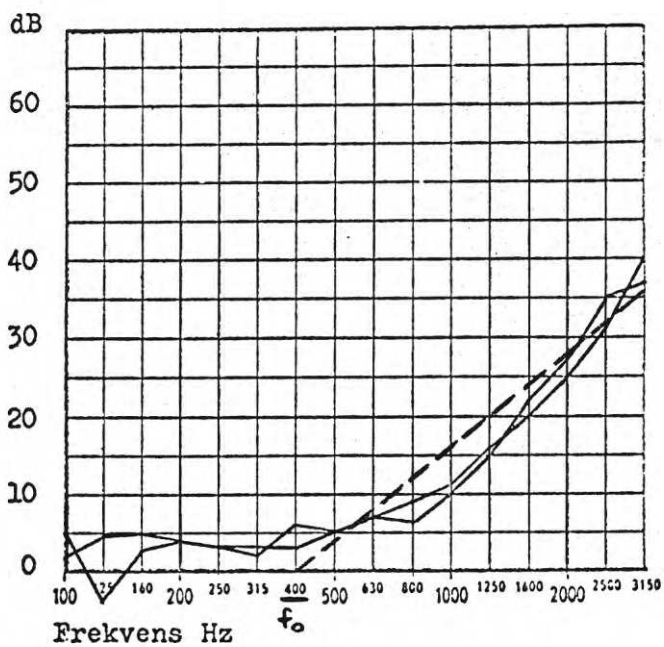
Inverkan av flanktransmission

Inverkan av flanktransmission kan grovt beräknas. Vid vertikal stegljudsisolering har den liten betydelse och kan normalt försummas. Detta beror bl. a. på att stegljudsisoleringen vid mjuka golvbeläggningar oftast bestäms av nivåerna i det lägre frekvensområdet, under det att man för ogynnsamma väggar med avseende på flanktransmission har kraftig strålningsdämpning i det lägre frekvensområdet.

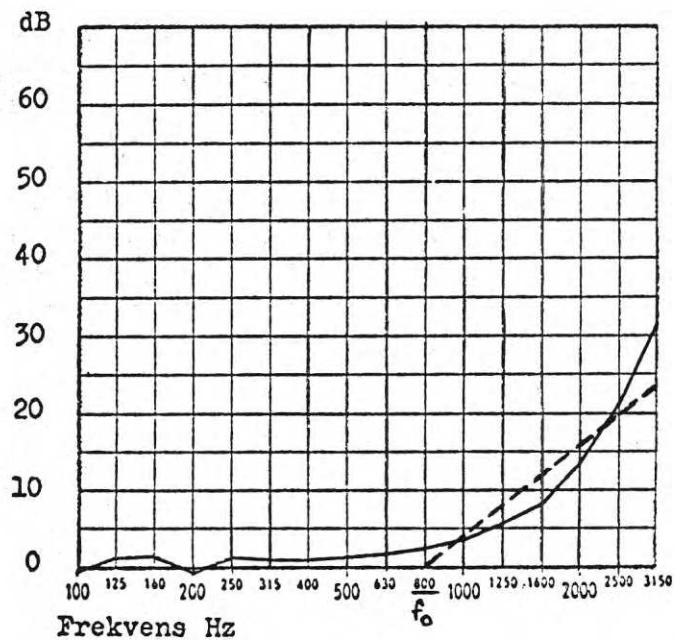
Vid stegljudsisolering i horisontell och diagonal led har flanktransmissionen en avgörande inverkan. Så har t. ex. stegljudsnivån i horisontell led i det tänkta fallet i FIG. 5:7 beräknats bli ca 6 dB högre än den i vertikal led. Detta gäller för frekvenser över ca 600 Hz, som är lättbetongväggs koincidensfrekvens.

Trumljuds nivå. Inverkan på mätnoggrannheten

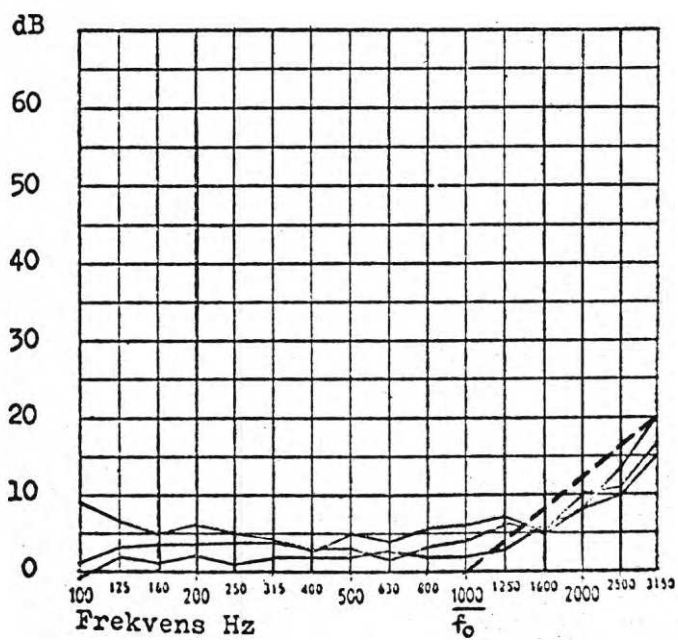
Ett råbjälklag bör enligt teorin utstråla samma ljudeffekt såväl uppåt som nedåt. I verkligheten uppmäter man dock den sk trumljuds nivå i sändarrummet som högre än stegljudsnivån L_{10} . Bl a bidrar direkt ljudutstrålning från hammarapparat till att höja ljudtrycksnivån i sändarrummet. Detta framgår av FIG. 5:8.



Vinylasbest, 2,0 mm, klistrad.
kork, 1,0 mm, klistrad.



Kork-O-Plast, 3,2 mm, klistrad.



Vinylplastmatta på juteväv,
2,0 mm, klistrad.

FIG. 5:5. Underlag för generaliserade förbättringskurvor.

Data for generalised level reduction curves.

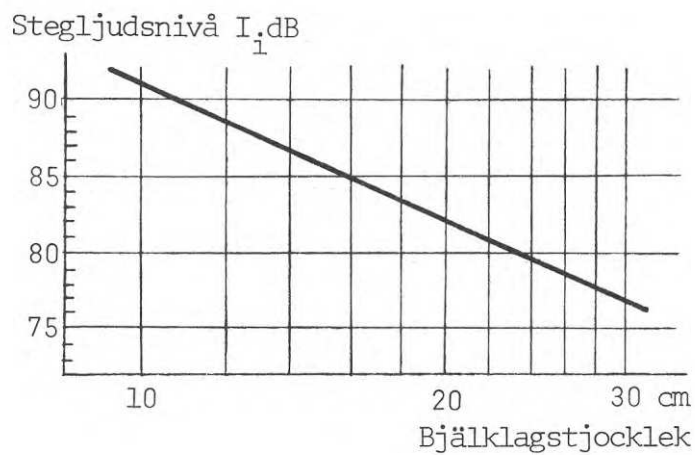


FIG. 5:6. Diagram för bestämning av stegljudsisolering. (Se även TABELL 5:1.)

Diagram for determination of impact sound level. (See also TABLE 5:1.)

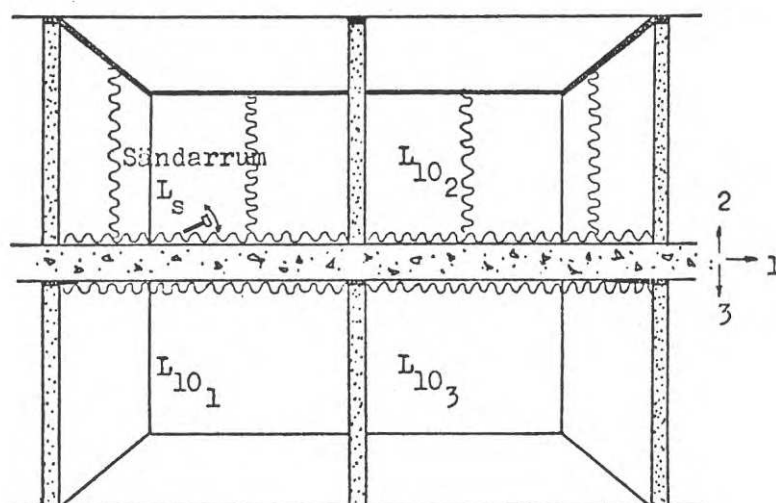
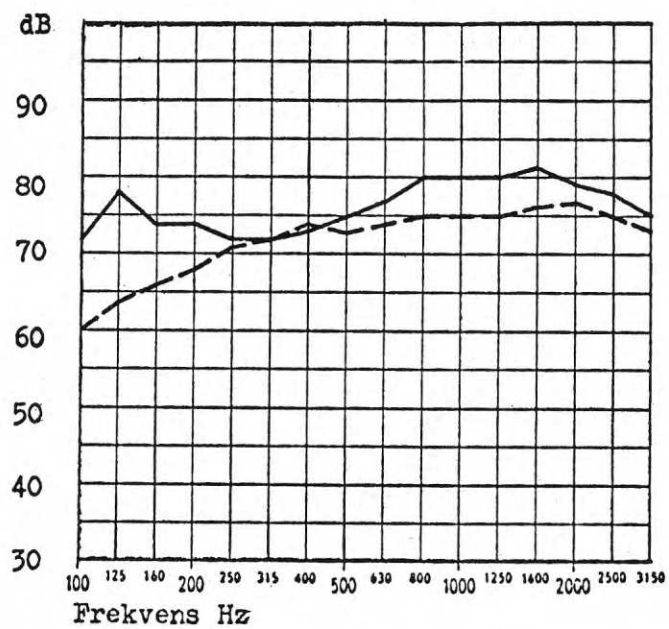


FIG. 5:7. Väggar av lättbetong med vägg tjockleken = halva bjälklagstjockleken. Elastiska mellanlägg vid tak.

Lightweight concrete walls with the wall thickness equal to one half the floor slab thickness. Elastic material at the ceiling.



— Hammarapparat enl. ISO 1948.
 - - - Hammarapparat typ Brüel & Kjaer.

FIG. 5:8. Uppmätt trumljuds nivå på betongbjälklag med olika hammarapparater.

Recorded values of drumming noise level due to different kinds of tapping machine acting on concrete floor slabs.

Om skillnaden mellan det överförda trumljudet och stegljudsnivån i mottagarrummet understiger 10 dB, kommer mätresultatet att påverkas. Det enda fall då detta kan tänkas ske, med de aktuella bjälklagen, är då man mäter stegljudsisoleringen i horisontell led, och luftljudsisoleringen understiger ca $I_a = 35$ dB.

TAB. 5:1. Exempel på mjuka golvbeläggningar, resonansfrekvens och stegljudsminskande förmåga

f_o Hz	ΔI_i dB	Golvbeläggning
2500	3	1-2 mm vinylasbest, klistrad
1600	8	2,5 mm linoleum, klistrad
1250	10	2,0 mm vinylplastplatta, klistrad + YL 400/600, klistrad
1000	12	2,0 mm vinylplastmatta på juteväv, klistrad
800	14	2,5 mm linoleum, löst lagd 2,0 mm vinylplastmatta, klistrad + YK 400/600, klistrad 3,2 mm Kork-O-Plast, klistrad
630	15	2,5 mm linoleum, klistrad + YL 400/600, löst lagd
500	16	2,0 mm linoleum, löst lagd + YK 400/600, löst lagd
400	17	2,5 mm linoleum, klistrad + YL 400/600, löst lagd 2,0 mm vinylasbest, klistrad + 1,0 mm kork, klistrad 2,5-3,5 mm Plast-på-kork, klistrad (vinylplastmatta på korkunderlag) 3,0 mm plastfiltmatta, klistrad
315	19	2,0 mm linoleum, klistrad + KAL 600/500, klistrad (papp med 1-2 mm korksmulor) 4,0 mm plastfiltmatta, klistrad 4,0 mm plastfiltmatta med fiberduk, klistrad 3,5 mm plastskummatta, klistrad
200	22	4,5 mm mjuk heltäckningsmatta, nöthårsboucle, löst lagd 4,7 mm mjuk heltäckningsmatta, klistrad
160	23	4,0 mm nålfiltmatta, löst lagd
100	25/31	6,0 mm mjuk heltäckningsmatta, wiltontyp, löst lagd
50	35/41	11 mm mjuk heltäckningsmatta, löst lagd

6 BOSTADENS BULLERKÄLLOR

Civ ing Per-Olof Renhäll
BULLER FRÅN SANITETSARMATURER

Vid institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH, har gjorts en undersökning av ljudegenskaperna hos sanitetsarmaturerna på den svenska marknaden. Ett 60-tal olika kranar har provats. I bifogade diagram visas i form av medelvärdeskurvor hur ljudalstringen varierar med vattenflöde och tryck hos några grupper av armaturer.

Mätanordningen efterliknar förhållandena vid installationer i praktiken. Armaturen, som skall provas, ansluts till ett rör och detta är fäst vid en vägg, som strålar ut ljudet till ett mätrum, där ljudnivån mäts med A-vägning. Mätresultaten i laboratoriet blir av samma karaktär som vid en verklig installation i en byggnad, men nivån ligger av mättekniska skäl betydligt högre. I stort sett kan man räkna med att Statens planverks krav kommer att uppfyllas av badkarsblandare, om deras ljudnivå ligger under 60 dB i laboratoriet, och av disklåds- och tvättställsblandare, om ljudnivån ligger under 55 dB.

Kurvorna i diagrammen har erhållits genom avläsning och tabellering av bestämda punkter på de uppmätta kurvorna för de enskilda kranarna. Koordinater för de avlästa punkterna var vattentrycken 5, 10, 15, 20, 30, 40 och 60 mvp och flödena 5, 10, 15, 20, 30 ... l/min. Medelvärdet och standardavvikelsen beräknades för varje punkt med hjälp av dator.

I ett diagram med flödet i logaritmisk skala ökar ljudnivån ungefär rätlinjigt med flödet. FIG. 6:1 visar medelvärdeskurvorna för badkarsblandare vid tappning till kar. Ljudnivån ökar där med ca 8 dB per flödesdubbling. Vid vanligt vattentryck 30 - 50 mvp blir det stor risk för alltför kraftigt buller redan vid 25 l/min. En trycksänkning ger en markant ljudminskning i tryckområdet under 20 - 30 mvp, men däröver blir inverkan liten.

FIG. 6:2 visar disklåds- och tvättställskranar med fritt utlopp samlade i en grupp. Det blir nästan samma kurvor som för badkarskranarna.

FIG. 6:3 visar badkarskranar vid tappning via dusch, FIG. 6:4 visar disklåds- och tvättställskranar försedda med luftblandande strålsamlare. Den luftblandande strålsamlaren begränsar i

Teckenförklaring

Kurvorna i FIG. 6:1-4 gäller
för följande vattentryck:

A	60 mvp
B	————	40 mvp
C	- - - -	30 mvp
D	- · - ·	20 mvp
E	- · - ·	15 mvp
F	————	10 mvp
G	5 mvp

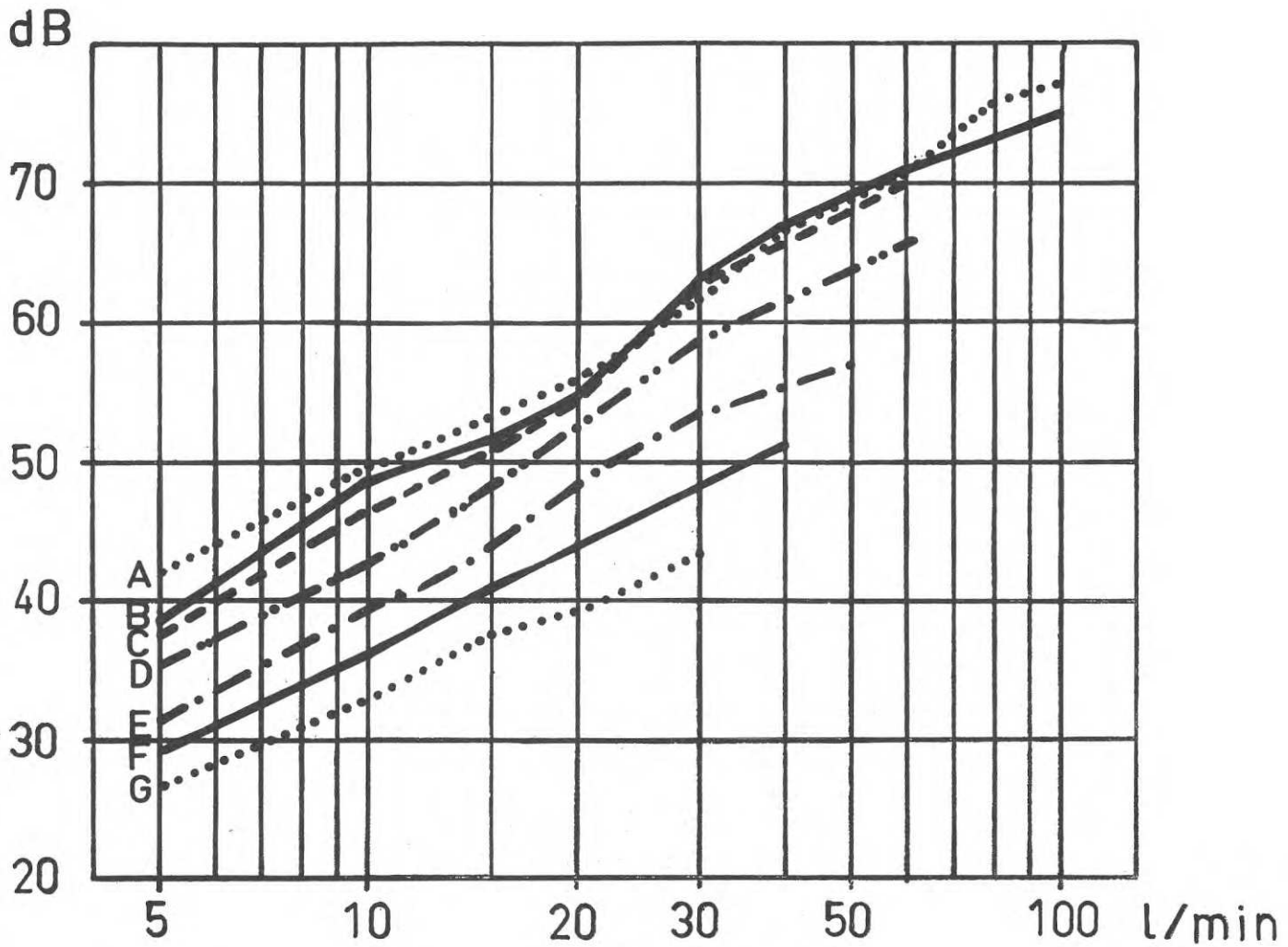


FIG. 6:1. Badkarsblandare, tappning till kar.

Bathroom mixer tap, outlet to bath.

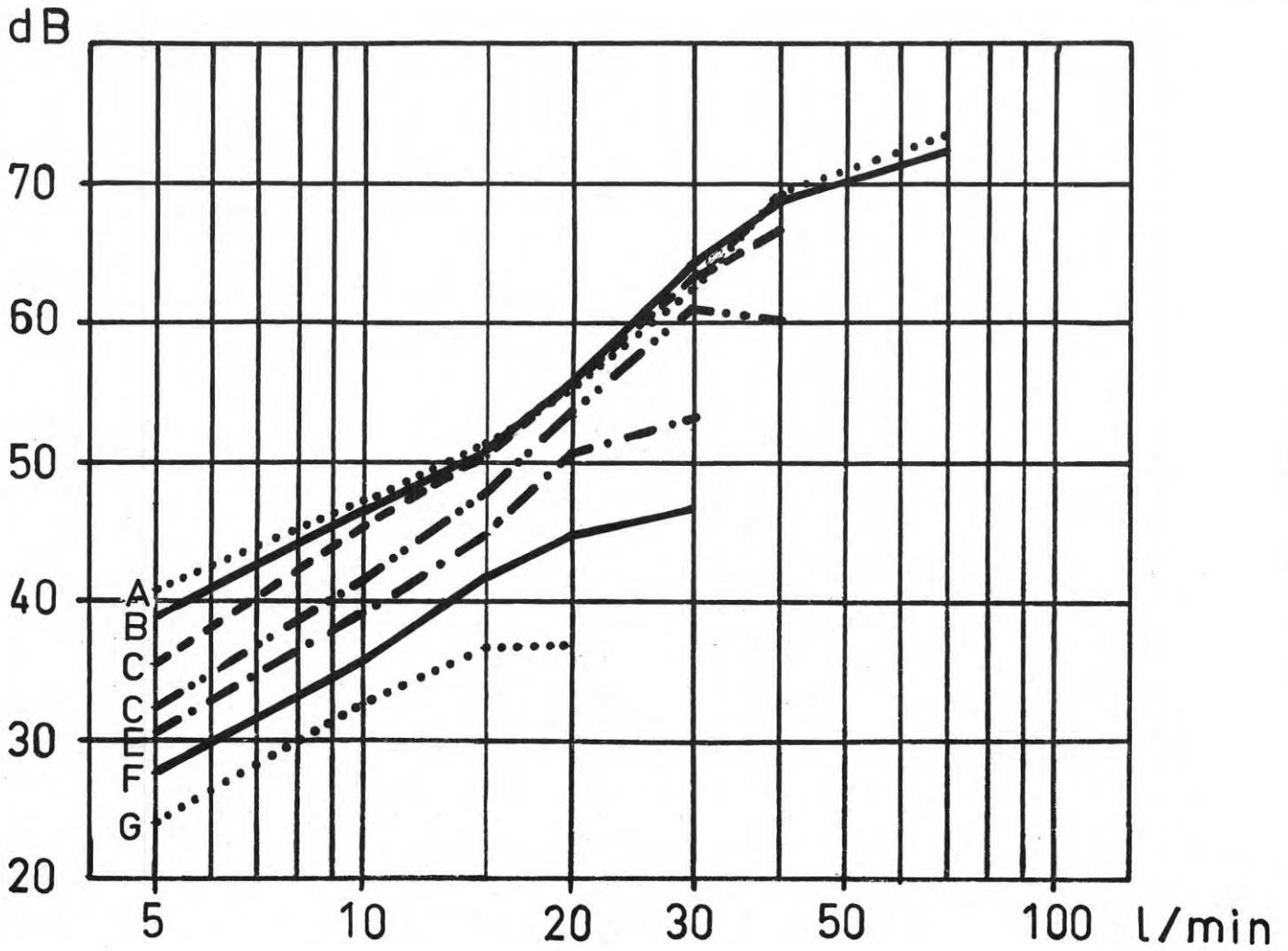


FIG. 6:2. Disklåds- och tvättställskranar med fritt utlopp.

Sink and washbasin taps with free outlet.

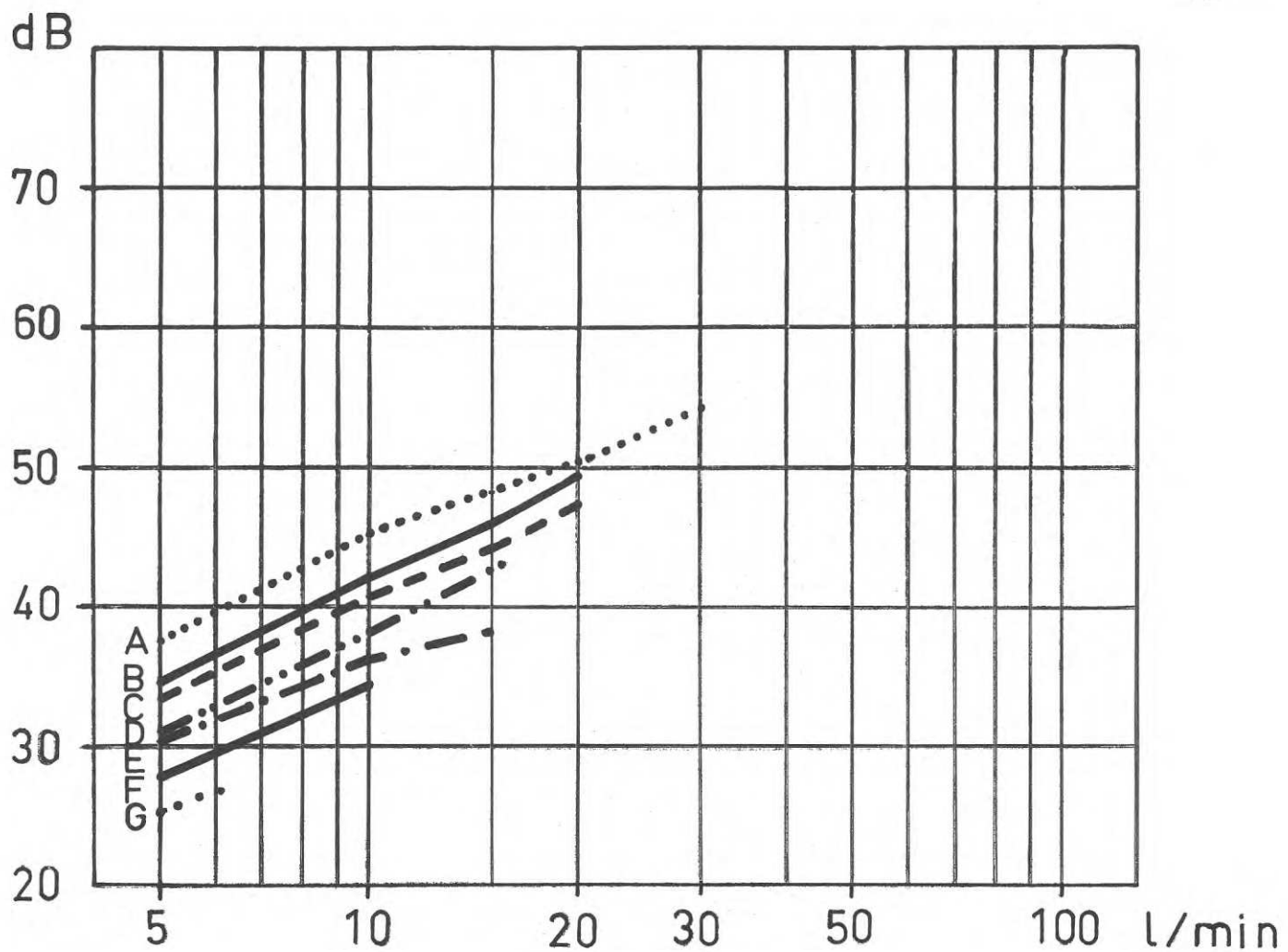


FIG. 6:3. Badkarsblandare, tapping via dusch.

Bathroom mixer tap, outlet through shower.

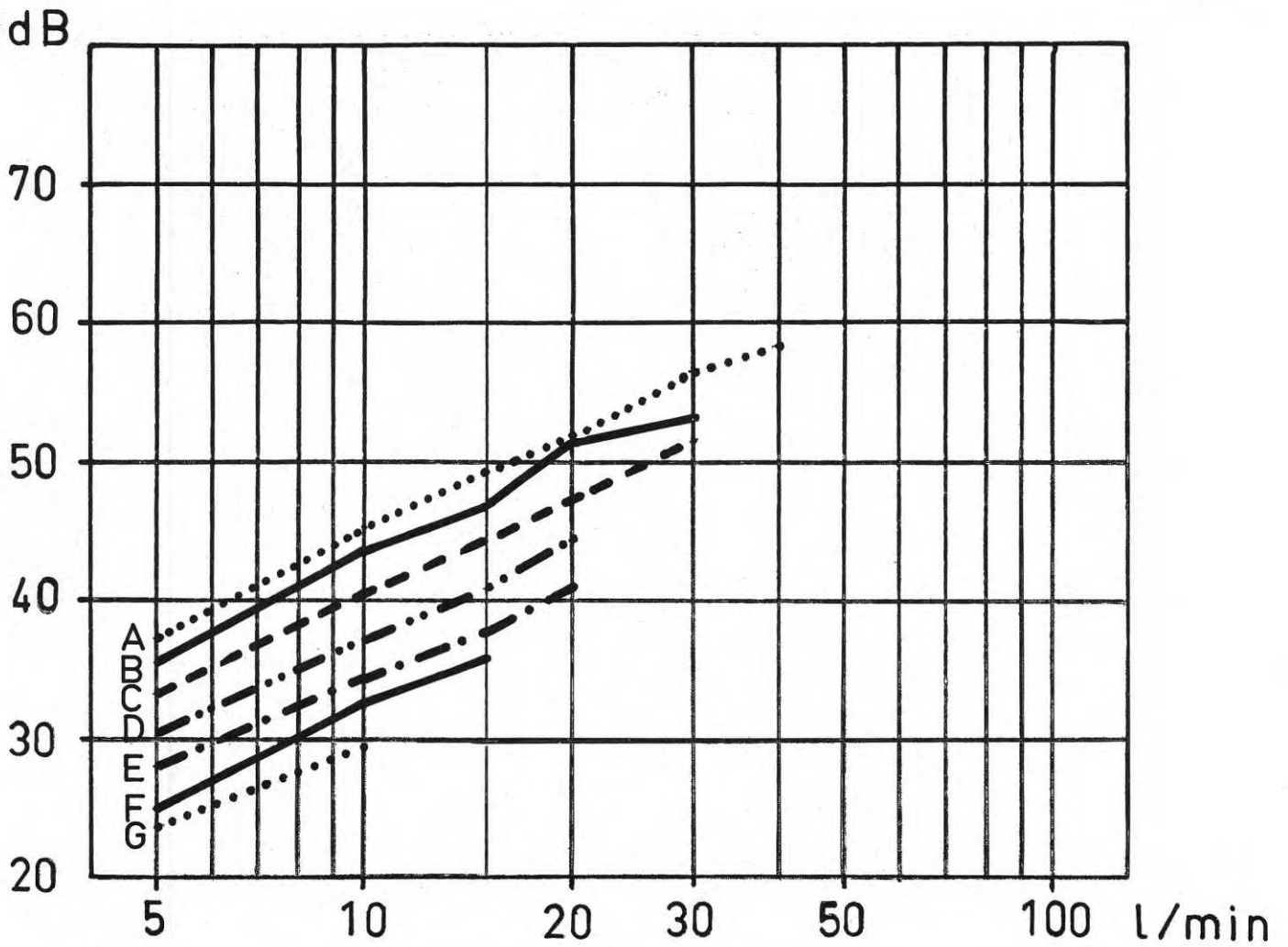


FIG. 6:4. Disklåds- och tvättställskranar, försedda med luftblandande strålsamlare.

Sink and washbasin taps, fitted with air-entraining no-splash insert.

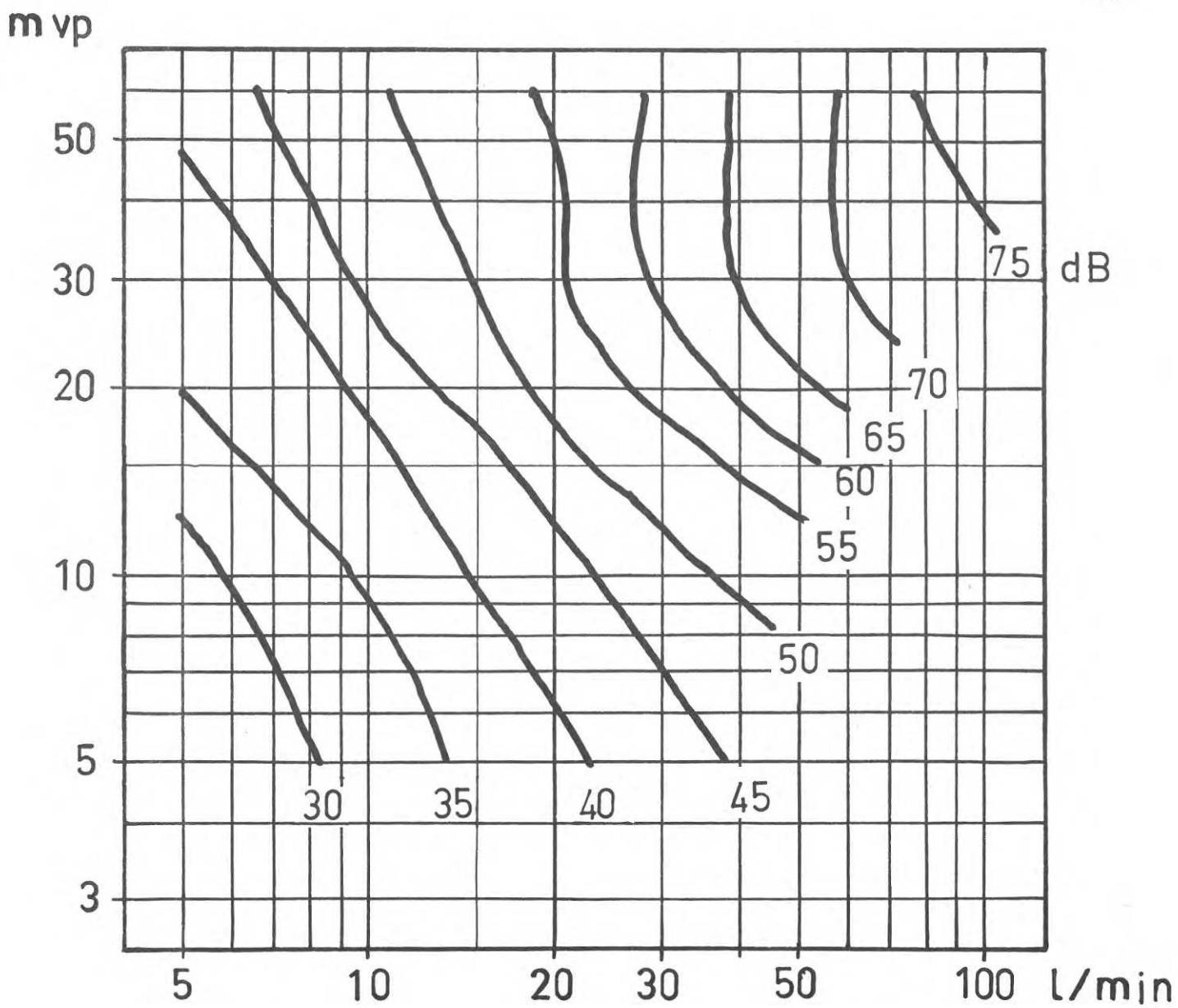


FIG. 6:5. Badkarsblandare, tappning till kar.

Bathroom mixer tap, outlet to bath.

m vp

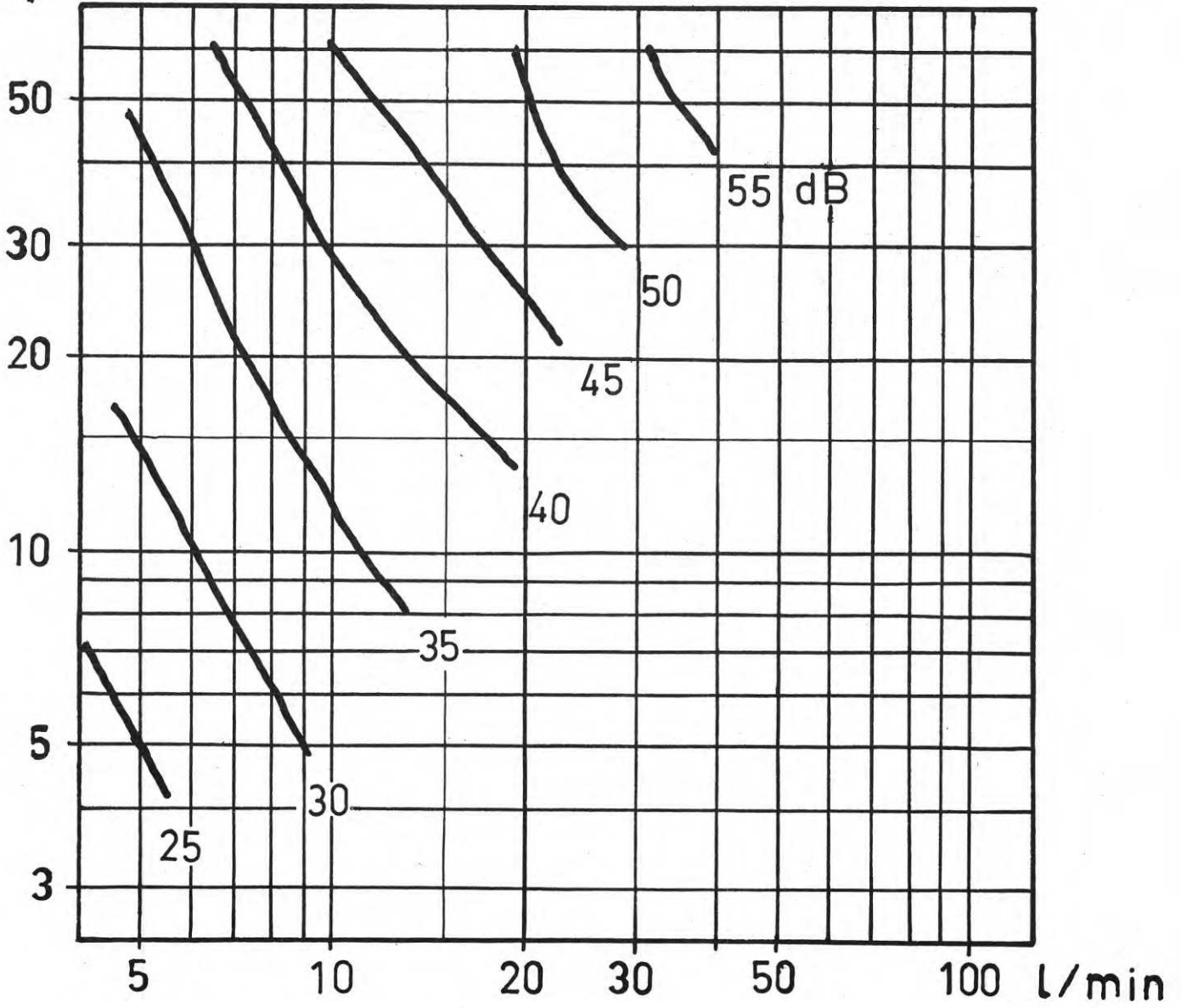


FIG. 6:6. Disklåds- och tvättställskranar med fritt utlopp.

Sink and washbasin taps with free outlet.

m vp

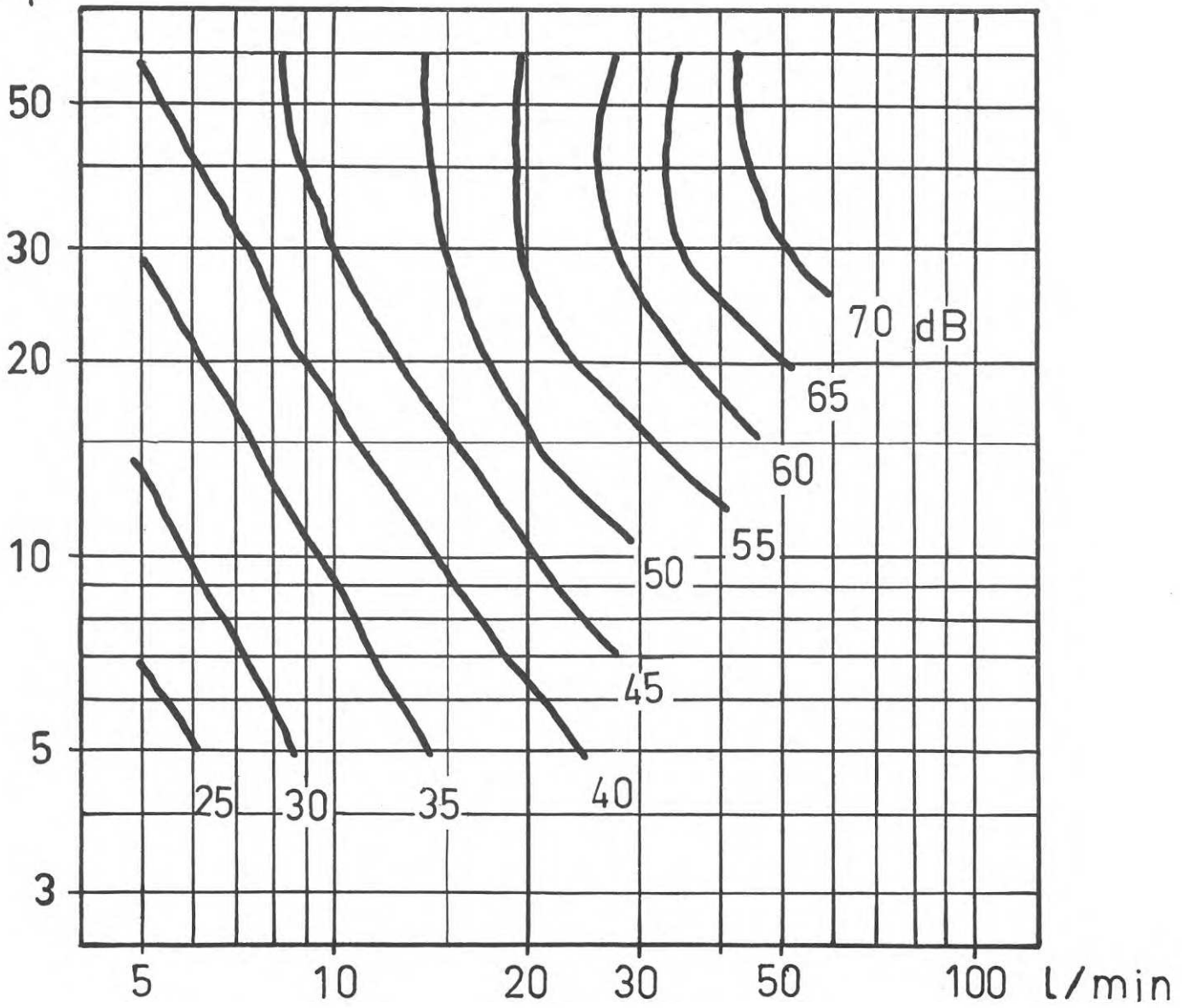


FIG. 6:7. Badkarsblandare, tappning via dusch.

Bathroom mixer tap, outlet through shower.

m vp

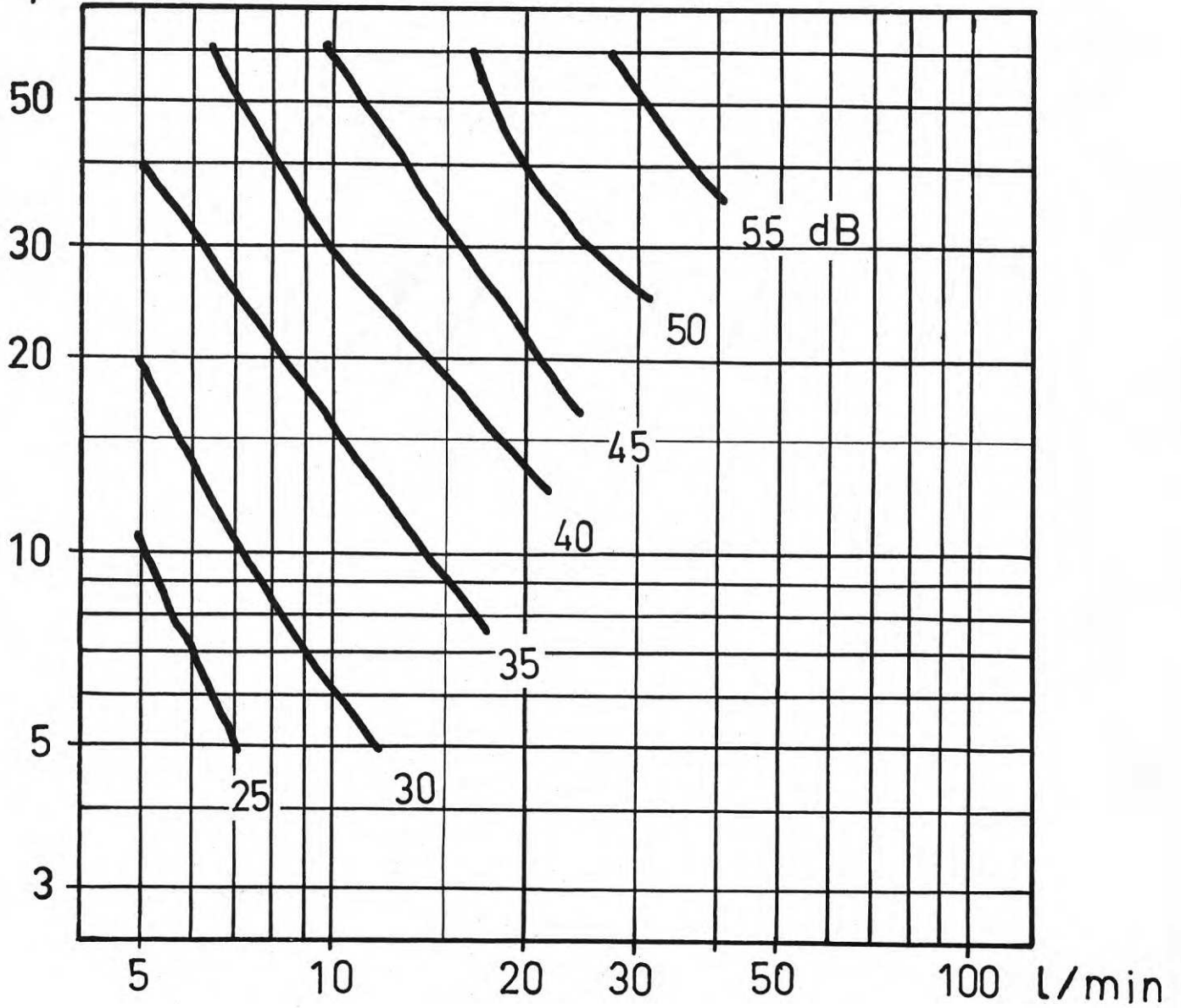


FIG. 6:8. Disklåds- och tvättställsblandare, försedda med luftblandande strålsamlare.

Sink and washbasin mixer taps, fitted with air-entraining no-splash inserts.

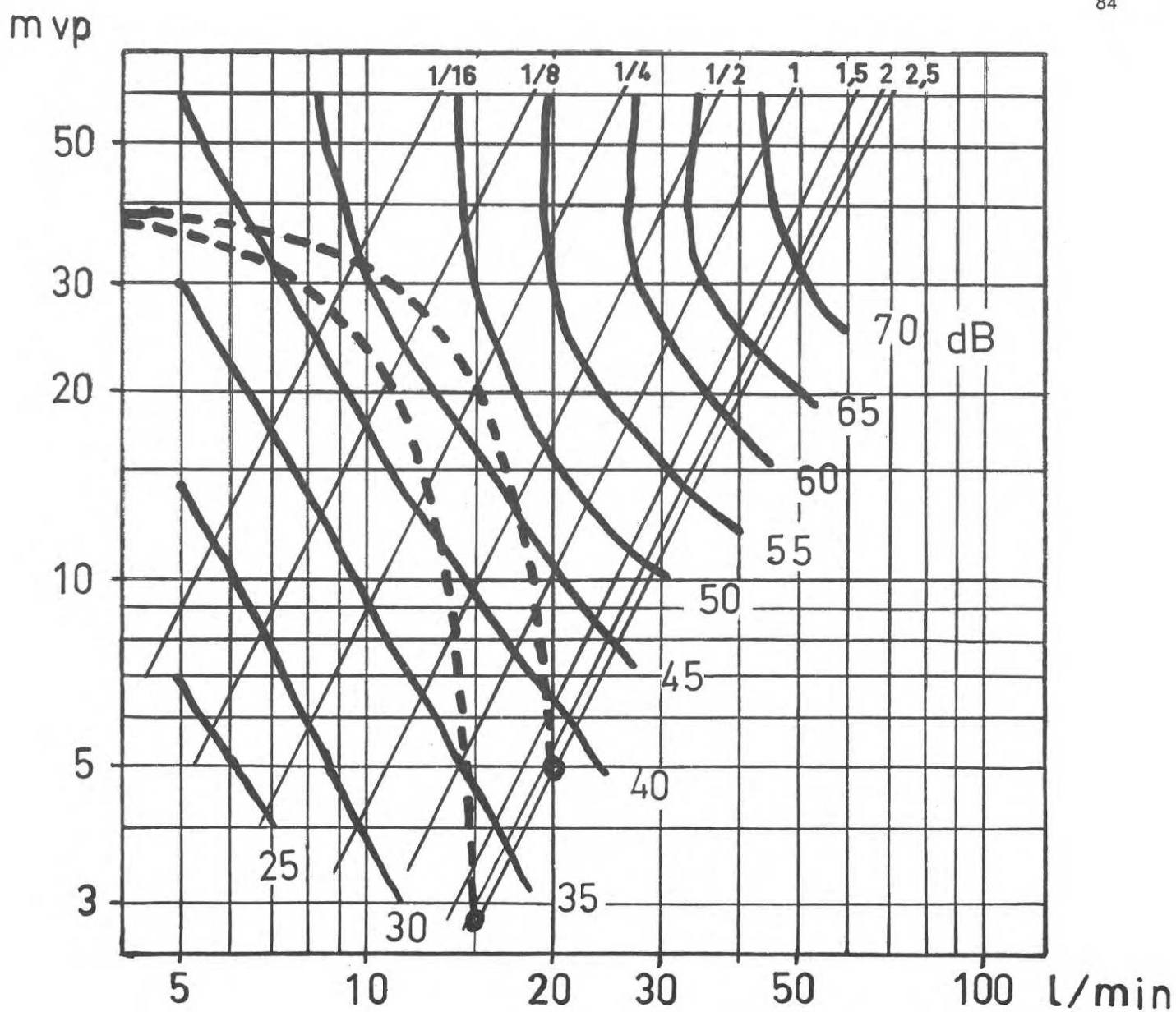


FIG. 6:9. Tappkran med förkopplingsmotstånd.

Tap connected to a pipe with great flow resistance.

första hand det maximala flödet men kurvorna blir också något flackare, och i det högre flödesområdet får man en påtaglig ljudminskning.

Ibland är det mer ändamålsenligt att åskådliggöra ljudegenskaperna i ett diagram med flödet och trycket på axlarna och ljudnivån som parameter. Se FIG. 6:5-8. Denna diagramform är särskilt lämplig, då det gäller att beräkna inverkan av tryck- och flödesreducerande åtgärder, t ex vid val av data på tryckreduceringsventil eller dimensionering av klenrör.

Som ett exempel har i FIG. 6:9 ritats in hur tryck och flöde varierar om en viss tappkran förses med förkopplingsmotstånd, som ger ett maximalt flöde på 20 l/min eller 15 l/min. På detta sätt kan man prova olika värden på förkopplingsmotståndet och bedöma, vad som är det optimala.

Ing Sten Holgersson

UTVECKLING AV REFLEXIONSFRI KANALAVSLUTNING FÖR FLÄKTLJUDMÄTNINGAR

Det har under många år funnits behov av ändamålsenliga och tillförlitliga data om fläktars ljudalstring. Uppgifterna är nödvändiga för att man skall kunna göra en akustisk planering av luftbehandlingsanläggningarna i anslutning till det övriga konstruktionsarbetet. De mätmetoder som i allmänhet använts de senaste åren är mätning i efterklangsrums, [1], [2], och mätning i kanal [3], [4].

Vid mätning i efterklangsrums ansluts fläkten till rummet med en kanal och det ljud som utsänds från fläkten (kanalen) till rummet mäts. Eftersom man vanligtvis vill bestämma den akustiska effekt som går ut i kanalen, måste den ljudeffekt som mätts upp i rummet korrigeras för reflektionsförluster i kanalutloppet, [2], [5]. Det är svårt att bestämma värdet på denna korrektion, eftersom den påverkas av den akustiska kopplingen mellan fläkten och efterklangsrums. Stående vågor i kanalen mellan fläkten och rummet komplicerar mätningarna och försämrar mätnoggrannheten. De nämnda faktorerna skapar problem även vid mätning i kanalen. På grund av ljudvågens reflektion vid kanalöppningen varierar ljudtrycket längs kanalen, vilket försvårar valet av mätpunkt. Vidare påverkar den akustiska kopplingen mellan fläkten och kanalen fläktens ljudalstring, [5]. För att man skall undvika stående vågor längs kanalen måste den förses med en reflektionsfri avslutning med lägsta möjliga tryckreflektionsfaktor. Vid mätning av ljud med bruskaraktär är kraven på reflektionsfrihet mindre än när man mäter på rena toner, t ex en fläkts skovelton [3], [4].

Syftet med de prov som gjorts, [6], var att utveckla en reflektionsfri kanalavslutning med mycket låg tryckreflektionsfaktor för frekvenser ned till omkring 50 Hz, för att göra det möjligt att mäta skoveltonen vid utveckling av fläktar.

Provmetod

Tryckreflektionsfaktorn har bestämts med "stående-våg-metoden", dvs. ljudtrycksnivån längs kanalen har mätts med en rörlig mikrofon och tryckreflektionsfaktorn har beräknats enligt

$$|r| = \frac{\delta - 1}{\delta + 1}$$

där $|r|$ = tryckreflektionsfaktorn

$$\delta = \frac{p_{\max}}{p_{\min}}$$

p_{\max} = maximalt ljudtryck

p_{\min} = minimalt ljudtryck

Målet var att åstadkomma en tryckreflektionsfaktor mindre än 0,1, vilket motsvarar en skillnad mellan maximal och minimal ljudtrycksnivå mindre än 1,7 dB.

Provanordning

Provanordningen visas i FIG. 6:10-13. Kanalavslutningen består av en 2,5 m lång plan kil av mineralull som placerats i en diffusorformad kanal. Kilen delar kanalen i två grenar utan att minska den totala fria kanalarean. Kanalväggarna omkring kilen består av dubbla 19 mm spånskivor som limmats ihop. Under större delen av proven har kanaldelen närmast kilen (ca 2 m) bestått av 18 mm lamellträ och resten av 2 mm plåt. Under mätningarnas gång visade det sig emellertid, att kanalväggarna inte var tillräckligt styva, och att mätningarna stördes allvarligt av resonanser i dessa. Speciellt påtagligt var detta i plåtkanalen vid frekvenser omkring 125 och 200 Hz. Värden över 100 Hz måste därför betraktas som osäkra. De slutgiltiga proven har emellertid gjorts med en kanal bestående av dubbla spånskivor, som limmats ihop på samma sätt som väggarna omkring kilen. Denna kanalkonstruktion visade sig vara mycket ändamålsenlig.

Resultat

Två olika diffusorvinklar (och kilvinklar) 7° och 21° provades, FIG. 6:16. Vinkelns storlek begränsades av spånskivornas standardformat 1200 mm x 2500 mm. FIG. 6:16 visar hur en kil av mineralull påverkar tryckreflektionsfaktorn. Den större vinkeln 21° gav nästan det önskade resultatet utom vid 160 Hz, vilket sannolikt berodde på dålig noggrannhet i mätningarna av skäl som nämnts ovan.

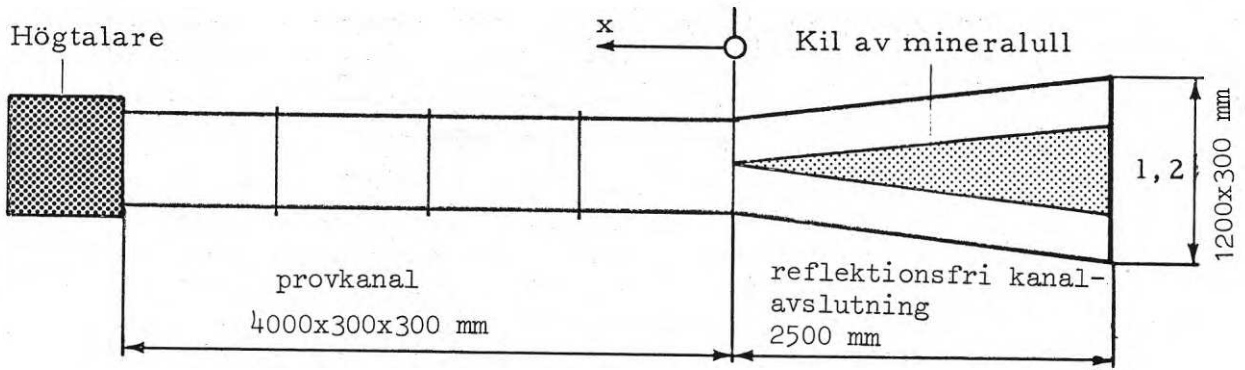


FIG. 6:10. Provanordning.

Test set-up.

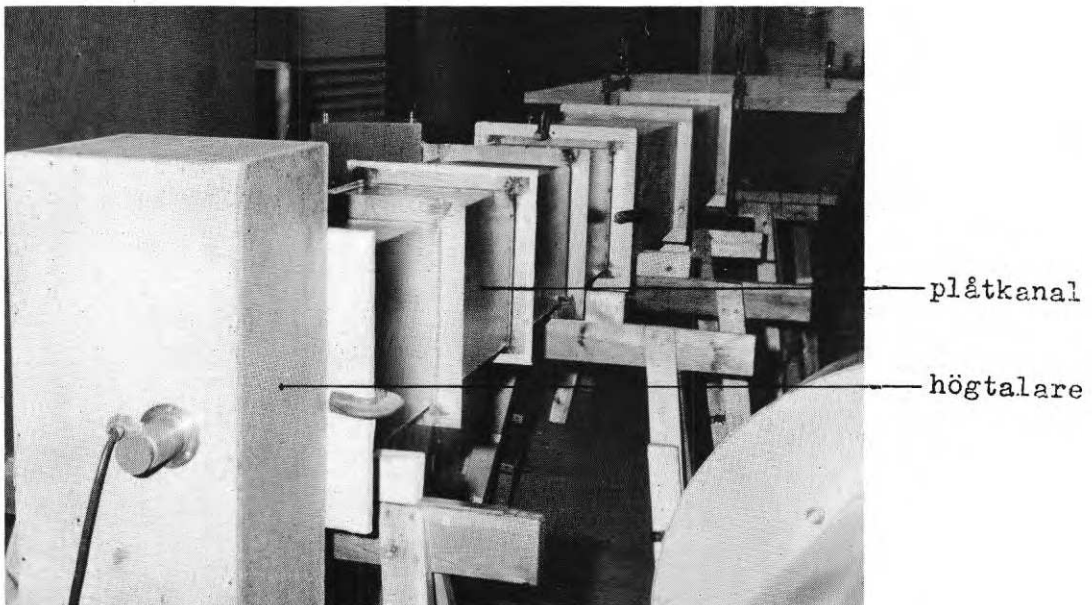


FIG. 6:11. Provanordning.

Test set-up.

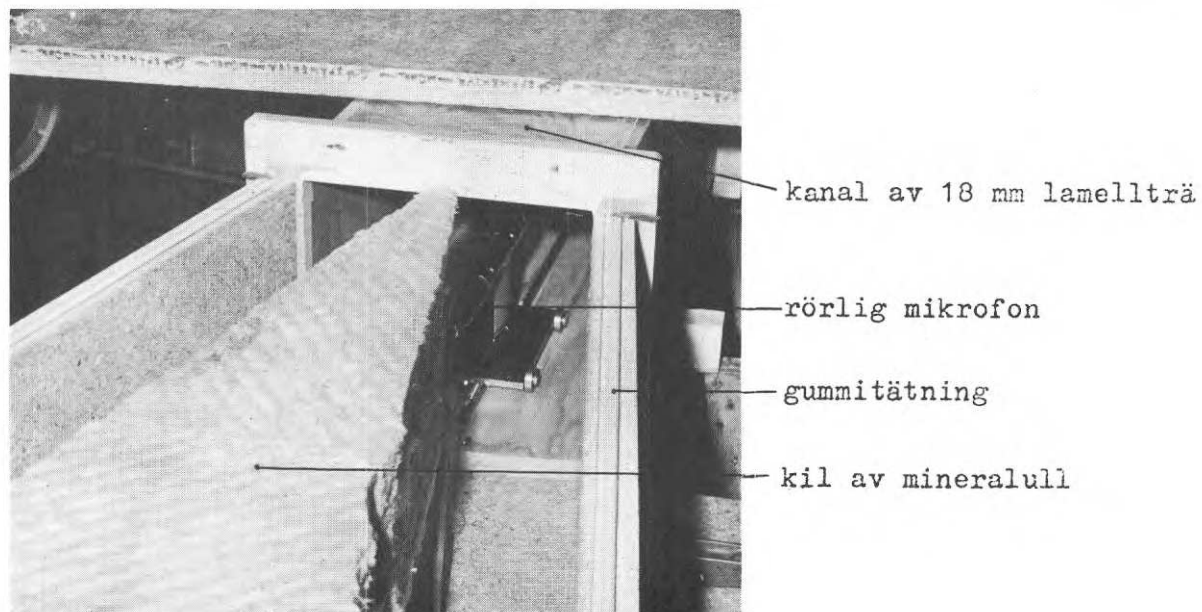


FIG. 6:12. Provanordning.

Test set-up.

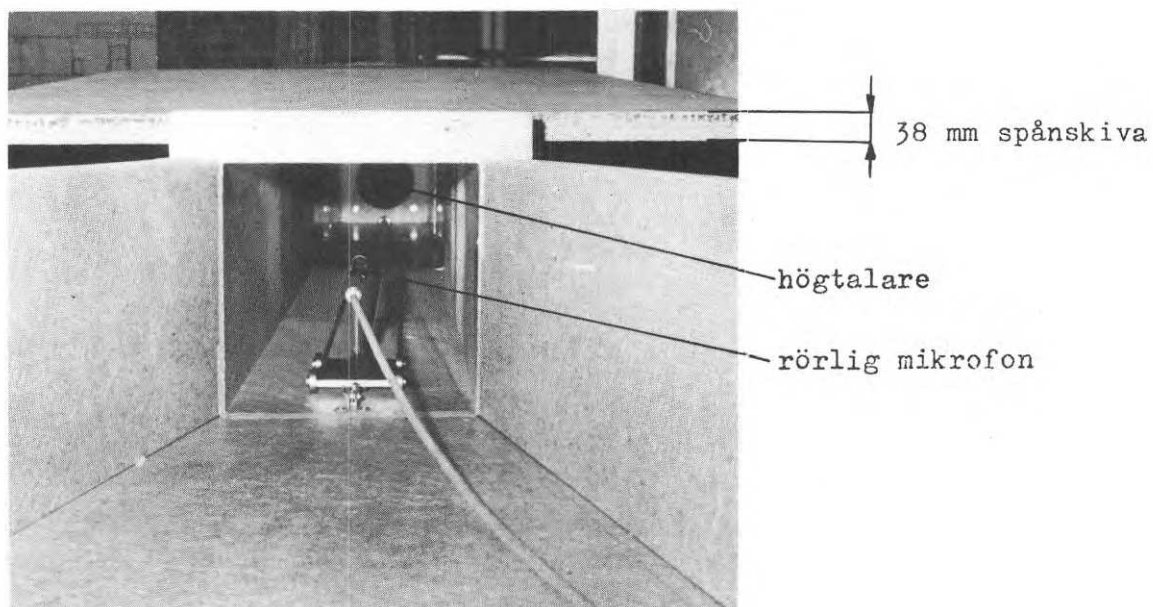


FIG. 6:13. Provanordning.

Test set-up.

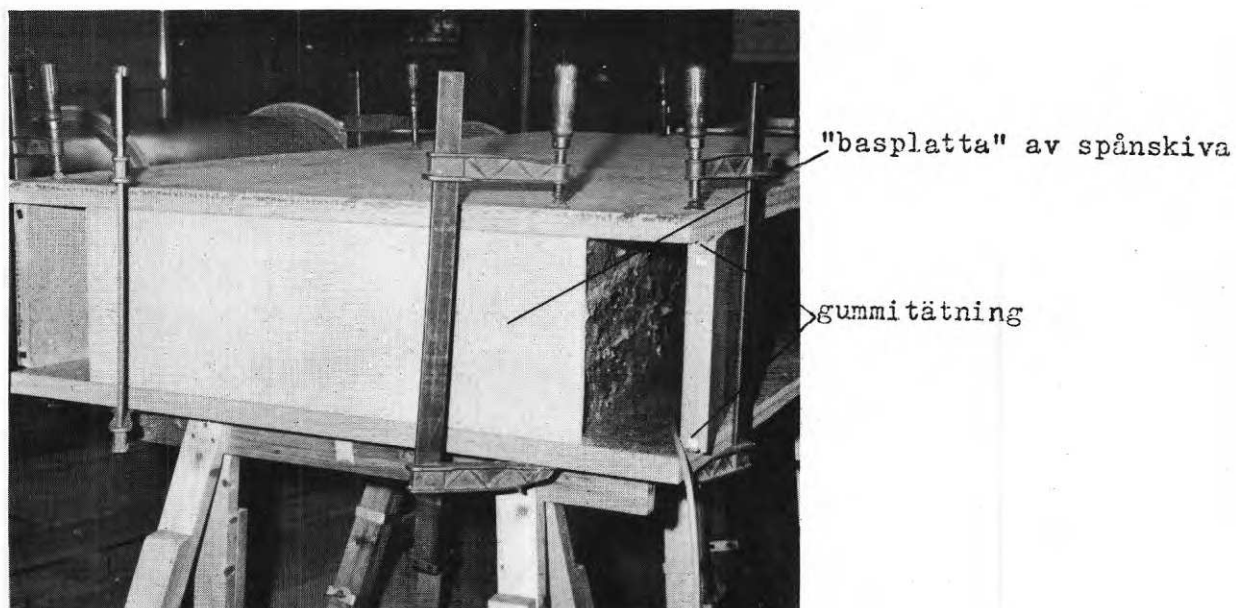


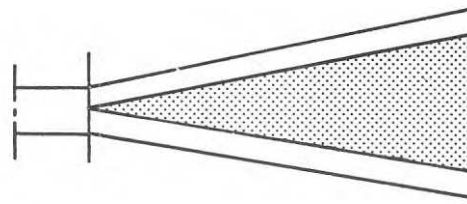
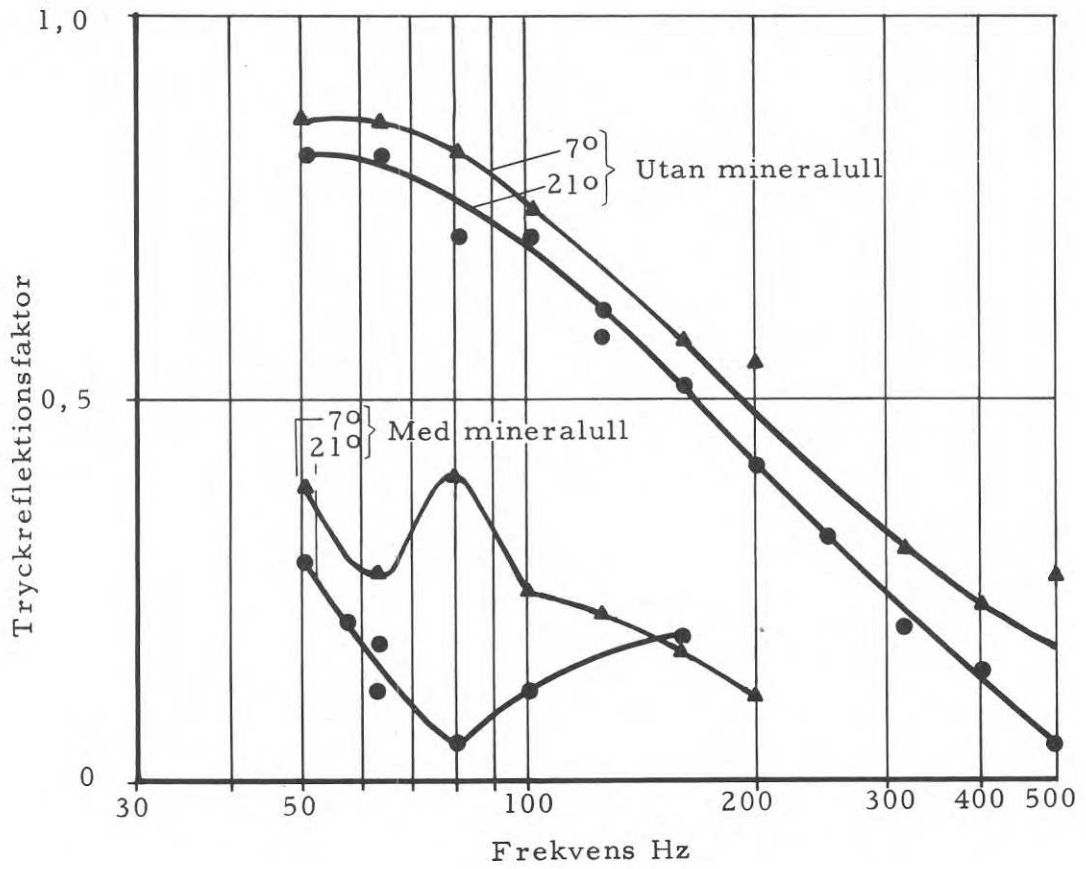
FIG. 6:14. Kil försedd med basplatta.

Wedge fitted with base plate.



FIG. 6:15. Kil med tre skiljeväggar. (Mått från basen.)

Wedge with three partitions (dimensions taken from the base).



kil av mineralull

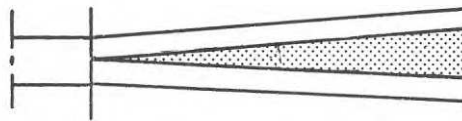


FIG. 6:16. En mineralullskils inverkan på tryckrefleksionsfaktorn för en diffusorformad kanal med diffusorvinklarna 7° och 21° .

Influence on the pressure reflection factor of a wedge of mineral wool in a diffuser-formed duct with diffuser angles of 7° and 21° .

Då mineralull med lägre densitet, 45 kg/m^3 i stället för 70 kg/m^3 , användes, blev resultatet sämre, FIG. 6:17. Kilen försågs med en "basplatta" av 19 mm spånskiva och provades utan framgång, FIG. 6:14 och 6:17.

Kanalen på ömse sidor om kilen kan betraktas som en kanal som på en sida är försedd med ljuddämpare. Ju effektivare denna dämpare kan göras desto svagare blir den våg som reflekteras tillbaka till kanalen, dvs. desto mindre blir tryckvariationerna längs kanalen. Kilen arrangerades som en serie $1/4$ -våglängdsresonatorer genom att den försågs med ett antal oregelbundet placerade skiljeväggar av plåt (eller spånskiva, FIG. 6:19) vinkelrätt mot kanalens centrumlinje, FIG. 6:15, 6:19 och 6:20. FIG. 6:18 visar att en lägre tryckreflektionsfaktor kunde åstadkommas på detta sätt, speciellt vid de lägsta provade frekvenserna.

Eftersom mineralull med en densitet av 70 kg/m^3 kan förmodas ge alltför hög akustisk resistans vid 400 mm tjocklek, [7], provades en kil med basen bestående av mineralull med densiteten 45 kg/m^3 , FIG. 6:21. Det specifika strömningsmotståndet för materialen var $10 \cdot 10^3$ respektive $5 \cdot 10^3 \text{ Ns/m}^4$. I förenklande syfte reducerades antalet skiljeväggar från tio till fyra. De slutgiltiga proven med förbättrad provanordning visar att de uppställda kraven är uppfyllda för frekvenser över ungefär 60 Hz, FIG. 6:22.

Följande prov genomfördes för att kontrollera kilens reflektionsfrihet inom ett större frekvensområde. En styrmikrofon placerades 2575 mm från kilens spets och anslöts via en förstärkare till "compressor input" på en Brüel & Kjaer "beat frequency oscillator". Med kompressorfunktionen i oscillatoren hölls ljudtrycket vid styrmikrofonen konstant. Ljudtrycksnivån registrerades med en annan mikrofon på avstånden 490, 615, 1000, 1500, 2000 och 2575 mm från kilens spets. Nivån registrerades inom frekvensområdet 30-500 Hz, FIG. 6:23. Kurvorna visar obetydliga variationer i ljudtrycksnivå över 60 Hz, trots att mätningarna genomfördes med rena toner. Vid mätning av bredbandigt ljud är kanalavslutningen fullt tillfredsställande ned till $1/3$ -oktavbandet med medelfrekvensen 50 Hz, dvs så långt ned i frekvens som normalt är av intresse vid mätning på fläktar.

Avslutning

De redovisade proven har gjorts utan luftströmning och med kanalbredden 30 cm mätt i kilens plan. För att få underlag för dimensionering av kanalavslutningar för andra kanalbredder har en andra provserie planerats till första halvåret 1970. I denna ingår bl a prov med 60 cm kanalbredd och med luftströmning.

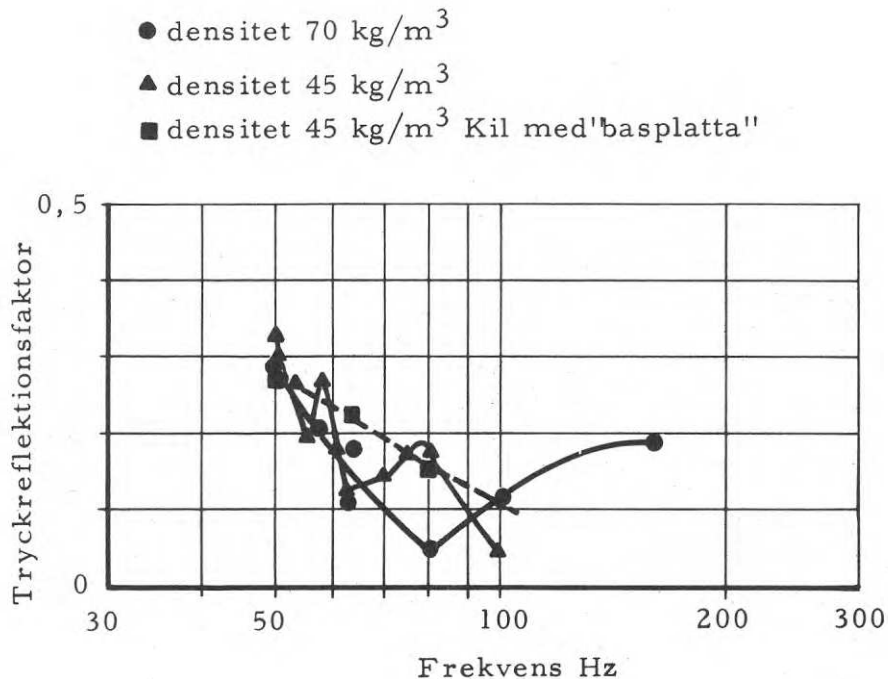


FIG. 6:17. Inverkan av absorptionsmaterialets densitet. Kilvinkel 21°.

Influence of the density of the absorbing material. Wedge angle 21°.

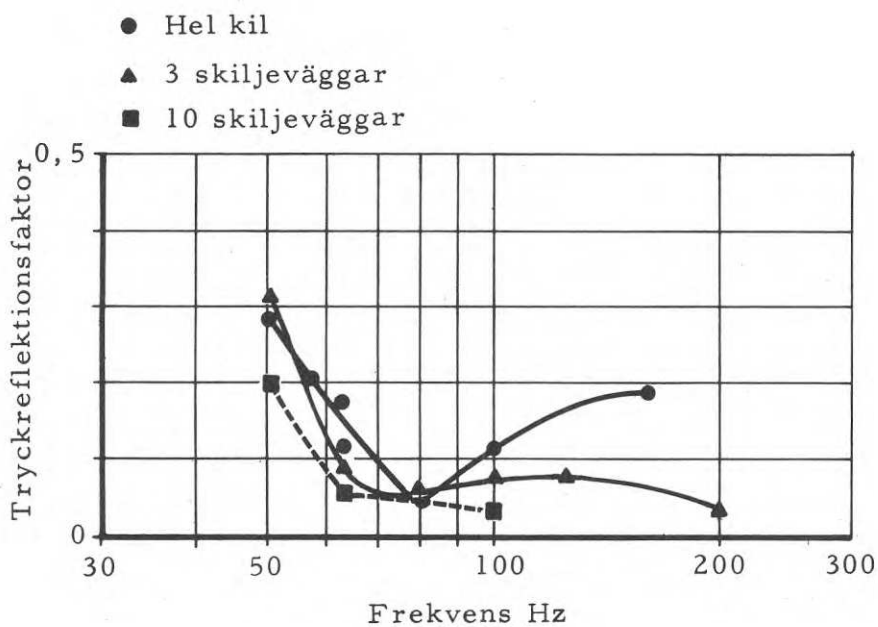


FIG. 6:18. Inverkan av skiljeväggar i kilen. Absorptionsmaterialets densitet 70 kg/m³. Kilvinkel 21°.

Influence of partitions in the wedge. Density of absorbing material 70 kg/m³. Wedge angle 21°.

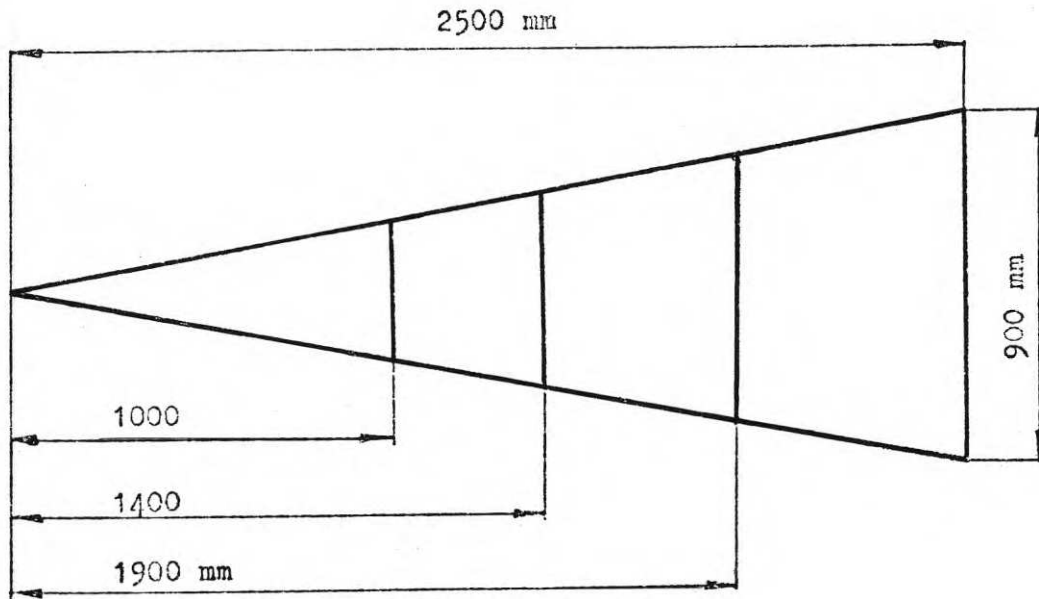


FIG. 6:19. Kil med tre skiljeväggar.

Wedge with three partitions.

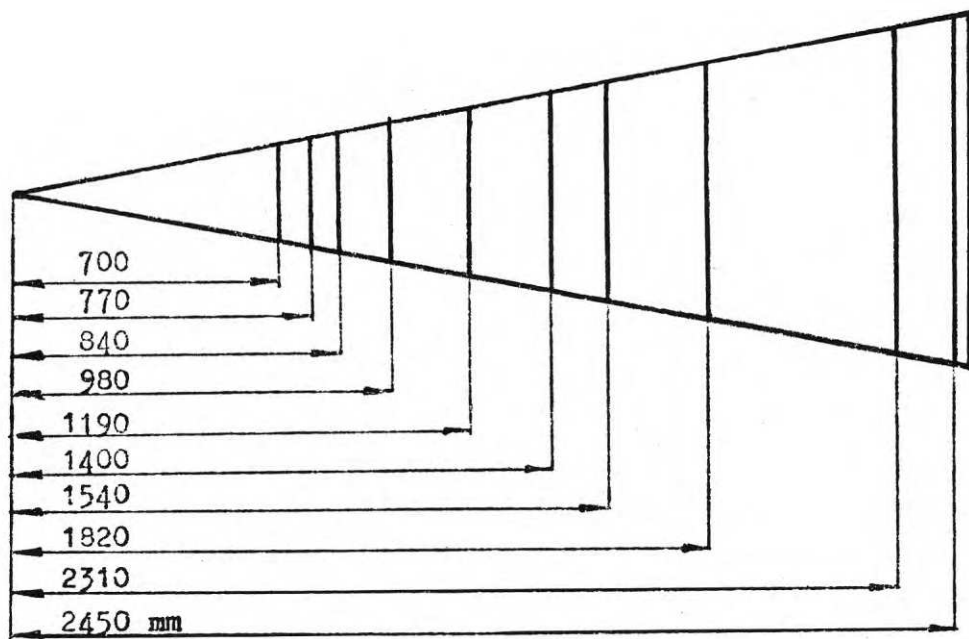


FIG. 6:20. Kil med tio skiljeväggar.

Wedge with ten partitions.

Absorptionsmaterialets (mineralullens)

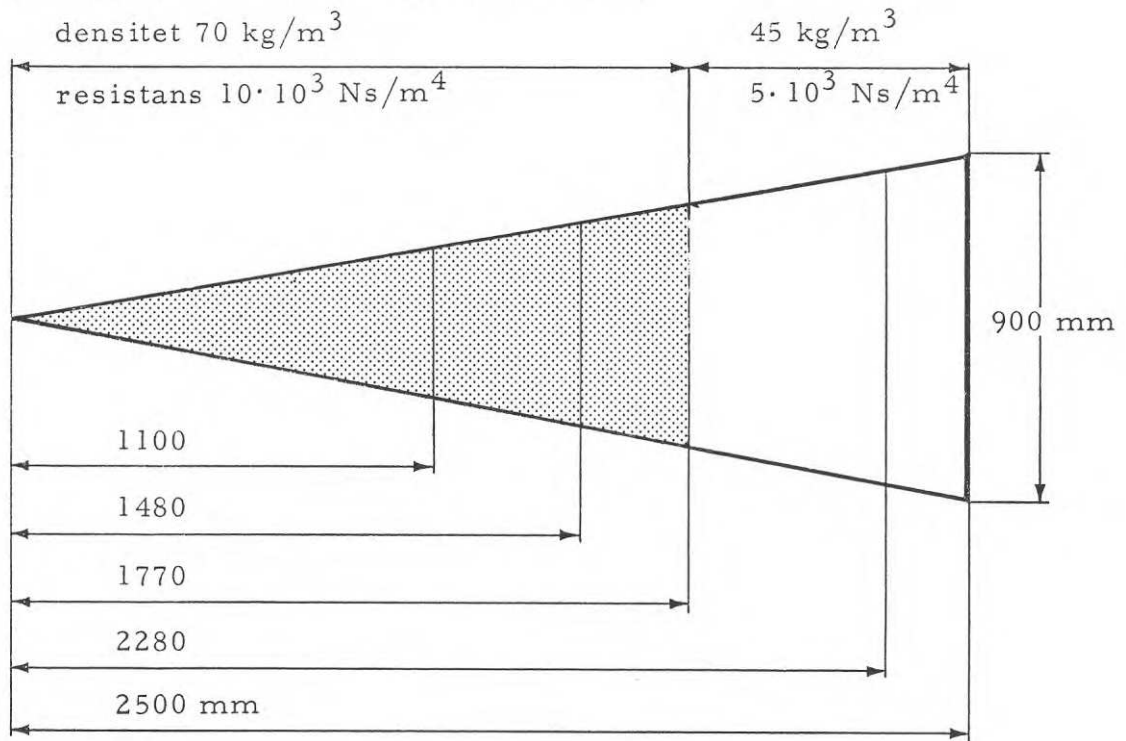


FIG. 6:21. Slutgiltig kil med fyra skiljeväggar.

Final wedge design with four partitions.

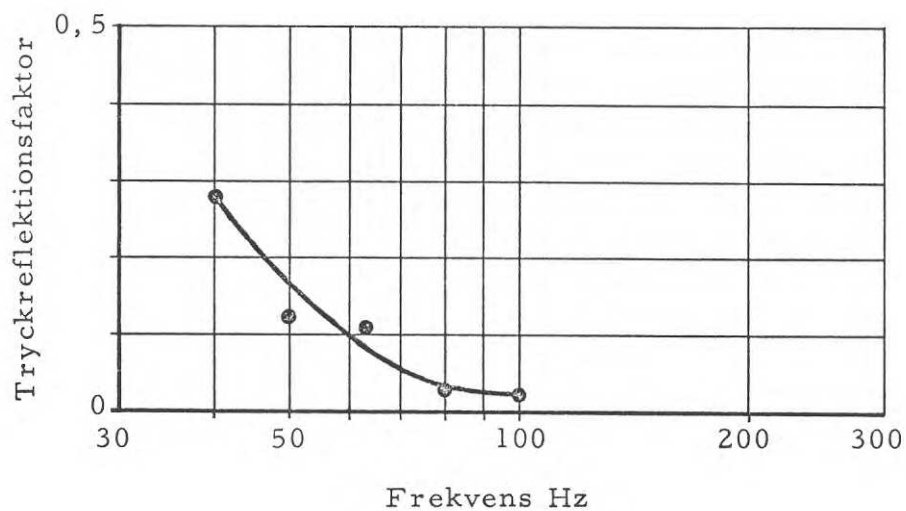


FIG. 6:22. Tryckreflektionsfaktor som funktion av frekvens för slutgiltig anordning enl. FIG. 6:21.

Pressure reflection factor as a function of the frequency for the final wedge design according to FIG. 6:21.

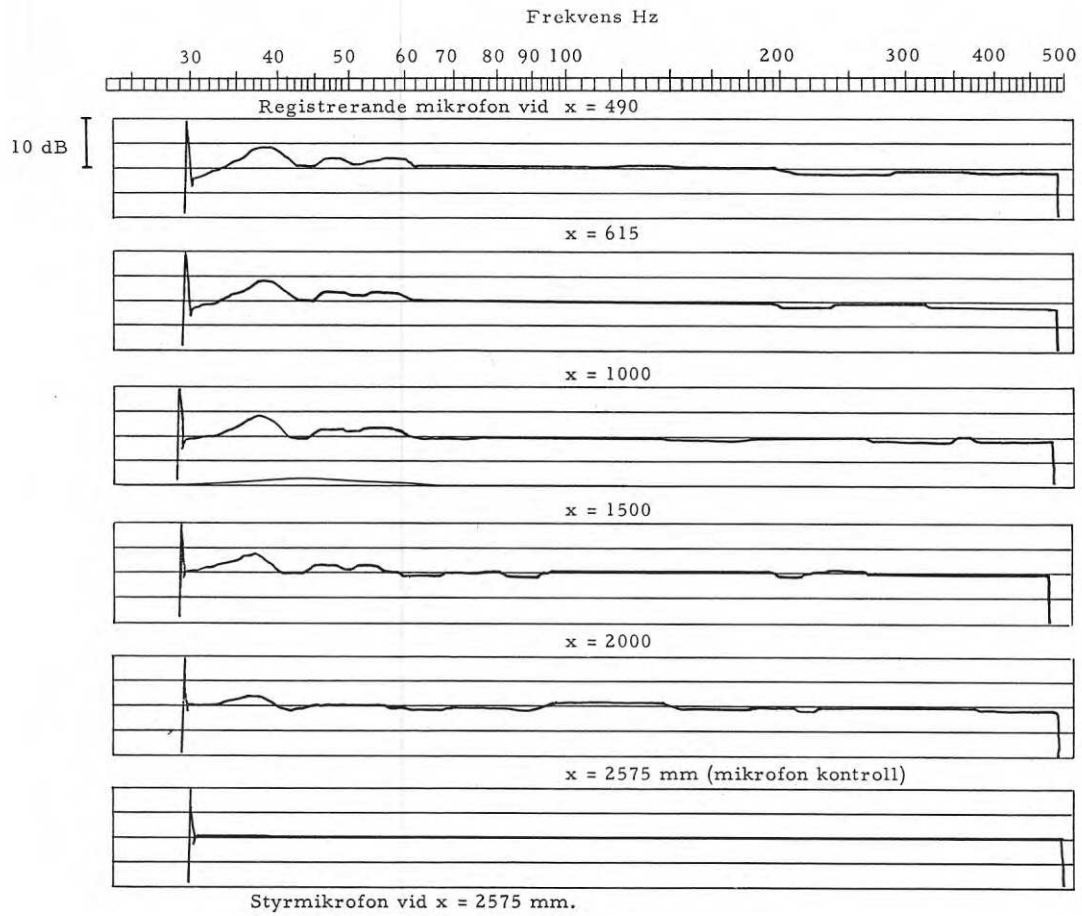


FIG. 6:23. Ljudtrycksnivå som funktion av frekvens på olika avstånd (x), FIG. 6:10, från kilens spets med styrmikrofon vid $x = 2575$ mm. Kanalavslutning enligt FIG. 6:21.

Sound pressure level as a function of the frequency at different distances (x), as in FIG. 6:10, from the point of the wedge, with the control microphone at $x = 2575$ mm. Wedge according to FIG. 6:21.

Referenser

- [1] Ashley, C, M, 1964, Determination of Sound Power Using a Reverberation Room. ASHRAE Trans., Vol. 70.
- [2] AMCA Standard Test Code for Sound Rating Air Moving Devices. Airmoving and Conditioning Association Bulletin, 300, October 1963.
- [3] Osborne, W, C, 1964, Measurement of Noise in Fan Ducts. ASHRAE Trans., Vol. 70.
- [4] Groff, G, C, 1964, Centrifugal Fan Sound Power Testing. ASHRAE Trans., Vol. 70.
- [5] Wikström, B, 1964, Betrag zur zweckmässigen Bestimmung und Darstellung des Ventilatorgeräusches als Grundlage für akustische Berechnung vom Lüftungsanlagen. Dr. -Ing. Dissertation, Technical University of Berlin.
- [6] Jerstedt, L, 1964, Undersökning av kilars effektivitet som reflektionsfri trumavslutning. Intern lab. rapport U-CC.06, AB Bahco Ventilation.
- [7] Cremer, L, 1953, Theorie der Luftschall-Dämpfung im Rechteckkanal mit schluckender Wand und das sich dabei ergebende höchste Dämpfungsmass. Akustische Beihefte, 2.

Rapporten är i huvudsak en översättning av ASHRAE paper No. 2069 "Development of An Anechoic Termination For Fan Noise Measurements". Reprinted from ASHRAE Transactions, Vol. 74 Pt.I by permission of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

7 TRAFIKBULLER

Civ ing Hans Jonasson
LJUDUTBREDNING ÖVER MARK MED OCH UTAN
LJUDBARRIÄRER

Ljudutbredning över mark i samband med trafikbuller har på senare år varit föremål för ett stort antal undersökningar. Dessa har samtliga varit rent empiriska. För att verkligen förstå vad som händer har problemet vid LTH angripits ifrån de grundläggande teorierna för ljudutbredning över mark och diffraktion kring skärmar som sedan många år varit kända. Diffraktion kring skärmar i samband med markreflektion har dock ej tidigare behandlats teoretiskt. För att kontrollera nya och gamla teorier har ett stort antal mätningar genomförts. Den viktigaste mätplatsen har varit en stor mycket jämn gräs-
matta utan reflekterande hus i närheten på LTH:s område i Lund. Mätningar har utförts under identiska väderleksbetingelser på en och samma plats med och utan skärm. Skärmen har varit ett 3 m högt, 30 m brett och 15 cm tjockt lättbetongplank, se FIG. 7:1. Ljudkällan har varit en högtalare placerad på 3 olika höjder. Signalerna har varit rena toner. För att ordentligt kartlägga ljudfältet i höjddled har mikrofonen fått röra sig längs ett 3,5 m högt stativ. Mikrofonen var monterad på en arm som satt på en kärra som i sin tur drevs av en elektrisk motor. Ljudtrycksnivån registrerades kontinuerligt som funktion av höjden. Med hjälp av en microswitch på mikrofonsläden utmärktes höjden vid var tionde cm på skrivarpapperet.

Eftersom teorierna är mycket komplicerade kommer nedan endast några tankeväckande mätresultat att visas. En viss fysikalisk förklaring kommer även att ges.

Ljudutbredning över mark

En ljudkälla som t ex en bil brukar betraktas som en punktkälla. En sådan ger upphov till en sfärisk ljudvåg av typ

$$p = \frac{e^{ikr}}{kr}$$

där r = avståndet från källans centrum och k = vågtalet. Då ljudkällan befinner sig över markplanet kommer den utgående vågen att reflekteras i detta och ge upphov till något som kan tecknas som en spegelljudkälla. Efter superposition av de bägge olika ljudvågorna får vi det totala ljudtrycket



FIG. 7:1. Mätplats med skärm.

Measurement site with screen.

$$p_{\text{tot}} = \frac{e^{ikr}}{kr} \left(1 + Q \frac{r}{s} e^{ik(s-r)} \right)$$

där beteckningarna framgår av FIG. 7:2.

Reflektionsfaktorn Q beror här förutom på infallsvinkeln θ_0 och markens akustiska impedans ζ även på avståndet s mellan spegelljudkälla och mottagare. För en absolut hård mark gäller att $Q = 1$. Vid mjukare mark gäller att $|Q|$ ofta är mycket nära 1 och att vi även får en viss fasvridning.

Av uttrycket på p_{tot} framgår att vid små avstånd och en viss höjd på ljudkällan över markplanet blir gångskillnaden $s - r$ stor och vi får våldsamma fluktuationer i ljudtrycket. Detta gäller speciellt vid höga frekvenser, dvs då vågtalet k är stort. I FIG. 7:3-4 visas en mätning av ljudtrycksnivån som funktion av höjden på 10 m avstånd från ljudkällan för 125 resp 1000 Hz. Vi ser att om ljudkällan vid 1000 Hz befinner sig 1 m över markplanet, medför en förändring av mottagarhöjden på 0,5 m en ändring i ljudtrycksnivå på mer än 10 dB. Detta resultat är tankeväckande. Det finns en svensk och en internationell norm för mätning av motorfordonsbuller som säger att mätningen ska utföras på 7,5 m avstånd från fordonet och på en höjd över markytan av 1,2 m. Den naturligaste mätpunkten borde vara att lägga mikrofonen på marken. I detta fall blir nämligen gångskillnaden mellan direkt och reflekterat ljud alltid 0 och vi får samma påverkan för samtliga frekvenser under förutsättning att markytan är hård och inte ger upphov till någon fasvridning vid reflektion.

Vid längre avstånd mellan källa och mottagare blir fluktuationerna mindre våldsamma, eftersom gångskillnaden mellan direkt och reflekterat ljud blir mindre. Eftersom ljudets infallsvinkel mot marken blir större, ökar emellertid fasvridningen vid reflektion, och det är detta som ger upphov till den stora markdämpningen vid vissa frekvenser. I FIG. 7:5 och 7:6 visas ljudtrycksnivåns höjdberoende på avståndet 75 m från källan. Frekvensen är 1000 Hz och dämpningen är som synes störst vid låg sändarhöjd. Den slutsats man drar av dessa mätningar är att det är mycket väsentligt att lägga vägbanan så lågt som möjligt.

Ljudutbredning över mark med skärmar

Då vi sätter upp en skärm mellan källa och mottagare kan vi kvalitativt sett betrakta tre dämpningsmekanismer, nämligen förutom den egentliga skärmdämpningen markdämpningen mellan källa och skärmkrön och mellan skärmkrön och mottagare. Eftersom samtliga dessa dämpningsfaktorer var för sig beror på sändar- och mottagarhöjder, skärmhöjd, avstånd skärm - källa, skärm - mottagare blir det praktiskt taget omöjligt att på ett enkelt sätt ange generella skärmdämpningskurvor.

Den sekundära ljudkälla som bildas kring ett skärmkrön vid diffraktion ligger i allmänhet högt över markplanet. Detta innebär att markdämpningen på mottagarsidan av skärmen i all-

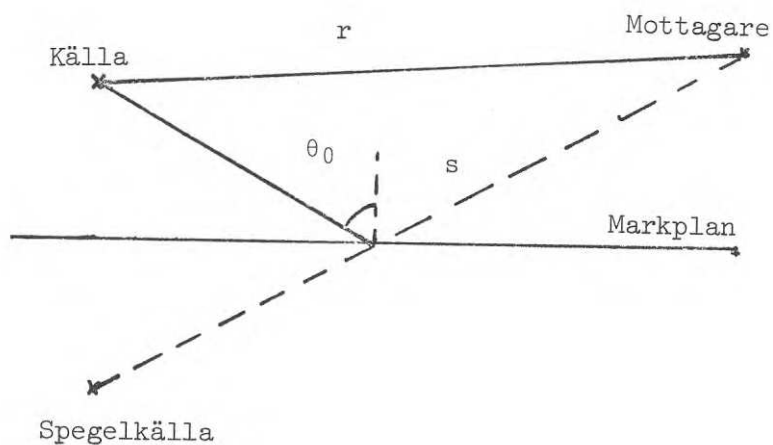


FIG. 7:2. Reflektion av sfärisk våg i markplanet.

Reflection of spherical wave at ground level.

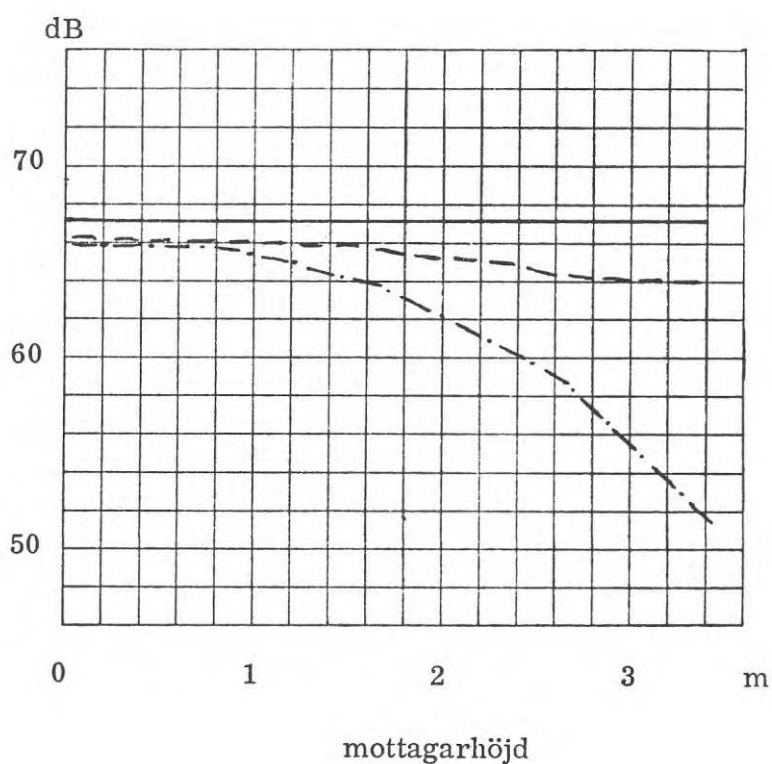


FIG. 7:3. Ljudtrycksnivån som funktion av mottagarhöjden vid 125 Hz och avståndet källa - mottagare 10 m.
Sändarhöjd: ——— 0,3 m, - - - - 1,0 m, - · - · - 2,0 m.

Sound pressure level as a function of the height of the receiver at 125 Hz and distance between source and receiver equal to 10 m.
Height of transmitter: ——— 0.3 m, - - - 1.0 m, - · - · - 2.0 m.

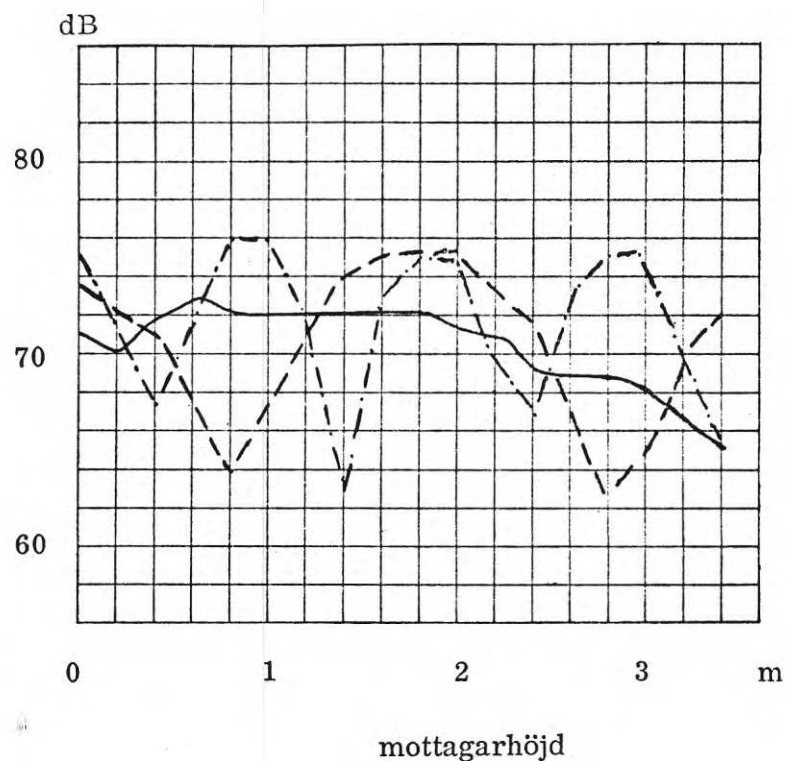


FIG. 7:4. Ljudtrycksnivån som funktion av mottagarhöjden vid 1000 Hz och avståndet källa - mottagare 10 m. Sändarhöjd: — 0,3 m, - - - - 1,0 m, - · - · - 2,0 m.

Sound pressure level as a function of the height of the receiver at 1000 Hz and distance between source and receiver equal to 10 m. Height of transmitter: — 0.3 m, - - - 1.0 m, - · - · - 2.0 m.

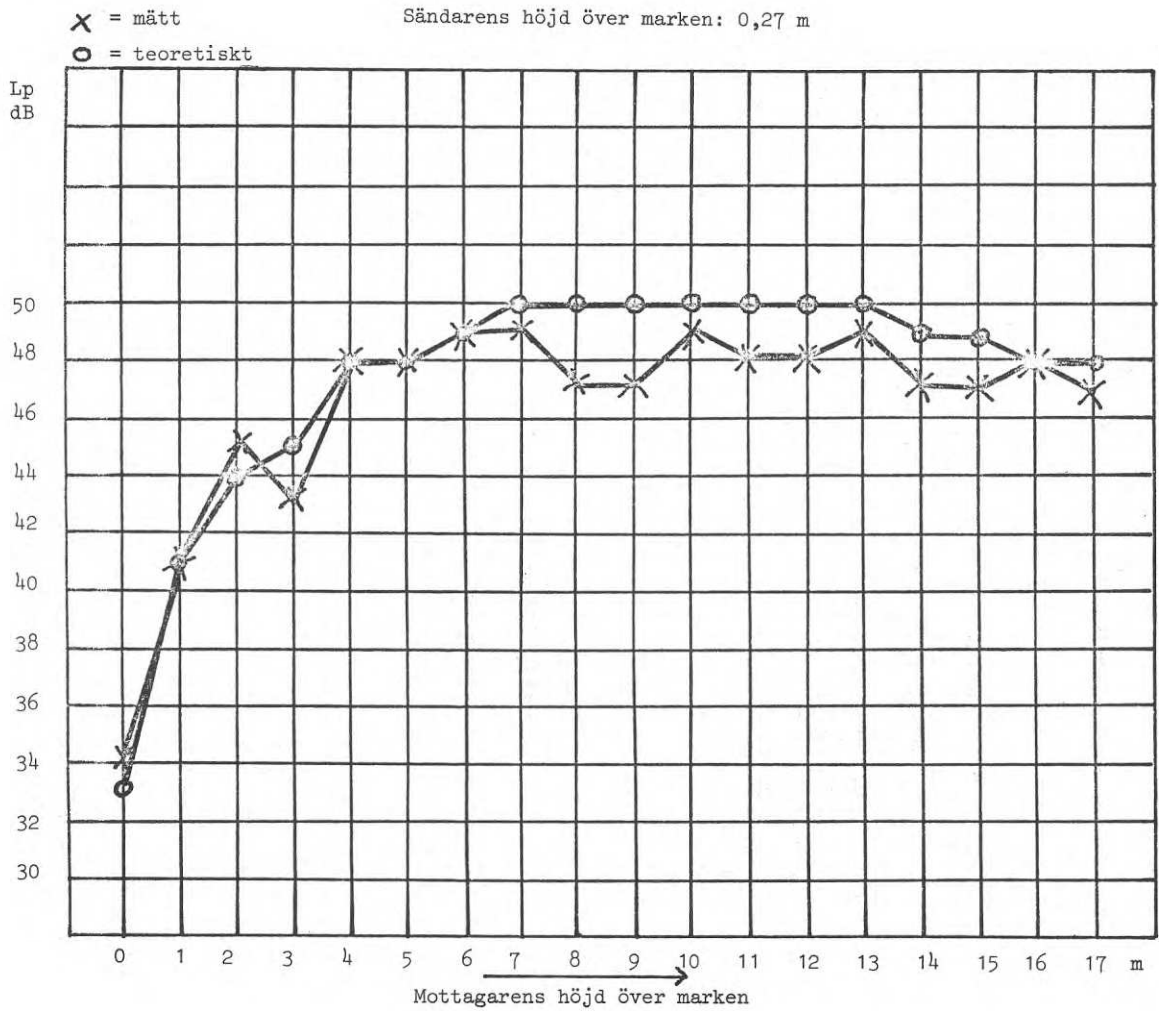


FIG. 7:5. Ljudtrycksnivåns variationer med höjden över marken vid 1000 Hz och avståndet källa - mottagare 75 m. Sändarhöjd: 0,3 m.

Variations with height above ground level of the sound pressure level, at 1000 Hz and distance between source and receiver equal to 75 m. Height of transmitter = 0,3 m.

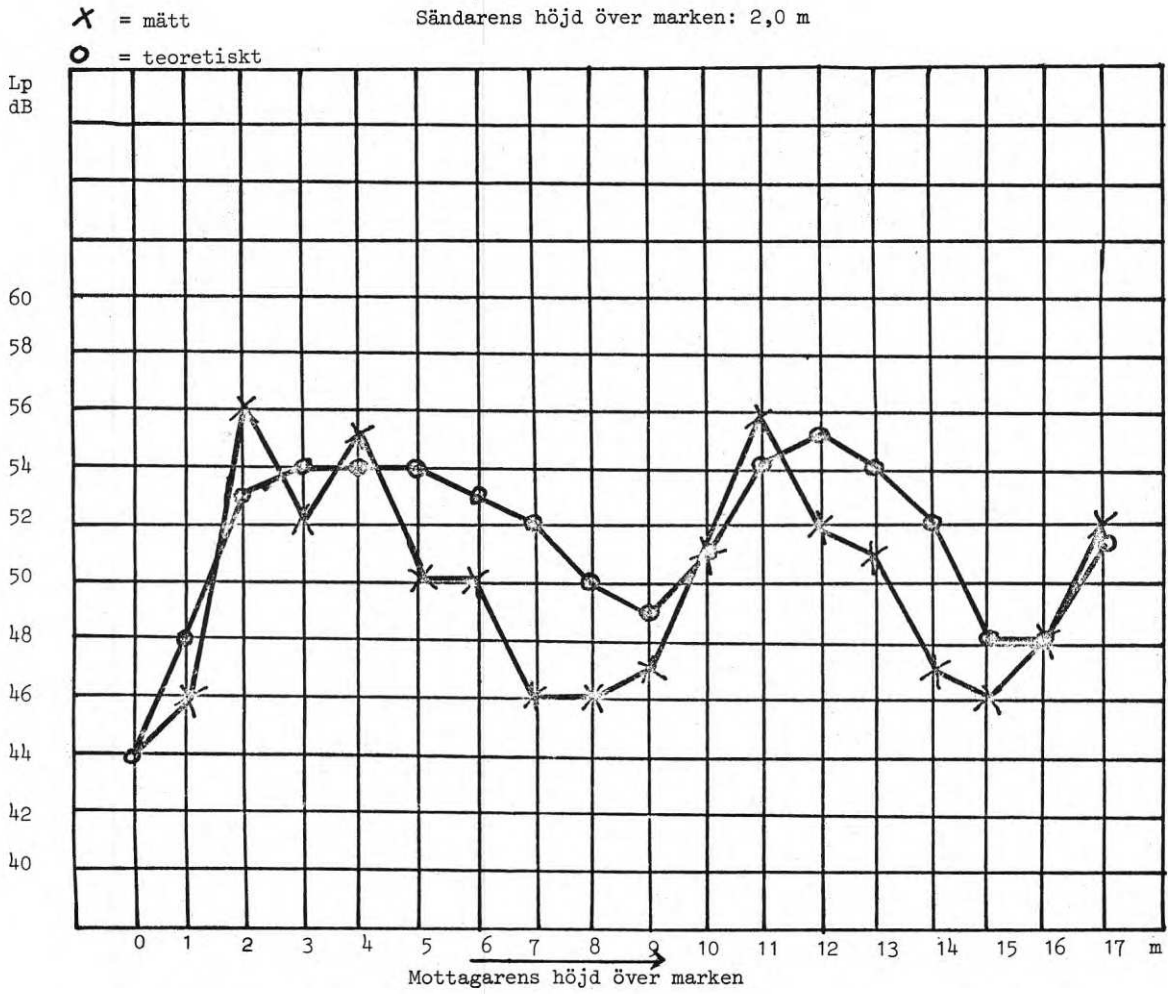


FIG. 7:6. Ljudtrycksnivåns variationer med höjden över marken vid 1000 Hz och avståndet källa - mottagare 75 m. Sändarhöjd: 2,0 m.

Variations with height above ground level of the sound pressure level, at 1000 Hz and distance between source and receiver equal to 75 m. Height of transmitter = 2.0 m.

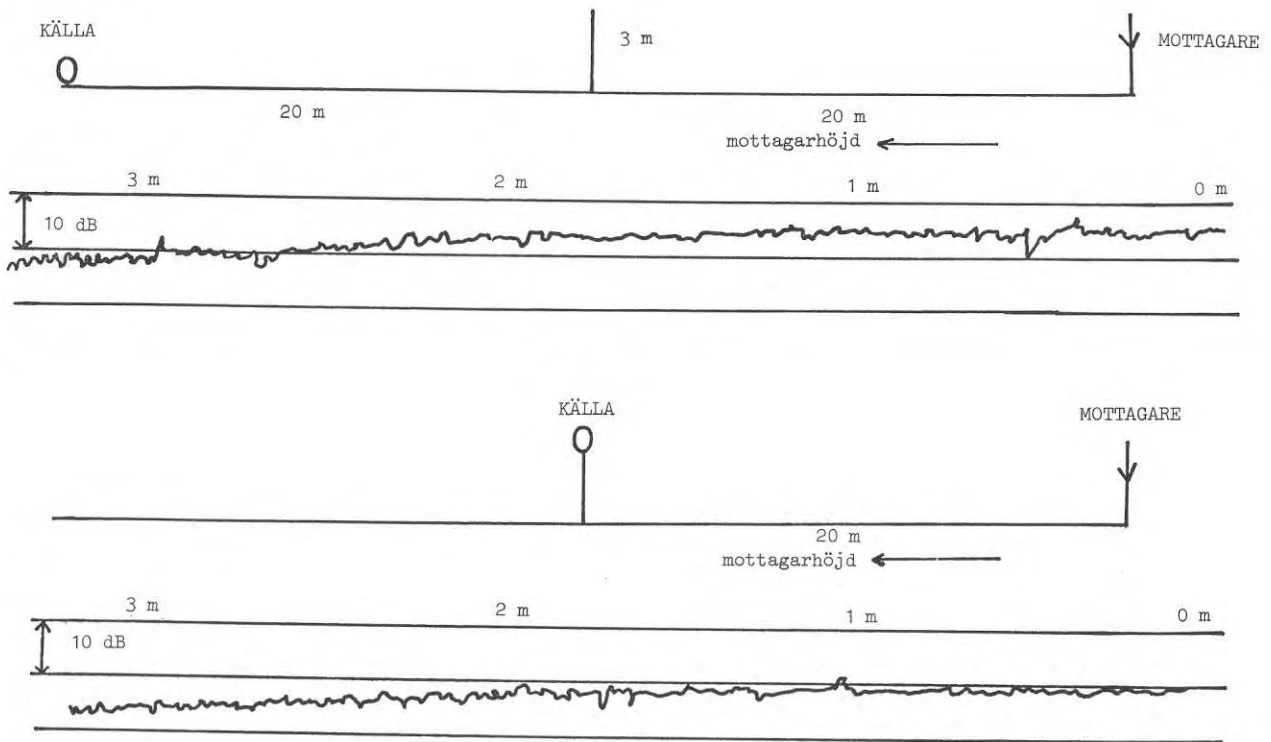


FIG. 7:7. Ljudtrycksnivåns variation vid 125 Hz i höjddled 20 m bakom en 3 m hög skärm med ljudkällan 20 m framför skärmen resp. på skärmkrönet.

Vertical variation of sound pressure level at 125 Hz at a distance of 20 m behind a 3-m screen, with the noise source 20 m in front of the screen and on top of the screen respectively.

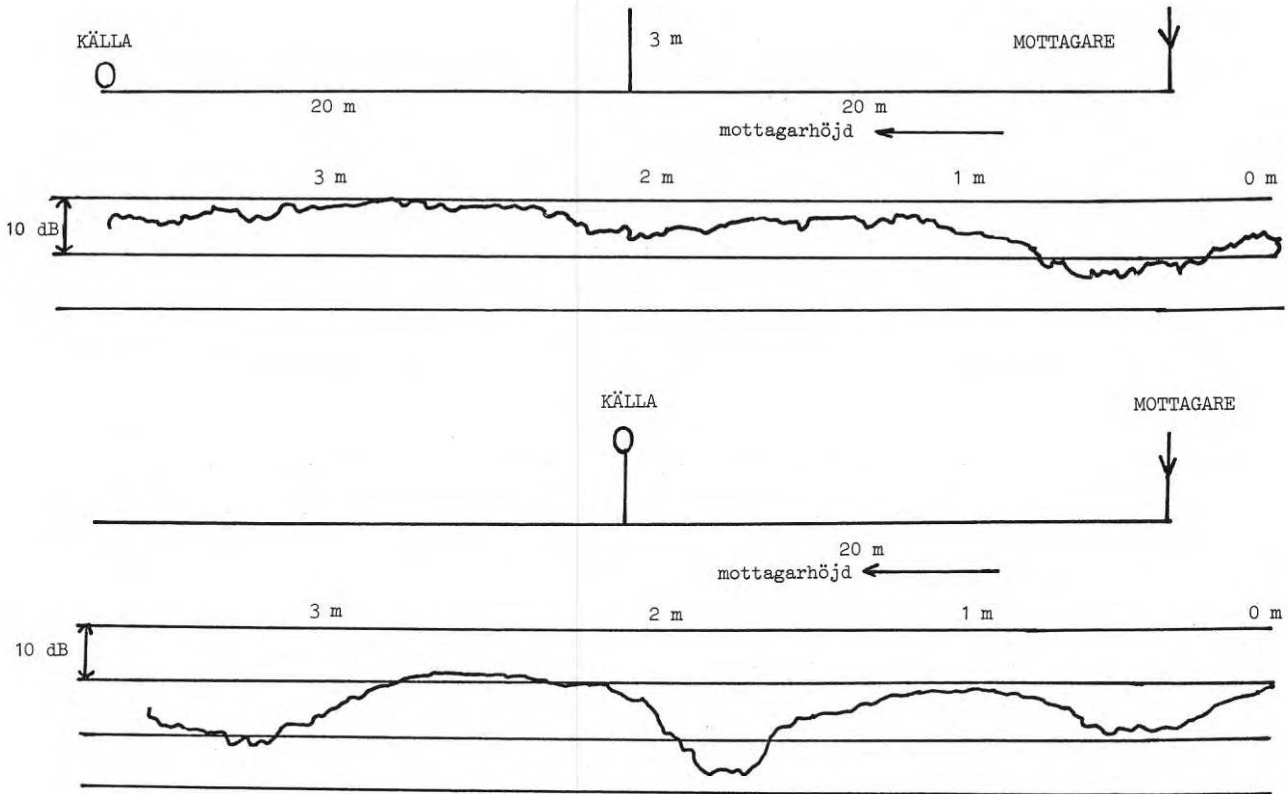


FIG. 7:8. Ljudtrycksnivåns variation vid 1000 Hz i höjddled 20 m bakom en 3 m hög skärm med ljudkällan 20 m framför skärmen resp. på skärmkrönet.

Vertical variation in sound pressure level 20 m behind a 3-m screen, with the noise source 20 m in front of the screen and on top of the screen respectively. Frequency = 1000 Hz.

mänhet blir liten. Jämfört med det oskärmade fallet kommer vi därför att få mindre markdämpning. Eftersom den egentliga skärmdämpningen på detta sätt motverkas medelst minskad markdämpning, blir effekten av en skärm i allmänhet mindre än vad man hade tänkt sig.

Som belägg för att skärmkanten i viss mån verkar som en sekundärkälla kan FIG. 7:7 och 7:8 studeras. Den övre kurvan i varje figur visar ljudtrycksnivåns höjdberoende på mottagar sidan av skärmen då sändaren befinner sig 20 m från skärmen på marken. Den undre kurvan visar ljudtrycksnivåns höjdberoende då ljudkällan är en högtalare som står på skärmkrönet. Det framgår tydligt att kurvorna principiellt har samma förlopp. Att de övre har ett något mjukare förlopp beror på att den reflekerande vågen dämpas något på grund av skärmen, varför eventuella utsläckningar blir mindre än annars. Av speciellt intresse är kurvan vid 125 Hz. Som synes blir dämpningen i detta fall större ju högre upp man kommer. Detta strider kanske i viss mån mot vad man spontant vill tänka sig. Att den egentliga skärmdämpningen är störst vid markplanet är helt klart. Detta förhållande motverkas dock i detta fall av större markdämpning vid högre höjder. Vid låga frekvenser är nämligen markdämpningen minst nära marken.

Civ ing Bo Wadmark
TEMPERATUR- OCH VINDGRADIENTERS INVERKAN PÅ
LJUDUTBREDNING NÄRA MARK

Ljudavböjning

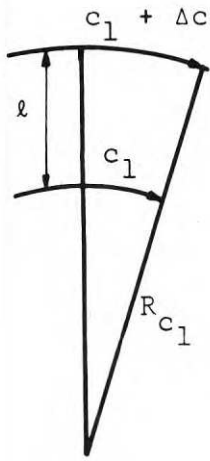
Ljudvågorna böjs nedåt vid positiv hastighetsgradient och vid positiv temperaturgradient (vindstillä eller tvärs vindriktningen). Detta gäller nära marken vid medvind och då marken är kallare än luften exempelvis på grund av värmeutstrålning under dygnets mörkare timmar. Se FIG. 7:11 och 7:13.

Ljudvågorna böjs uppåt vid negativ hastighetsgradient och vid negativ temperaturgradient (vindstillä eller tvärs vindriktningen). Dvs vid motvind nära marken och då marken är varmare än luften exempelvis på grund av solens värmebestrålning, se FIG. 7:12 och 7:13.

Temperaturgradient nära mark

Temperaturgradienten närmast marken bestäms i allmänhet av balansen mellan instrålning och utstrålning värme.

Vid värmeinstrålningsbalans och atmosfär utan temperaturskiktningar eller annan påverkan än tyngdkraften gäller för ideell atmosfär temperaturgradienten

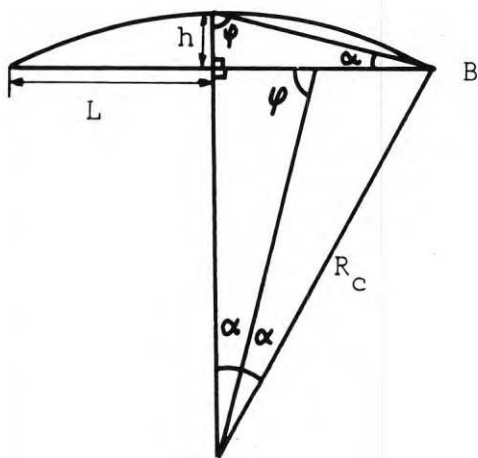


$$\frac{R_{c_1} + l}{R_{c_1}} = \frac{c_1 + \Delta c}{c_1}$$

$$R_{c_1} = \frac{l c_1}{\Delta c}$$

FIG. 7:9. Avböjning av ljudhastighetsgradient.

Deflection of the sound velocity gradient.



För $h \ll R_c$ fås

$$\frac{h}{L} = \frac{L/2}{R_c - h}$$

$$h = \frac{L^2}{2R_c}$$

FIG. 7:10. Beräkning av högsta höjd ur krökningen.

Calculation of the greatest height from the curvature.

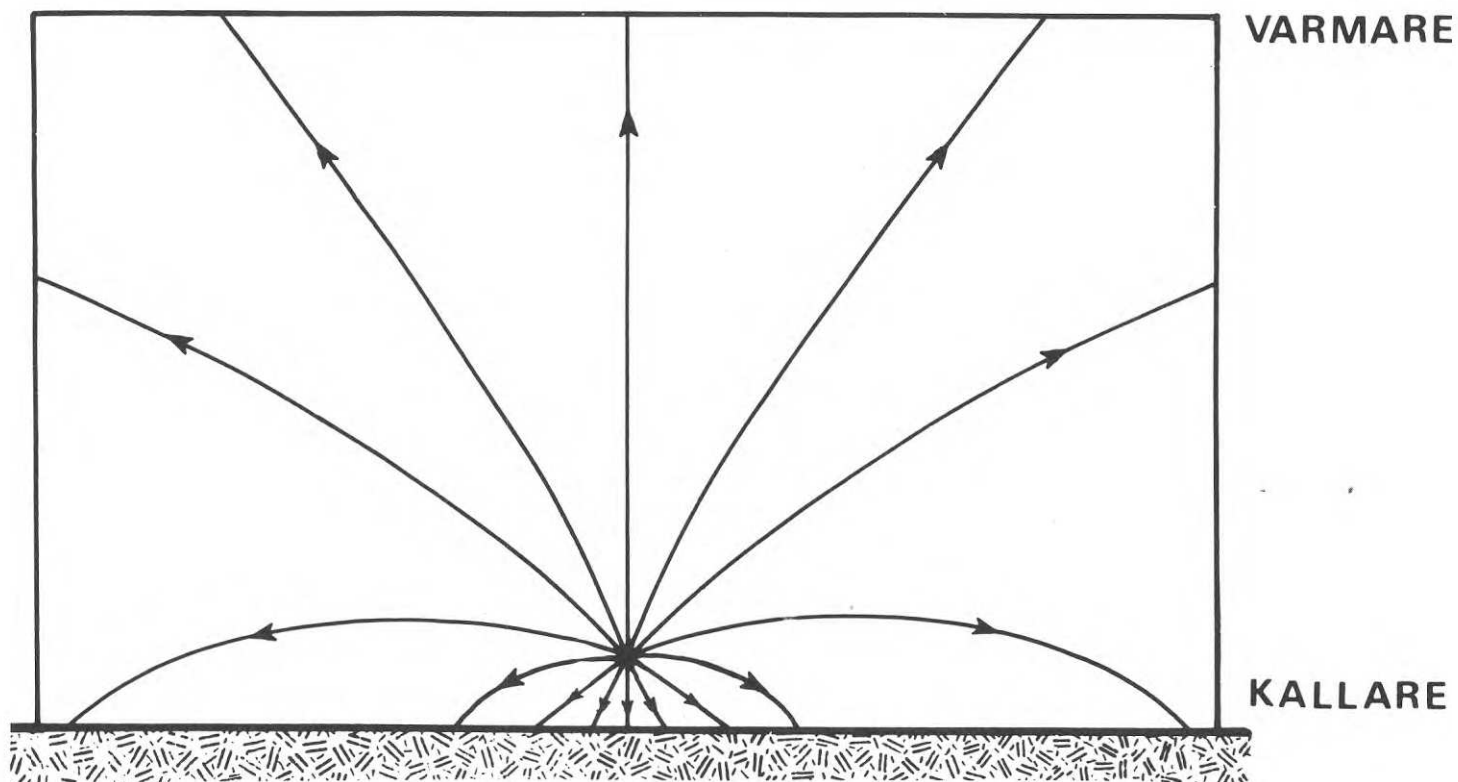


FIG. 7:11. Illustration av ljudutbredning vid positiv temperaturgradient.

Illustration of sound propagation at positive temperature gradient.



FIG. 7:12. Illustration av ljudutbredning vid negativ temperaturgradient.

Illustration of sound propagation at negative temperature gradient.

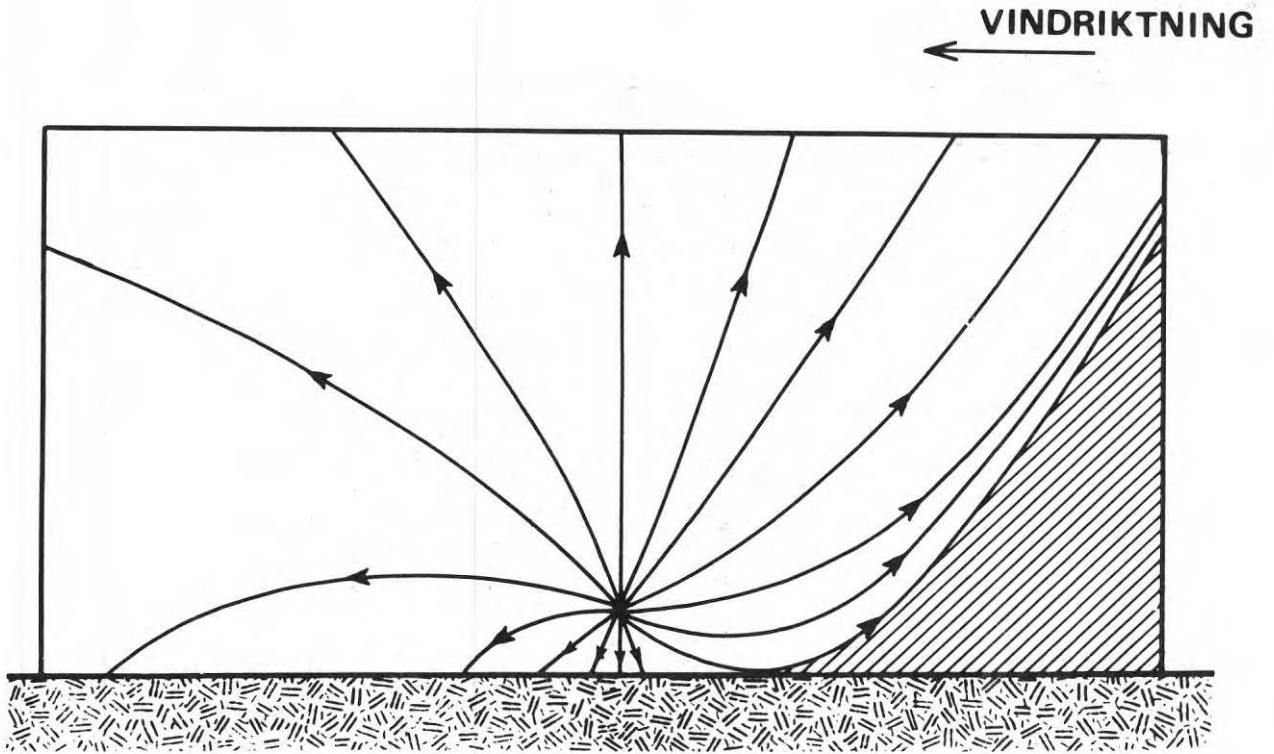


FIG. 7:13. Illustration av ljudutbredning vid vindgradient.

Illustration of sound propagation due to wind gradient.

$$\frac{dT}{dh} = \frac{g}{R} \cdot \frac{\gamma-1}{\gamma} = -\Gamma \approx -1,1 \cdot 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C/m} \quad (1)$$

g = tyngdacceleration (m/s^2)

γ = adiabetisk konstant ($\approx 1,40$)

R = allmänna gaskonstanten ($\text{J/kg, } ^\circ\text{C}$)

Temperaturgradienten är i allmänhet betydligt större nära marken och i övergångar mellan olika temperaturskikt.

Av visade mätningar av temperaturgradienter (FIG. 7:14 och 7:15) framgår att man vid samma höjd normalt får samma storleksordning på positiv och negativ temperaturgradient. Approximativt kan medelvärdet sättas till:

$$\left| \frac{\Delta T}{\Delta h} \right| = 0,4 h^{-1,4} \quad \text{för } 0,1 < h < 5 \text{ m} \quad (2)$$

$$\left| \frac{\Delta T}{\Delta h} \right| = 0,2/h \quad \text{för } 2 < h < 20 \text{ m} \quad (3)$$

Normalt kan temperaturgradienten vara cirka 3 gånger större eller mindre än ekv. (2) och (3). Krökningsradien vid 17°C blir med insättning av ekv. (3):

$$R_c = 3 \cdot 10^3 h \quad (4)$$

Beräknas nu högsta höjden h enligt FIG. 7:10 och med insättning av krökningsradien vid den högsta höjden h enligt ekv. (4) fås:

$$h = 0,7 \cdot 2L \cdot 10^{-2} \quad (5)$$

Dvs vid normal positiv temperaturgradient fås högsta höjden vid ljudutbredning mellan två punkter på marken till 0,7 % av avståndet mellan punkterna. Normalt kan vi få 1,5 % vid stark temperaturgradient och 0,3 % vid svag temperaturgradient.

Ljudskugga kan också beräknas ur krökningsradien. Är sändare och mottagare belägna på samma höjd h nära marken blir avståndet grovt approximativt 50 gånger h över marken under sommaren och 100 gånger h under vintern under förutsättning av normal negativ temperaturgradient (vindstill eller vinkelrätt mot vind).

Molniga dagar är värmeutbytet mindre. Temperaturgradienter är då sannolikt mindre och ändringar i temperaturförhållanden sker med större fördröjning. Blåsiga dagar blir sannolikt temperaturgradienten något mindre på grund av turbulent värmeutbyte.

FIG. 7:16 anger en grov uppskattning av tidpunkten för omslag mellan positiv och negativ temperaturgradient.

* HÄLLERED 3.12.69 KL 12 VINDSTYRKA 0 m/s
 ● HÖGSBOHÖJD 30.11.69 KL 24 --- 4---
 * STORA HOLM 26.11.69 KL 14.30 --- 2---

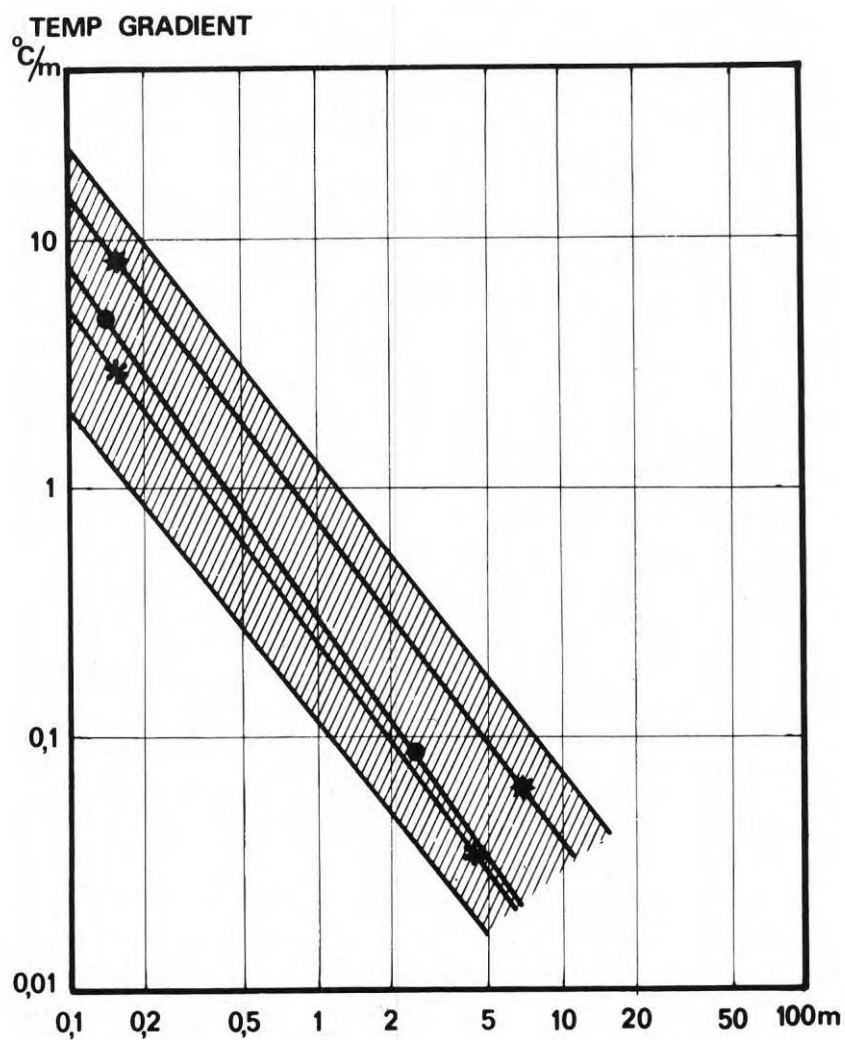


FIG. 7:14. Positiv temperaturgradient.

Positive temperature gradient.

● KL 11 MARS HÖGSBOHÖJD GÖTEBORG
 ★ KL 13.30 MARS
 ▲ KL 15 MARS
 * KL 12 JUNI SÖDRA ENGLAND
 * KL 12 JAN.

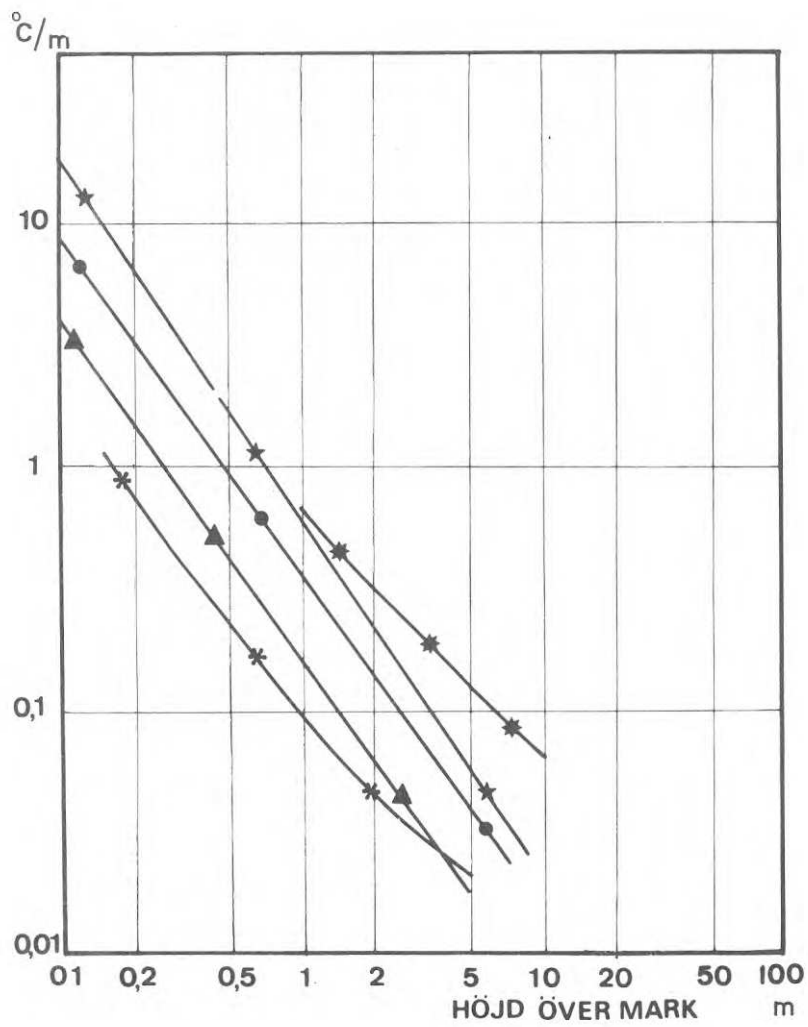


FIG. 7:15. Negativ temperaturgradient.

Negative temperature gradient.

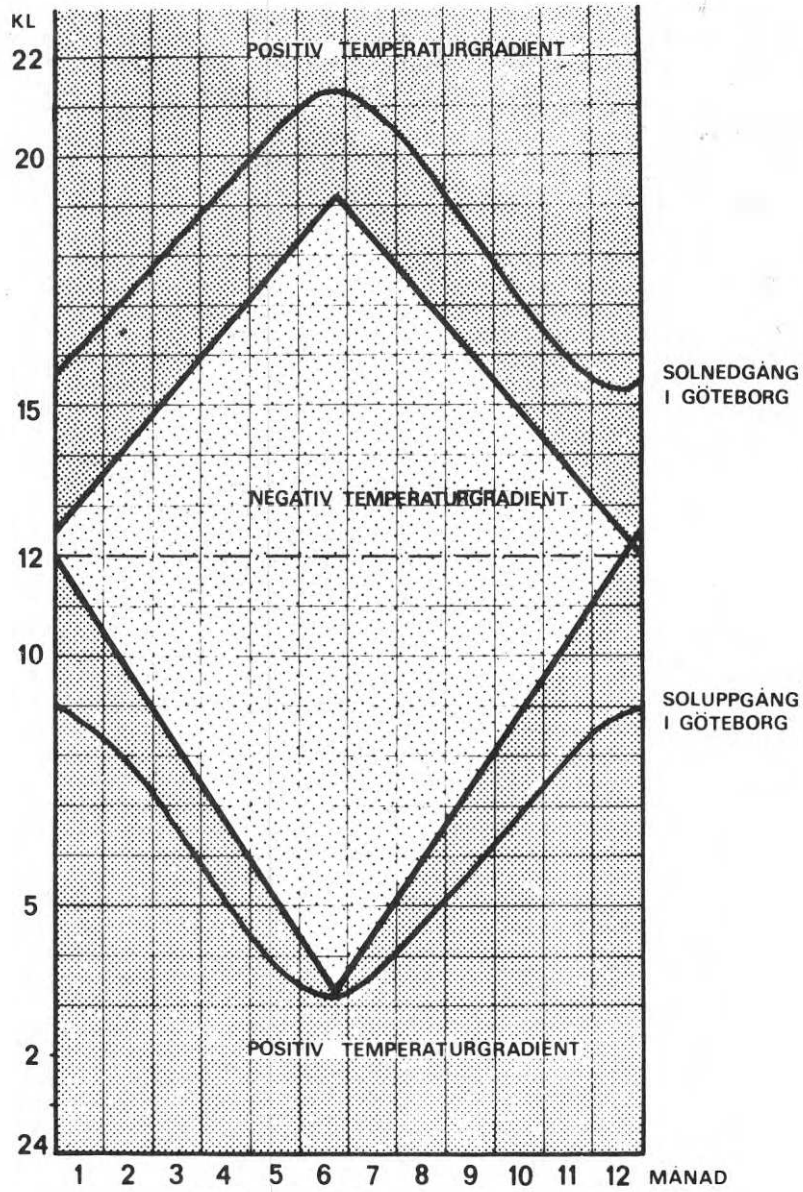


FIG. 7:16. Ungefärliga tider för positiv resp. negativ temperaturgradient i Göteborgstrakten.

Approximate times for positive and negative temperature gradient in the Gothenburg district.

Vindgradient

Vindgradienten närmast marken bestäms av hastigheten och hastighetsfördelningen inom gränsskiktet. Lokala medelhastigheten $u(h)$ i gränsskikt nära marken kan approximativt skrivas som en funktion av ytråhet, höjd över mark och hastigheten på en viss höjd

$$u(h) = 5,8u(1,5) \cdot \frac{u_f}{u(1,5)} \cdot \log \frac{h+z_0}{z_0} \quad (4)$$

$u(h)$ = lokal medelhastighet vid höjden h

u_f = friktionshastigheten

z_0 = ekvivalenta ytråhetshöjden

$u(1,5)$ = medelhastigheten på höjden 1,5 m

Vindgradienten blir:

$$\frac{\Delta u}{\Delta h} = \frac{2,5}{h+z_0} \cdot u(1,5) \cdot \frac{u_f}{u(1,5)} \quad (5)$$

$T_1 = 290^{\circ}\text{K} = 17^{\circ}\text{C}$ ger ljudhastighetens ändring

$$\Delta c = c_1 \cdot \frac{\Delta T}{2T_1} = 0,59 \Delta T \quad (6)$$

Ljudhastighetens ändring på grund av temperaturgradienten balanseras ut av hastighetsgradienten då

$$\frac{\Delta u}{\Delta h} = \frac{\Delta c}{\Delta h} = 0,59 \frac{\Delta T}{\Delta h} = \frac{2,5}{h+z_0} \cdot u(1,5) \cdot \frac{u_f}{u(1,5)} \quad (7)$$

Görs nu ansatsen med ekv. (4), sätts $h \gg z_0$, $z_0 = 0,05$ m och $\frac{u_f}{u(1,5)} = 0,12$ för tunt gräs upp till 0,5 m höjd fås balans vid 0,4 m/s på höjden 1,5 m.

Dvs vindhastigheter större än 1,5 m/s dominerar motvinds och medvinds över normalt förekommande temperaturgradienter.

Krökningsradien blir

$$R_c = \frac{c_1}{\Delta u / \Delta h} \quad (8)$$

Insättning av ovanstående ansats ger

$$R_c = 1100 \frac{h}{u(1,5)} \quad (9)$$

Krökningsradien vid högsta höjden h blir:

$$h = 2L \cdot \sqrt{u} \cdot 10^{-2} \quad (10)$$

Dvs för 4 m/s medvinds blir högsta höjden 2 % av avståndet mellan punkterna på marken. Vid samverkande positiv temperaturgradient och medvind fås en högsta höjd av cirka 3 % av avståndet.

Beräkningarna är gjorda för medelvärden och stationära förhållanden. Gränsskiktet över marken kan vara upp mot 500 m tjockt. Turbulenspaketet är små nära marken och blir större på högre höjd. De största turbulenspaketet har en längd i vindriktningen på cirka 2 gånger gränsskiktets tjocklek.

Vid en turbulenspaketlängd på 1000 m och en medelvindshastighet på 5 m/s för paketet innebär detta en förflyttningstid på 200 sek eller cirka 3 min. Det är därför naturligt att ljud från långt avlägsna ljudkällor varierar starkt i tiden med stora tidskonstanter.

Markdämpning vid positiv temperaturgradient

Ljudvågorna böjs nedåt vid medvind och vid positiv temperaturgradient (vindstilla eller tvärs vindriktningen). Vid avstånd större än 200 m bidrager endast området närmast ljudkällan och närmast mottagaren till markdämpningen, se FIG. 7:17 och 7:18.

I skogsterräng kan markdämpningens närfältsavstånd sättas till cirka 100 m och dämpningen till cirka 5 dB(A) och på öppet fält knappt 50 m och cirka 1 dB(A). Skillnaden i markdämpning vid utbredning mer än 200 m blir därmed cirka 8 dB(A) mellan skogsterräng och öppet fält vid nedböjning av ljudvågorna.

Vid beräkning av skärmdämpning måste hänsyn tagas till att ljudutbredningen normalt påverkas starkt av vind- och temperaturgradienter. Detta innebär att skärmar bör placeras nära ljudkällan eller mottagaren.

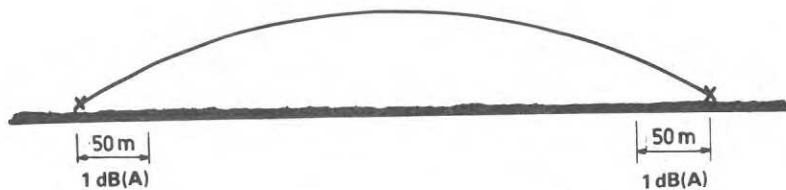


FIG. 7:17. Markdämpning vid nedböjning av ljudvågor, öppet fält.

Ground-level attenuation of deflected sound waves, open country.

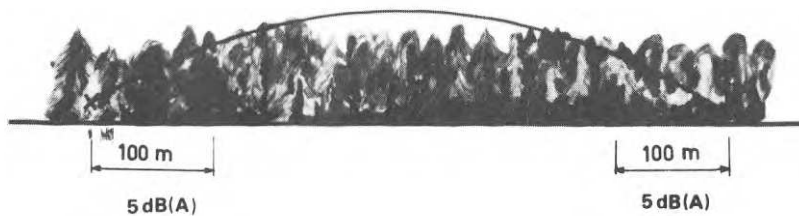


FIG. 7:18. Markdämpning vid nedböjning av ljudvågor, skogs terräng.

Ground-level attenuation of deflected sound waves, forest country.

Tekn lic Sten Ljunggren
BERÄKNINGSMETOD FÖR TRAFIKBULLER

I Byggnadsforskningens rapport 20:1970 [1] redovisas nya diagram för trafikbullerbedömningar, se FIG. 7:19-22. De redovisade kurvorna för markplanet, FIG. 7:19-21, bygger helt på egna, ganska omfattande mätningar och stämmer i stort sett överens med de diagram som tidigare publicerats av Ingemansson & Benjegård [2]. Kurvskaran för höjdkorrektionerna har däremot framtagits som ett medelvärde av samtliga tillgängliga mätvärden, däribland en hel del från utländska undersökningar.

Under senare år har det både inom och utom landet publicerats ett antal liknande kurvskoror för bedömning av vägtrafikbuller. Det har därför varit en angelägen uppgift att jämföra dessa med dem nu föreslagna. Några av de gjorda jämförelserna framgår av FIG. 7:23-25.

För några år sedan publicerade Elvhammar & Ingemansson [3] en empirisk kurvskara för beräkning av skärmdämpningen. Med hjälp av ett generaliserat vägtrafikspektrum, se FIG. 7:26, har dessa kurvor kunnat förenklas ytterligare, se FIG. 7:27. Det generaliserade vägtrafikspektrat har framtagits som ett medelvärde av alla kända mätresultat; det visade sig nämligen att dessa sins emellan varierade förvånansvärt litet.

Rapporten anger också en metod för bedömning av skärmar med ändlig utsträckning i planet, se FIG. 7:28 och 7:29. FIG. 7:28, som visar hur stor del av bullerbelastningen i en punkt vid sidan om vägen som infaller inom vinkelområdet $(-90^{\circ}; \phi)$ (-90° förutsättes parallell med vägen), har konstruerats under antagande att summan av all tillskottsdämpning räknat i dB vid ljudutbredning mellan två punkter är proportionell mot avståndet mellan punkterna.

Referenser

- [1] Ingemansson S & Ljunggren S, 1970, Bullerproblem vid trafikleder - en litteraturstudie och förslag till beräkningsmetodik. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport 20:1970.
- [2] Ingemansson S & Benjegård S-O, 1969, Störningsmått för trafikbuller. Minimiavstånd trafikled - bebyggelse i plan, oskärmad terräng. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport 52/69.
- [3] Elvhammar H & Ingemansson S, 1965, Bullerproblem vid trafikleder. (Statens institut för byggnadsforskning) Stockholm. Rapport 7/65.

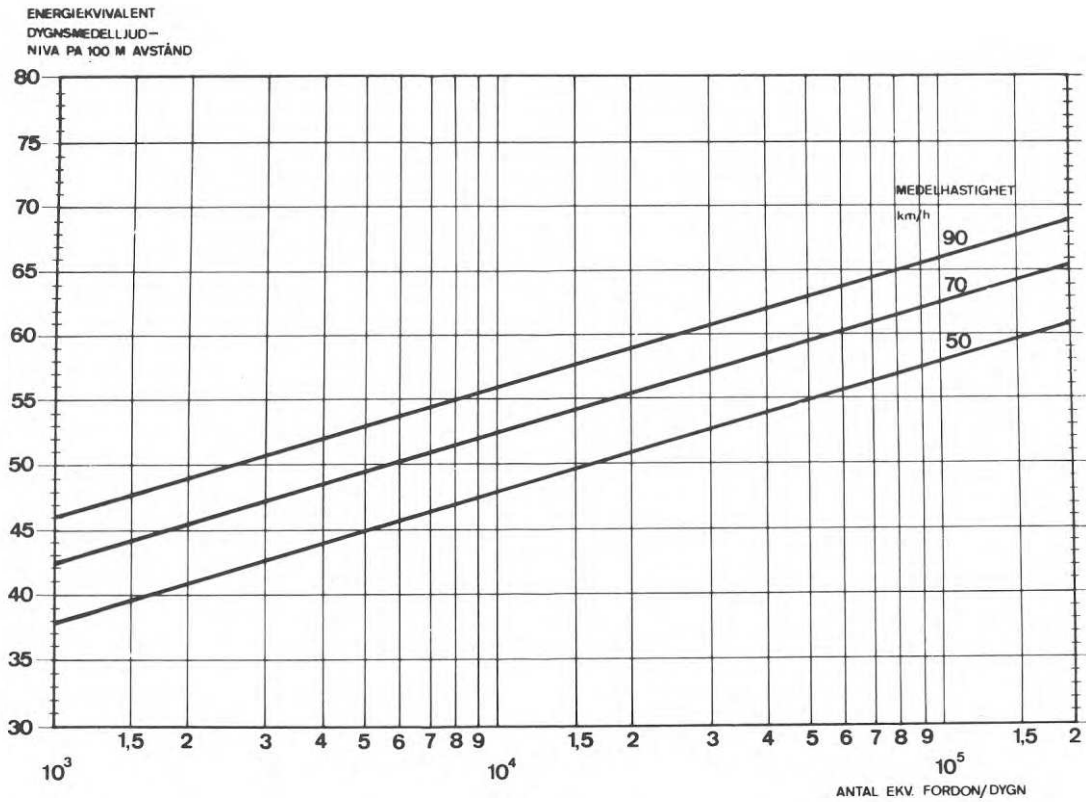


FIG. 7:19. Samband mellan tidsekvivalent medelljudnivå i dB(A) (Q -värde) på 100 m avstånd, trafikintensitet och fordonshastighet enligt den föreslagna beräkningsmetodiken. Kurvorna gäller för markplanet och i fri oskärmad terräng av typen åker eller äng.

Relationship between equivalent mean sound level in dB(A) (Q -value) at a distance of 100 m, traffic intensity and vehicle speed in accordance with the proposed calculation method. The curves are valid for ground level and in free unobstructed country of the arable land or meadow type.

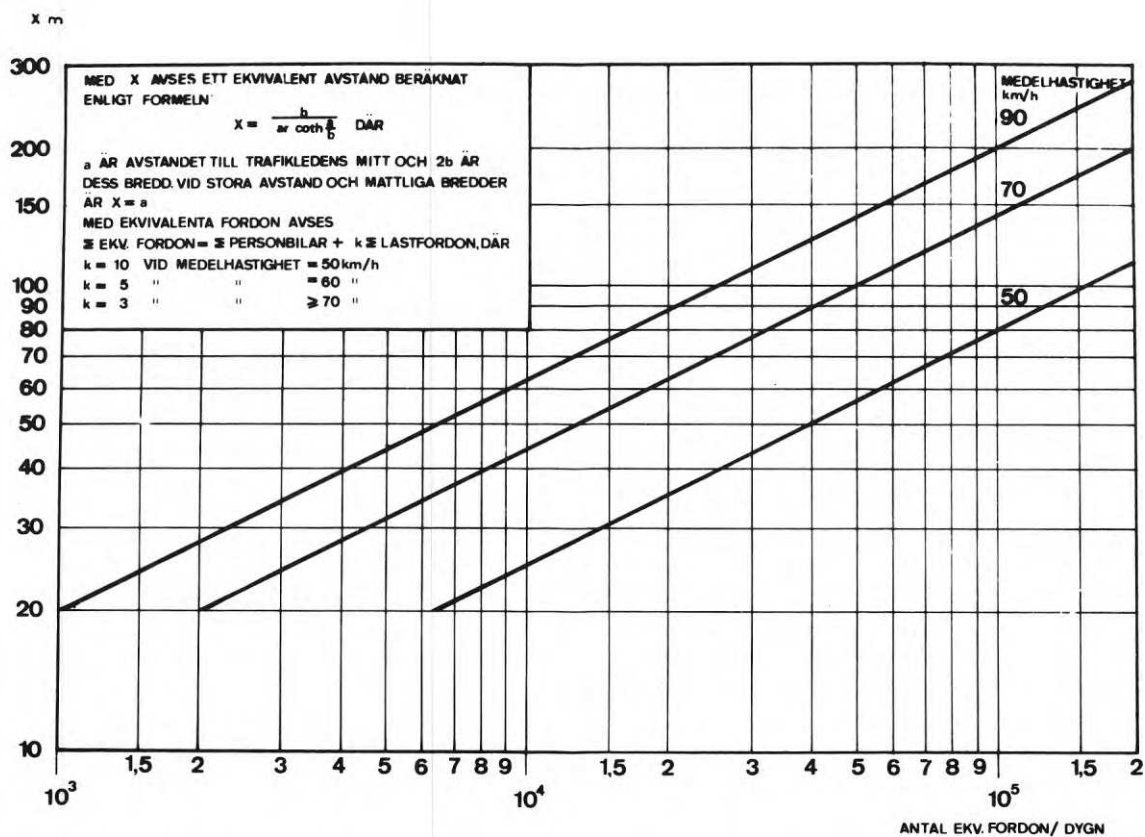


FIG. 7:20. Samband mellan avstånd, medelhastighet och trafikintensitet för Q -värdet 60 i markplanet. Sambandet gäller för plan, oskärmad mark av typen åker eller äng.

Relationship between distance, mean speed and traffic intensity for a Q -value of 60 at ground level. The relationship is valid for level unobstructed country of the arable land or meadow type.

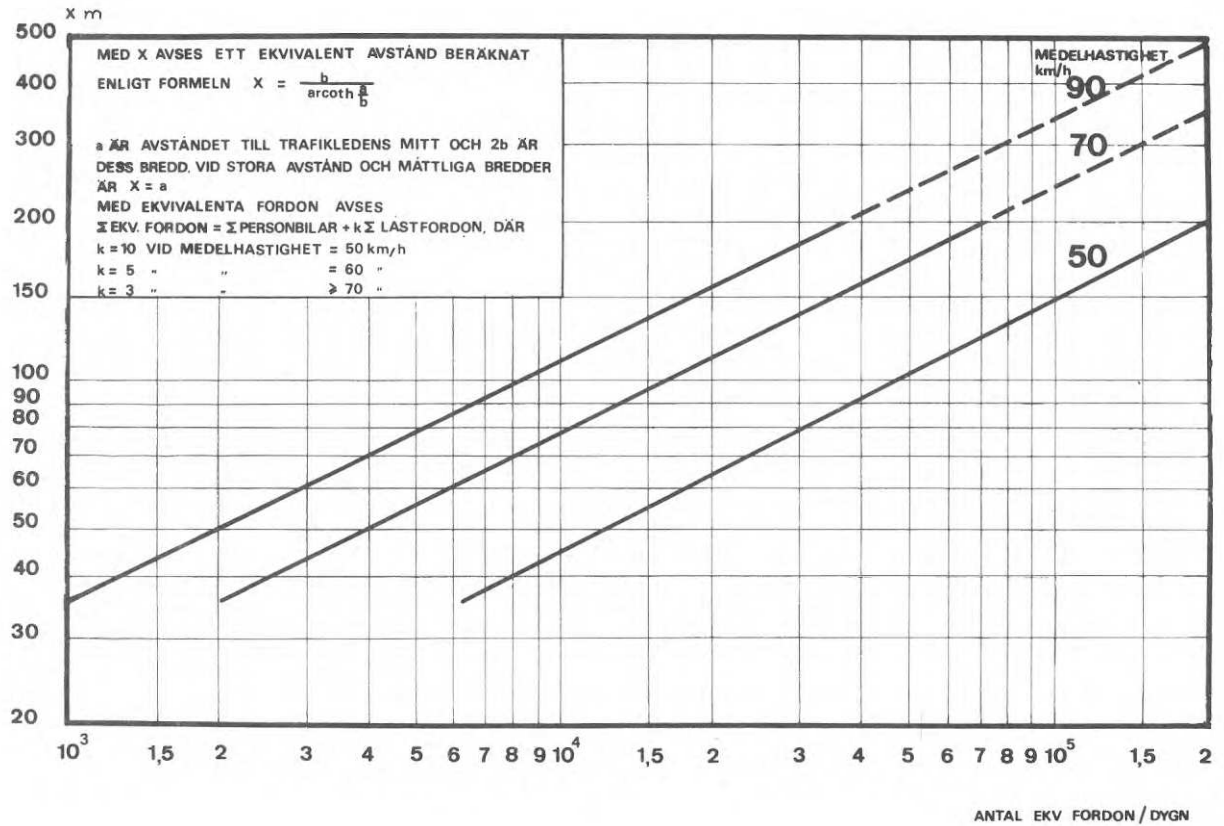


FIG. 7:21. Samband mellan avstånd, medelhastighet och trafikintensitet för Q -värdet 55 i markplanet. Sambandet gäller för plan, oskärmad mark av typen åker eller äng.

Relationship between distance, mean speed and traffic intensity for a Q -value of 55 at ground level. The relationship is valid for level unobstructed country of the arable land or meadow type.

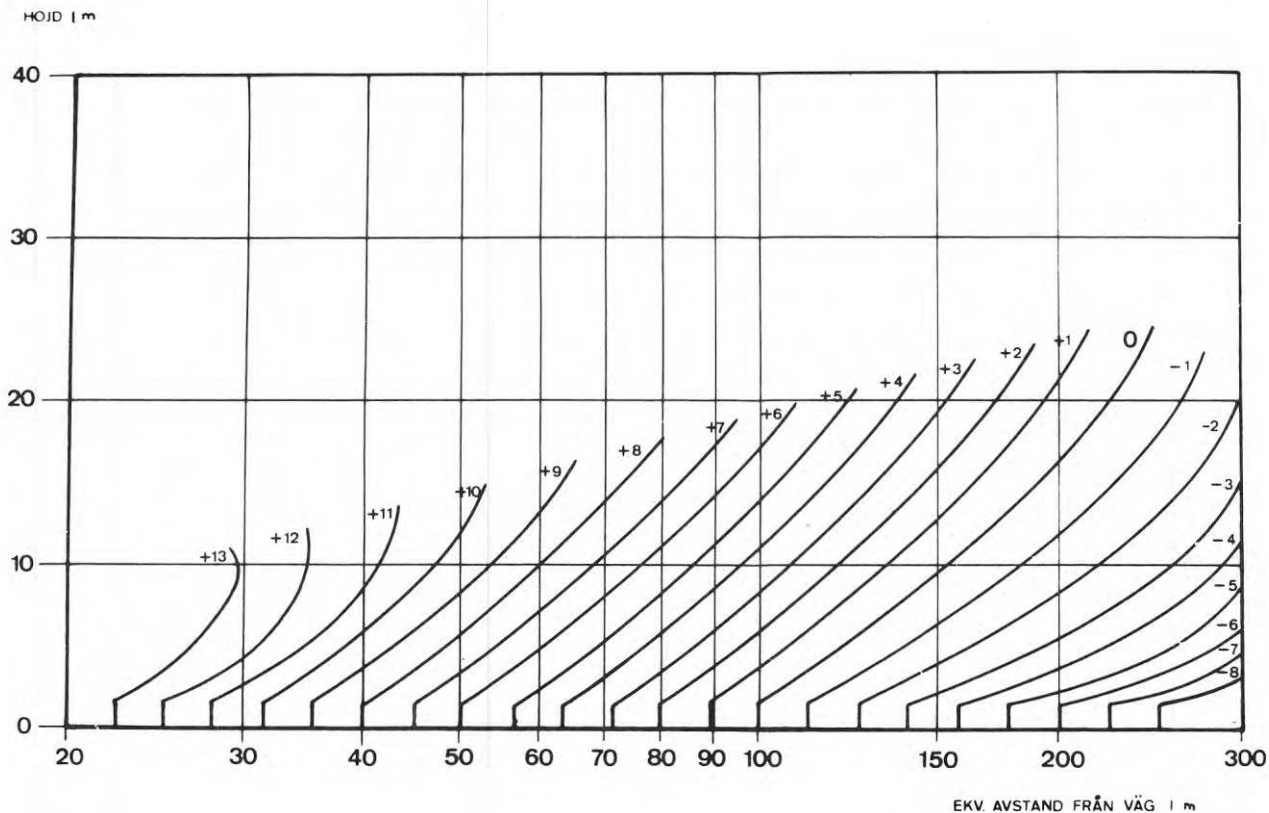
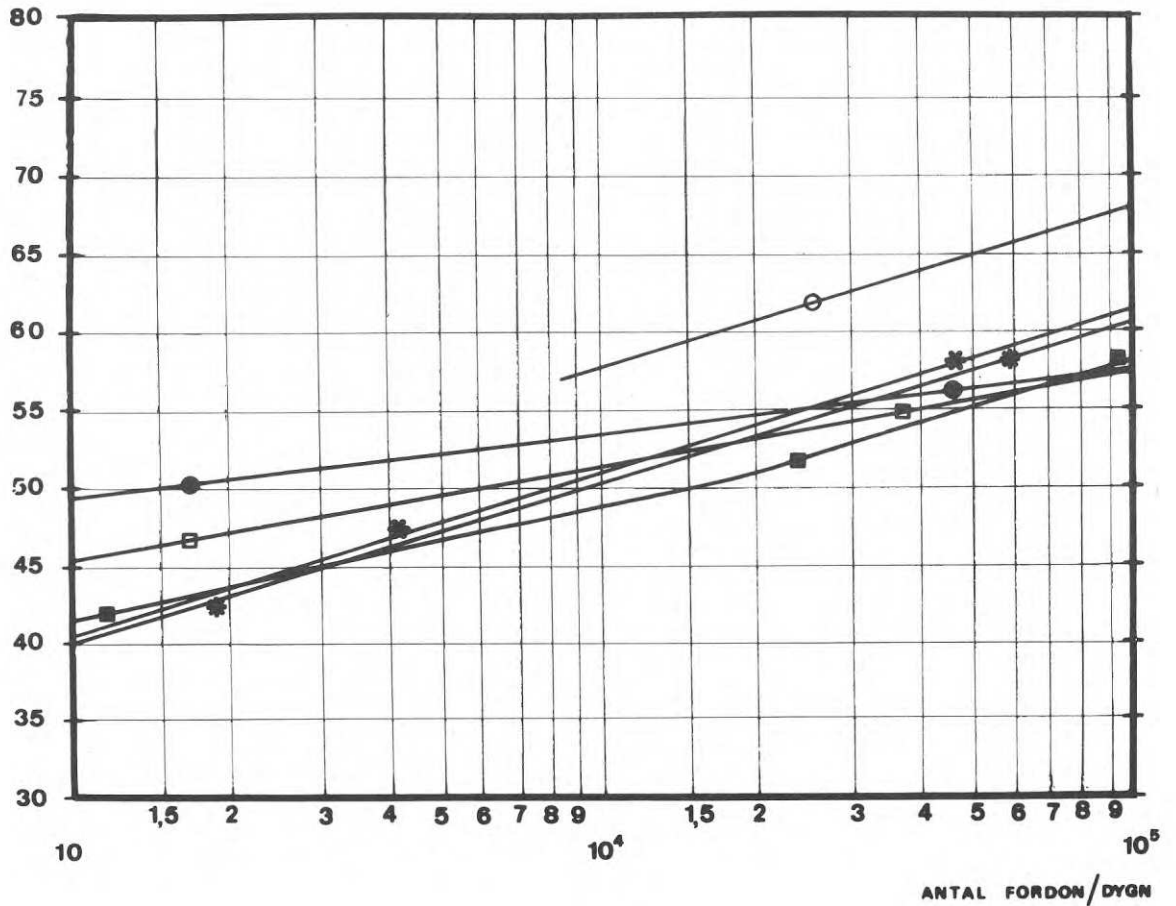


FIG. 7:22. Samband mellan Q -värdet på olika avstånd från vägen och olika höjder över marken refererat till Q -värdet på 100 m avstånd och i markplanet. Sambandet gäller för plan, oskärmad mark av typen åker eller äng.

Relationship between the Q -value at different distances from the road and at different heights above ground, and the Q -value at a distance of 100 m and at ground level. The relationship is valid for level unobstructed country of the arable land or meadow type.



- STÖJ OG BYPLAN (1966)
- * INGEMANSSON OCH BENJEGÅRD (1969)
- ⊠ ENTWURF D I N 18005 (1968)
- JOHNSON OCH SAUNDERS (1968)
- ELVHAMMAR OCH INGEMANSSON (1965)
- ELVHAMMAR (1965)

FIG. 7:23. Q -värdet som funktion av trafikflödet beräknat enligt olika författare. Fordonshastighet 50 km/tim, avstånd till vägen 100 m och andel tunga fordon 10%.

The Q -value as a function of traffic flow, as calculated by various authors. Vehicle speed 50 kph, distance from road 100 m, proportion of heavy vehicles 10 %.

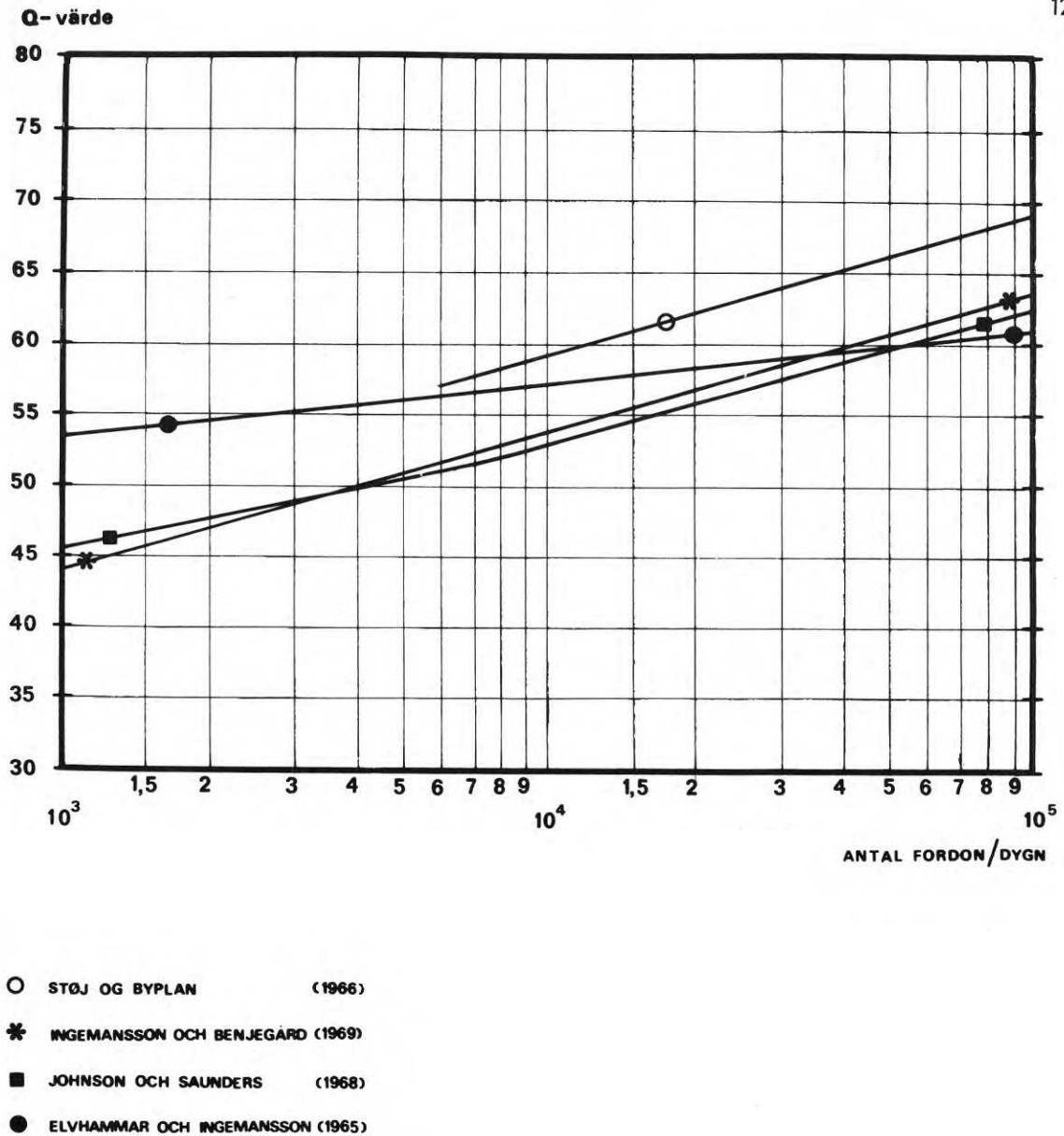
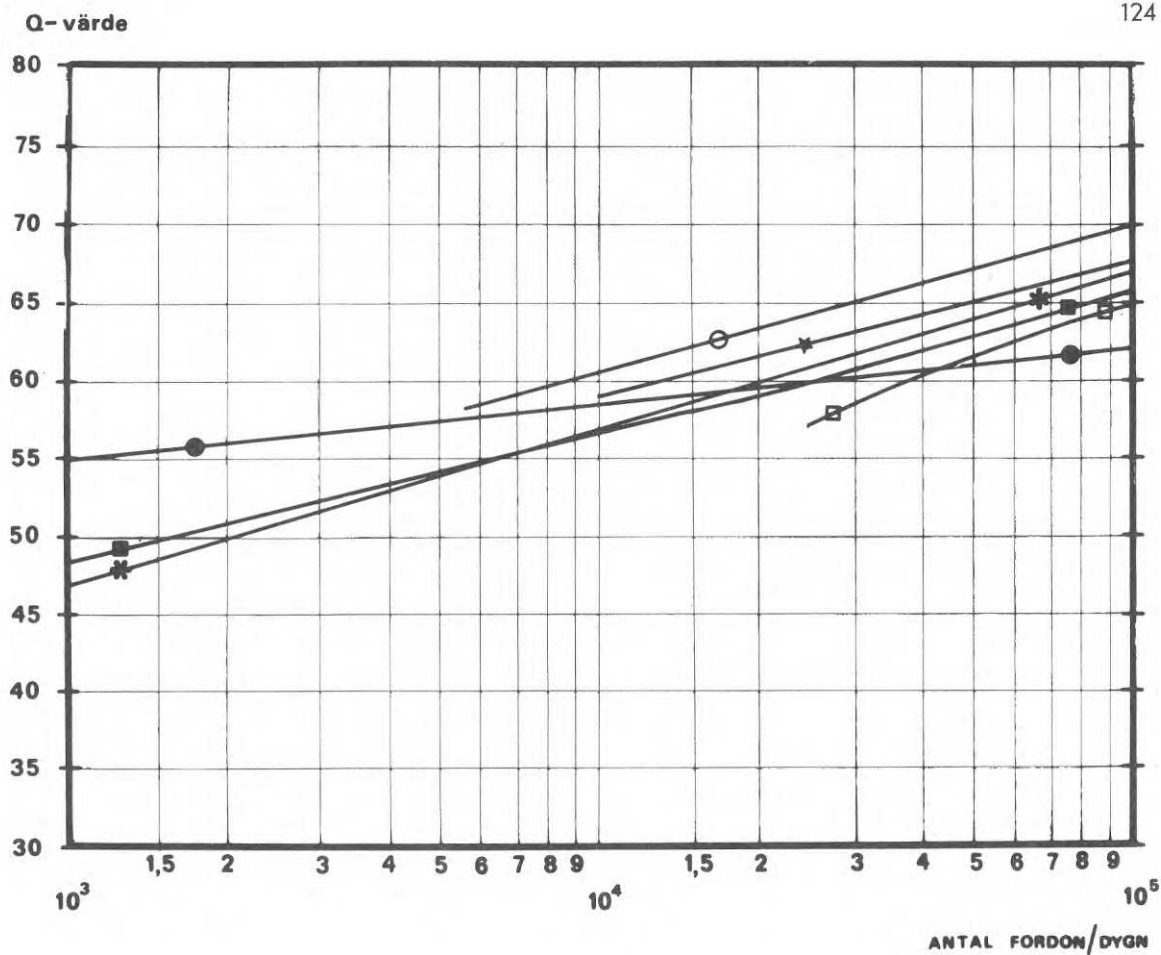


FIG. 7:24. Q -värdet som funktion av trafikintensiteten beräknat enligt olika författare. Fordonshastighet 70 km/tim, avstånd till vägen 100 m och andel tunga fordon 10 %.

The Q -value as a function of traffic intensity, as calculated by various authors. Vehicle speed 70 kph, distance from road 100 m, proportion of heavy vehicles 10 %.



- STÖJ OG BYPLAN (1966)
- * INGEMANSSON OCH BENJEGÅRD (1969)
- AUZO OCH LAMURE (1966)
- JOHNSON OCH SAUNDERS (1968)
- ELVHAMMAR OCH INGEMANSSON (1965)
- ✱ FURRER (1966)

FIG. 7:25. Q -värdet som funktion av trafikintensiteten beräknat enligt olika författare. Fordonshastighet 90 km/tim, avstånd till vägen 100 m, andel tunga fordon 10 %.

The Q -value as a function of traffic intensity, as calculated by various authors. Vehicle speed 90 kph, distance from road 100 m, proportion of heavy vehicles 10 %.

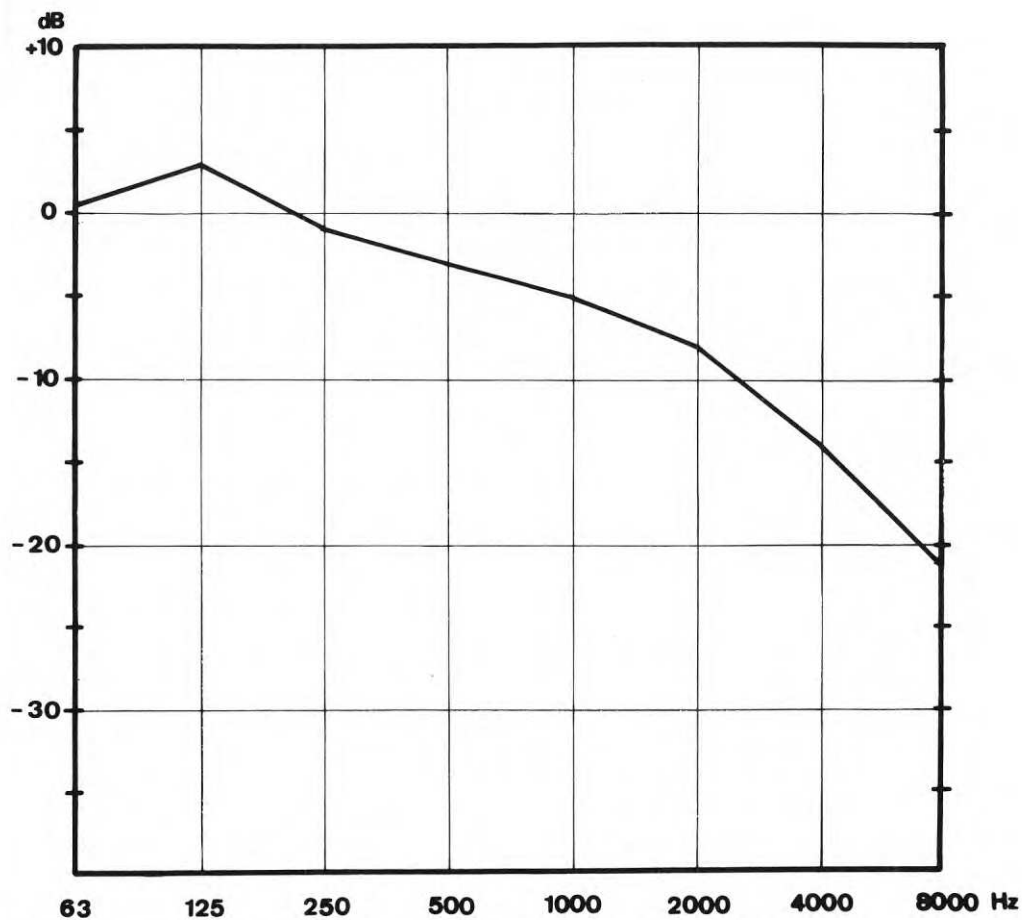


FIG. 7:26. Generaliserat spektrum för vägtrafikbuller i oktavbandsnivåer relativt totalnivån i dB(A) (Q -värdet).

Generalised road traffic noise spectrum in octave band levels relative to the total level in dB(A) (Q -value).

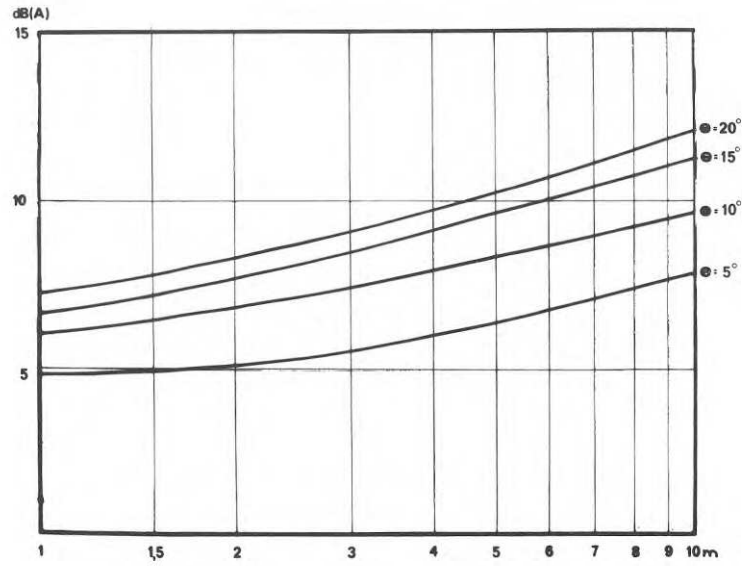
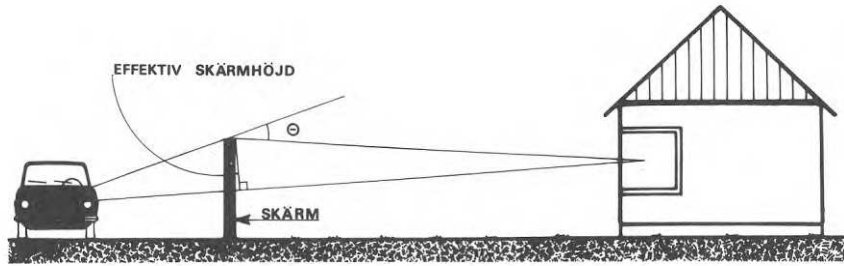


FIG. 7:27. Kurvblad för beräkning av minskningen i Q -värdet på grund av en skärm. Abskissan är graderad i effektiv skärnhöjd.

Chart for calculation of the reduction in Q -value due to a screen. The abscissa is graduated in effective screen height.

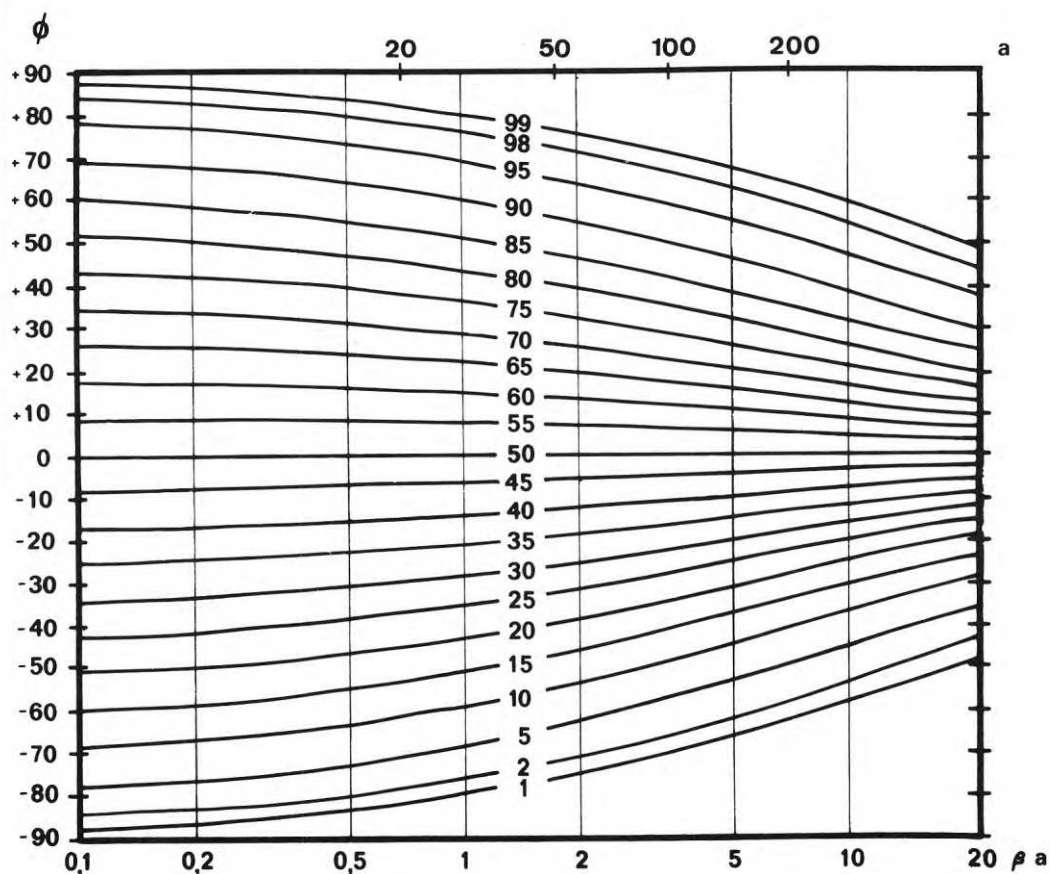


FIG. 7:28. Diagram som visar hur stor del av bullerdosen som infaller inom vinkelområdet $(-90; \phi)$ som funktion av produkten mellan avståndet till vägen, a , och dämpningsfaktorn, β . I diagrammets övre del är abscissan graderad för avståndet a , beräknad under förutsättningen att $\beta = 3 \cdot 10^{-2}$ dB/m.

Diagram showing the proportion of the noise incident within the range of angles $(-90; \phi)$ as a function of the product of the distance from the road a and the attenuation factor β . At the upper part of the diagram, the abscissa is graduated in distances a , calculated under the assumption that $\beta = 3 \cdot 10^{-2}$ dB/m.

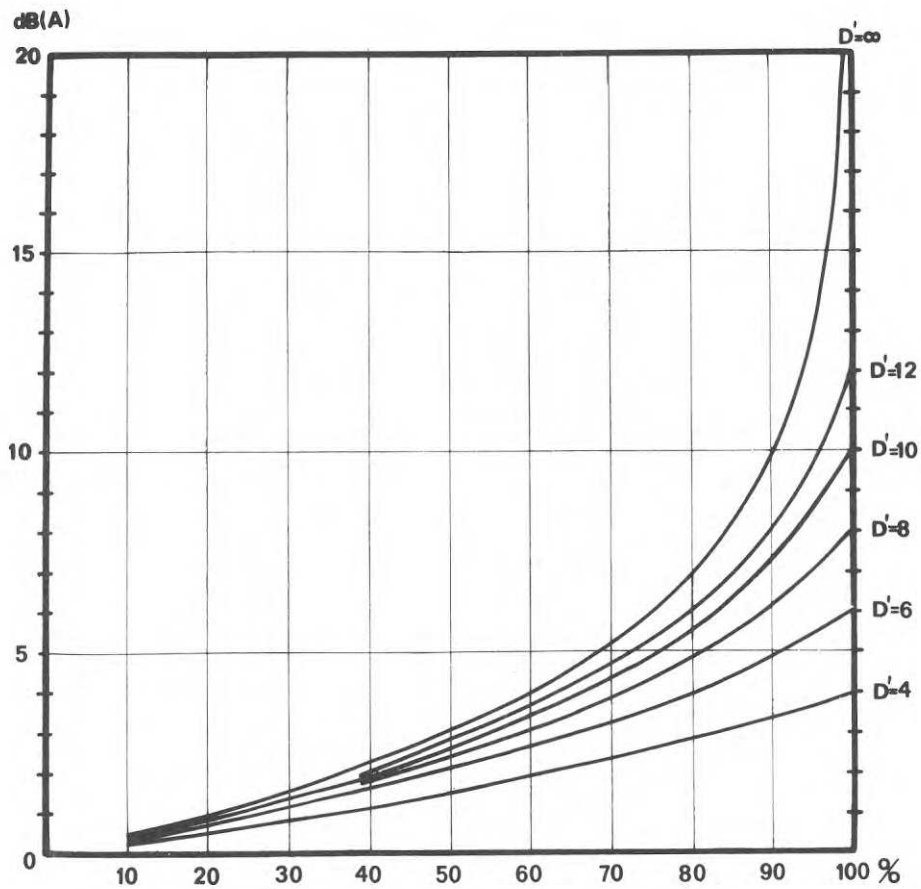


FIG. 7:29. Kurvblad för bestämning av ljudnivåminskningen p g a en ändlig skärm. Abskissan är graderad i andelen avskärmd ljudenergi, och som parameter ingår dämpningen för motsvarande oändliga skärm.

Chart for determination of the diminution in sound level owing to a finite screen. The abscissa is graduated in percentage of screened-off sound energy, the parameter being the attenuation due to the corresponding infinite screen.

Civ ing Stig Ingemansson
LAMINERADE FÖNSTERKONSTRUKTIONER

I en tidigare rapport 3/68 från Byggeforskningen har ljudisoleringen hos fönster behandlats. Avsikten var då i första hand att optimera dimensioneringen i fråga om glastjocklek, glasavstånd, karmabsorbent och tätning, för de fönster med koppade bågar som är de mest förekommande.

Med dessa förutsättningar blev resultatet kortfattat:

1. Det är meningslöst att använda större glastjocklek än 6 mm. 4 mm glas ger obetydligt lägre isolering.
2. Vinsten med mer än två glas är liten.
3. Isoleringsbidraget av luftspalten är litet så länge glasavståndet är mindre än 8 cm.
4. Under förutsättning att karmabsorbenten är tillräckligt tjock (minst 2,5 cm) kan den ge ett väsentligt isoleringstillskott.
5. Med enkla tätningslister kan konstruktioner med I_a -värde på minst 40 dB fullt utnyttjas.

Bortsett från karmabsorbenten, som endast i specialfall kan användas, och den begränsade möjligheten att variera glastjockleken under 6 mm, blir med de givna förutsättningarna glasavståndet den enda variabel varmed man väsentligt kan reglera isoleringen. En hög ljudisolering kan då kräva en så stor totaltjocklek hos fönsterkonstruktionen att den praktiskt ej kan komma ifråga.

Att med begränsad fixerad totaltjocklek hos konstruktionen nå den önskade isoleringshöjningen på annat sätt, måste innebära en massökning. En sådan omöjliggöres av koincidenseffekten, som för massiva glas i tjockleksområdet 6 mm till ca 100 mm blir helt avgörande för isoleringen. Detta gäller både för I_a -värdet och det i den tidigare nämnda rapporten föreslagna I_t -värdet.

En dal i reduktionstalskurvan erhålles omkring koincidensfrekvensen

$$f_c = 1,83 \cdot 10^{-4} \sqrt{\frac{m_s}{B}} \text{ Hz}$$

m_s = elementets vikt i kg/m^2

B = elementets böjstyvhet per enhetsbredd i Nm

Kan koincidensdalen elimineras eller flyttas ut ur det normerade mätområdet är problemet löst och det pågående arbetet har gett två lösningar.

Den första lösningen fås om flera lika tjocka glas staplas på varandra. Den sammansatta eller "laminerade" glasrutan får då praktiskt taget samma koincidensfrekvens som det enskilda glaset, eftersom B ökar direkt proportionellt mot m_g . Varje dubbling av det enkla massiva glasets tjocklek sänker däremot f_c till $1/3$.

I FIG. 7:30 visas jämförande mätningar på ett massivt 12 mm glas, ett laminat av 2 stycken 6 mm glas och ett av 4 stycken 3 mm glas. Såväl I_a - som I_t -värden stiger vid de senare alternativen.

Normalt är emellertid kravet på ljudisolering hos fönster kombinerat med krav på värmeisolering. Även mycket små luftspalter mellan de enskilda glasen i laminatet skulle därför vara värdefulla. Då riskerar man emellertid att på nytt försämra ljudisoleringen, eftersom den instängda luften har fjäderverkan, och sammansatta svängningssystem med farliga resonanser erhålles. Den absoluta effekten av dessa kan inte beräknas, varför en mätserie med 2 stycken 3 mm tjocka glas genomförts med varierande luftspalt i dubblingssteg från 0,1 m till 80 mm. Resultatet som framgår av FIG. 7:31 är att upp till 0,5 mm spalt kan användas innan försämring av I_a och I_t erhålles.

Spalten som dessutom eliminerar risken för optiska defekter i form av Newtons ringar, erhålles enkelt genom att de enskilda glasen limmas ihop längs kanterna med icke hårdnande lim eller med dubbelsidig tejp.

Eftersom den laminerade enheten kan behandlas som en enkelkonstruktion, kan sedan dubbelkonstruktioner med större luftspalt byggas av två laminatelement.

De diffusionstätade eller "förseglade" värmeisolerglasen som finns i marknaden, består mestadels av 4 till 6 mm tjocka glas med glasavstånd från 6 till 15 mm. De är därför också ogynnsamma ur ljudisoleringssynpunkt. I FIG. 7:32 jämföres ljudisoleringen hos en sådan konstruktion med två alternativ där laminerade glas utnyttjas. Dessa kan förseglas på samma sätt som det "normala" isolerglas och monteras i enkel båge. Det tjockare alternativet bör ge den bästa värmeisoleringen, och 0,5 mm luftspalter i det tunnare alternativet kan eventuellt också fylla kraven på värmeisolering för bostäder.

Sådana förseglade konstruktioner i enkel båge borde ekonomiskt kunna vara alternativ till de mera komplicerade standardfönstren med kopplade bågar. Dessutom borde de uppskattas av husmödrarna som får två glasytor mindre att putsa.

Då extra höga ljudisoleringvärden önskas, kan måttliga avstånd med två eller flera glaslaminat användas. I FIG. 7:33 visas ett enkelt sådant exempel med en konstruktion, som direkt skulle kunna utnyttjas i dagens kopplade fönsterkonstruktioner.

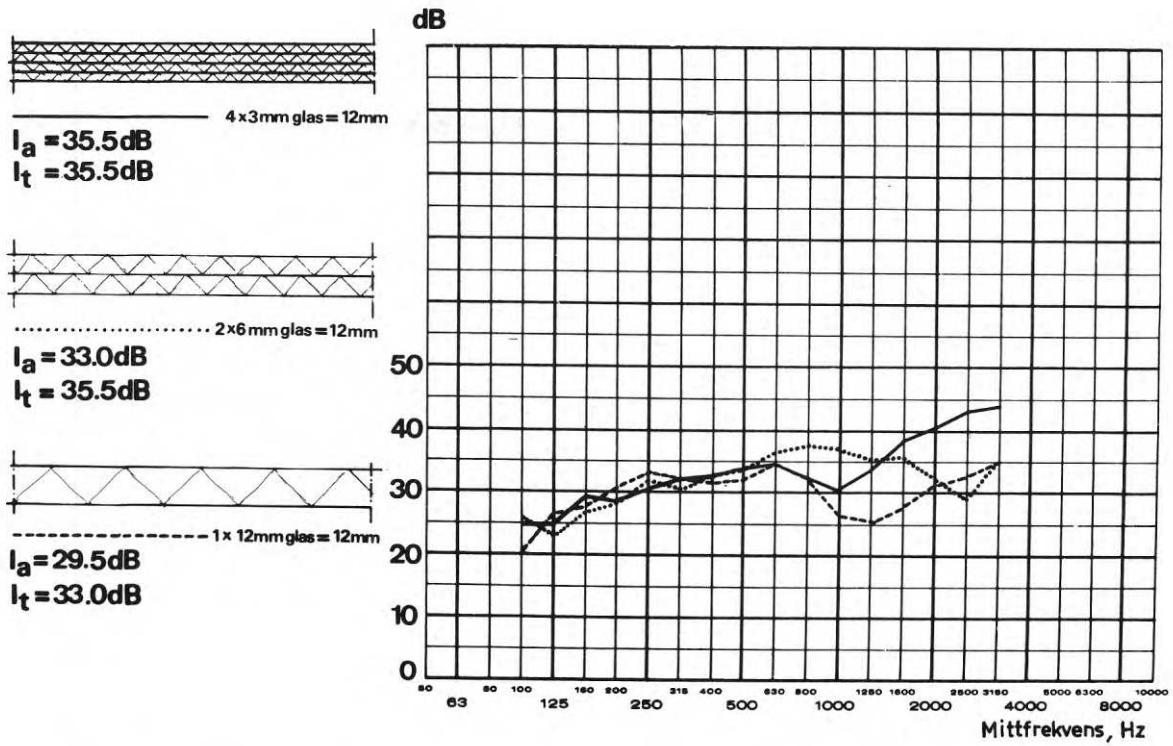


FIG. 7:30. Reduktionstalskurvorna för ett enkelglas och två staplade glaselement, samtliga med totaltjockleken 12 mm.

Reduction factor curves for a single pane of glass and for two glass elements with panes in contact with one another, the total thickness being 12 mm in all three cases.

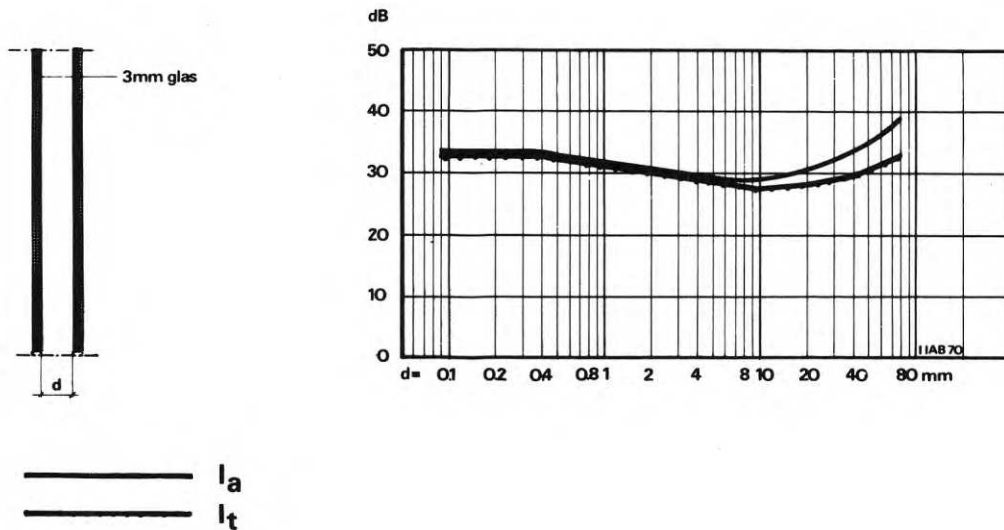


FIG. 7:31. I_a -värdet för 2 st 3 mm tjocka glas med luftspalt varierande från 0,1 mm till 80 mm.

I_a -value for two 3-mm panes of glass with an air gap varying from 0.1 mm to 80 mm.

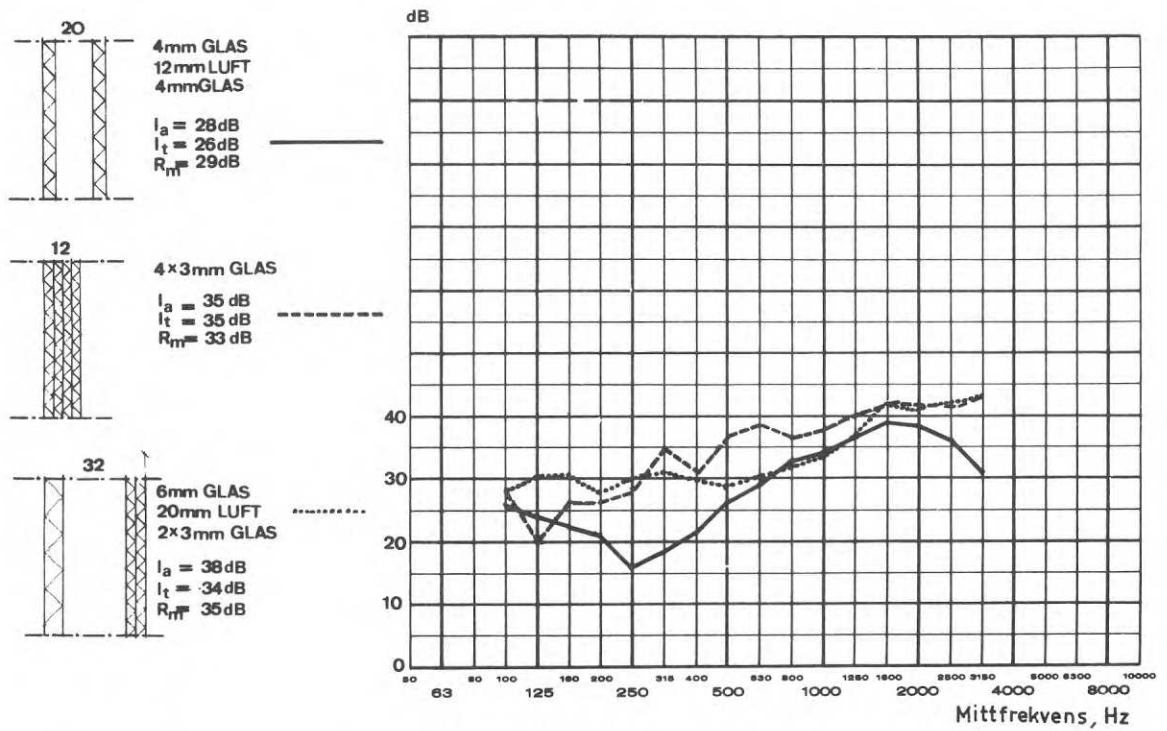


FIG. 7:32. Reduktionstalskurvorna för tre alternativ förseg-lade glaseheter.

Reduction factor curves for three different glass units, all sealed.

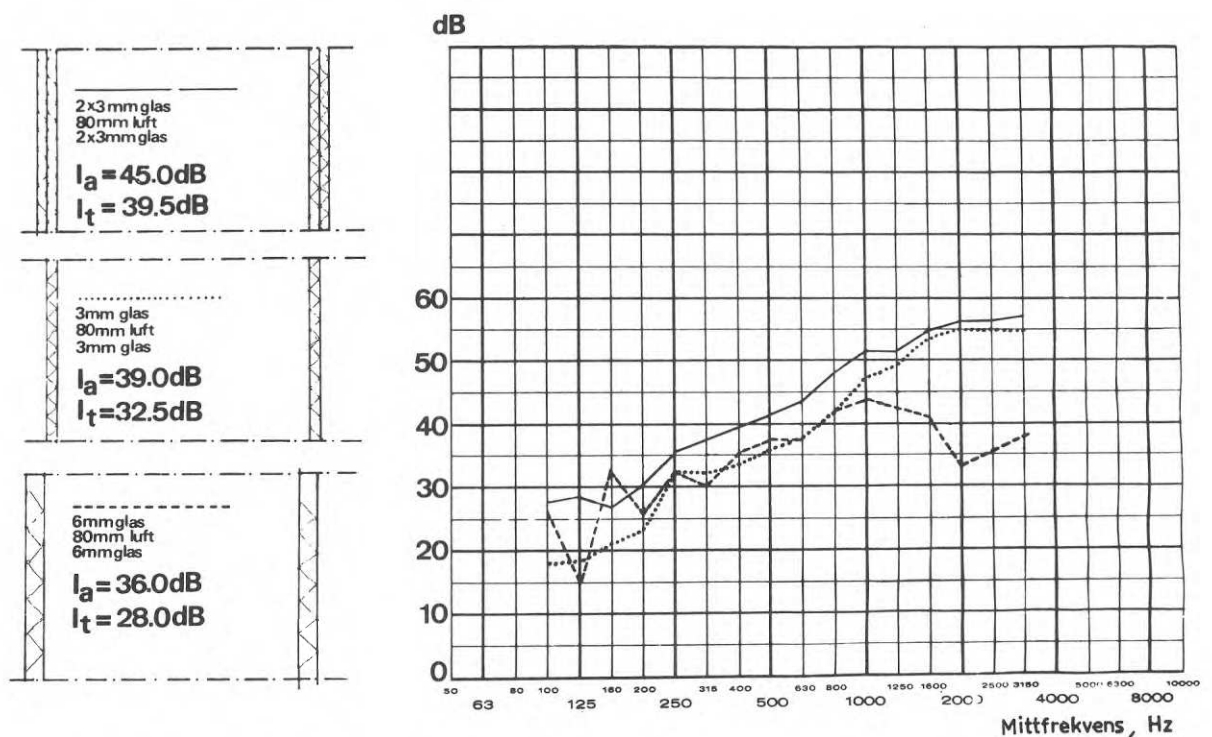


FIG. 7:33. Dubbelfönsterkonstruktioner med stor luftspalt uppbyggd med enkelglas och med staplade glaselement.

Double-glazed windows with large air gap, built up from single panes and from glass elements in contact with one another.

Den andra lösningen, som är mer komplicerad, är att limma samman glas med godtycklig tjocklek med ett transparent icke hårdnande lim med stora inre förluster. På grund av tillverkningssvårigheterna har sådana alternativ endast provats i modellmättrum med frekvensskalningen 1:5. I FIG. 7:34 visas hur koincidensdalen helt kunnat elimineras med ett sådant speciallim.

- 2+2 mm GLAS
 ① PLASTFOLIEMELLANLÄGG
 ② — " —
 ③ 0,1 mm LUFTSPALT
 ④ 0,1 mm SPECIALLIM

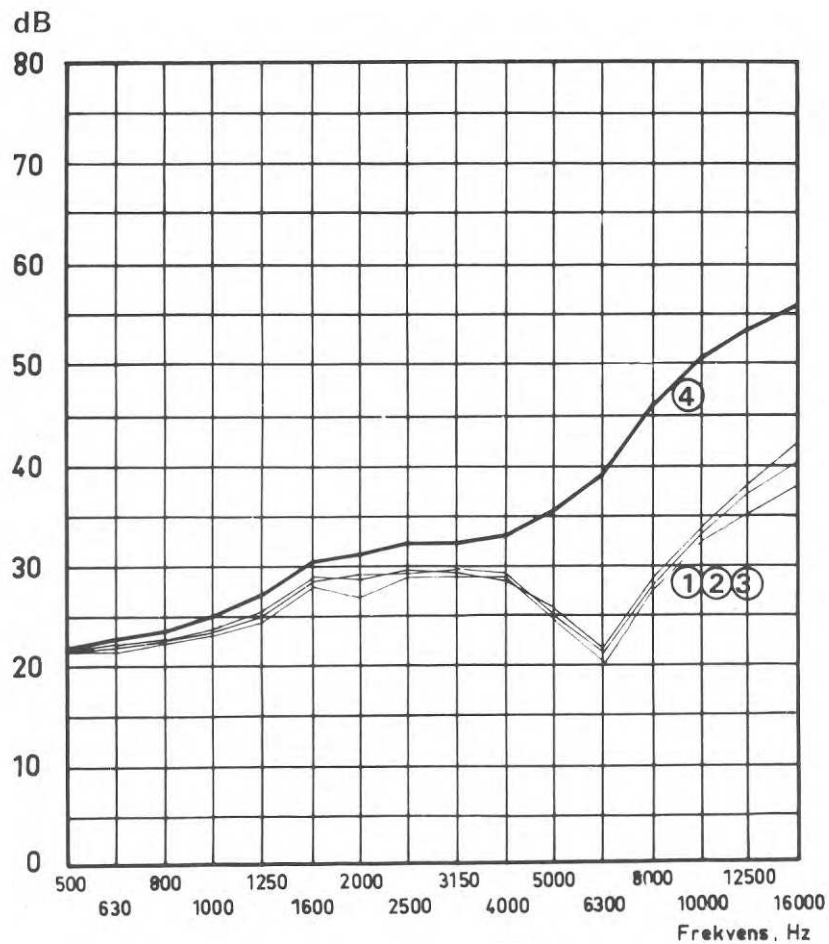


FIG. 7:34. Modellmätningar av reduktionstalen för staplade glaselement med liten luftspalt, med foliemellanlägg och hoplimmade med speciallim.

Model measurements of the reduction factor for glass elements from two panes separated by a very small air gap; with plastic film and with special adhesive between them respectively.

8 RUMSAKUSTIK

Civ ing Hans Jonasson
LJUDTRANSMISSION ÖVER UNDERTAK

I de fall undertak används och underliggande utrymme skall uppdelas i ett större eller mindre antal rum är det oftast av praktiska skäl olämpligt att låta mellanväggarna gå ända upp till det ursprungliga taket. Till följd av detta blir ljudtransmissionen via luftmellanrummet ovanför undertaket mycket stor mellan två angränsande rum. Ljudisoleringen blir otillräcklig. För att lösa detta problem krävs antingen någon slags avstängningsanordning ovanför mellanväggen eller undertak med god ljudisolering. Det senare är av praktisk-ekonomiska skäl ofta olämpligt.

Det ovan skisserade problemet har tidigare inte ägnats något större intresse i Sverige. Någon svensk standard finns därför inte, och då ej heller någon internationell sådan finns, har vid de undersökningar som utförts vid LTH med bistånd från Gullfiber AB den amerikanska standarden följts.

Mätmetod

Till provrum har använts ett av mätrommen i institutionens luftljudslaboratorium. Hur detta arrangerades framgår av FIG. 8:1. Samtliga dimensioner med undantag av rummets bredd överensstämmer mycket gott med vad som krävs av den amerikanska standarden. Bredden är dock cirka 1 m för stor. Väggarna ovanför undertaket är beklädda med 10 cm mineralull för att simulera oändlig utsträckning. Absorbenterna är nödvändiga, eftersom reflekterande väggsidor ovanför undertaket inverkar mycket olika för olika typer av undertak. Analogt med den amerikanska standarden har ljudreduktionen LR beräknats ur

$$LR = L_S - L_M - 10 \log \frac{A_M}{10}$$

där L_S = ljudtrycksnivå i sändarrummet
 L_M = ljudtrycksnivå i mottagarrummet
 A_M = absorptionen i mottagarrummet

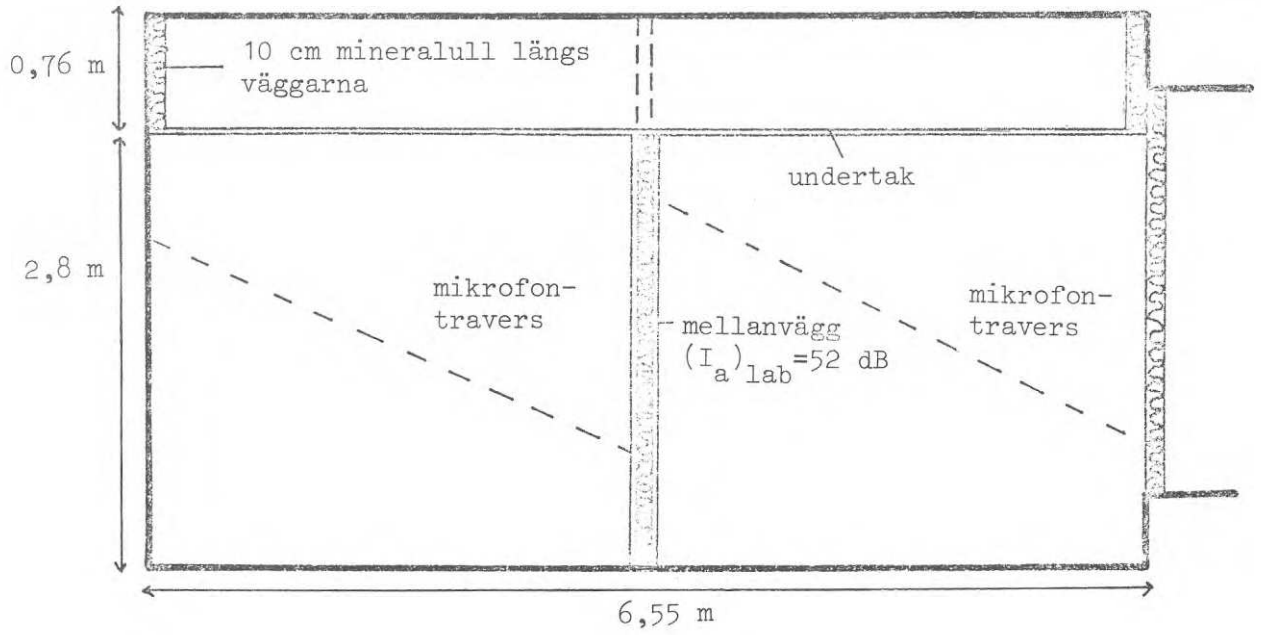


FIG. 8:1. LTH:s provrum för mätning av ljudtransmission över undertak. Rummets bredd 5,6 m.

Test room at Lund Institute of Technology for measurement of sound transmission above the suspended ceiling. Width of room 5.6 m.

LR refereras alltså till 10 m^2 absorption i mottagarrummet. Uttrycket svarar alltså mot vad som förr i Sverige kallades rumsisoleringen mot luftljud. I USA används 126 ft^2 istället för 10 m^2 . Utgående från dessa värden har sedan en ljudöverföringsklass, ceiling sound transmission class, *STC*, beräknats. Denna beräknas på exakt samma sätt som I_a -värden. Genom att förlänga referenskurvan för I_a till 4000 Hz och taga bort 100 Hz får vi referenskurvan för *STC*. Mellan *STC*-värdet och det I_a -värde vi skulle fått med referensytan lika med mellanväggens yta gäller approximativt sambandet

$$I_a \approx STC + 3$$

Några försöksresultat

De undertak som provats är ett av hårdpressad mineralfiber och ett av gips. Inverkan av absorbenter på ömse sidor om öppningen ovanför mellanväggen har undersökts. Som avstängningsvägg har dels använts en dubbelväggskonstruktion med gipsskivor och dels tunga mineralullsskivor. Anledningen till att mineralullsskivor är aktuella i det här sammanhanget är att de är mycket lätta att arbeta med. Det går mycket lätt att skära till och direkt passa in mineralullsskivor i öppningen ovanför mellanväggen och det är likaledes lätt att göra hål till rör, ledningar o d. Exempel på några mätningar framgår av FIG. 8:2-4. Vi ser att ett vanligt högabsorberande undertak med oåtgärdat utrymme ovanför mellanväggen har en mycket dålig ljudisolering. Med hjälp av enkla åtgärder kan *STC*-värdet höjas inte mindre än 20 dB. Vi når då upp till samma ljudisolering som vi får med ett gipstak, som i sig själv är ca 20 dB bättre än ett absorberande undertak.

- Inga åtgärder STC = 21 dB
 - - - - - Avstängning med 10 cm STC = 37 dB
 m-ull, 150 kg/m³
 • • • • • Avstängning med 13 mm STC = 42 dB
 gips - 90 mm m-ull -
 13 mm gips

Ljudreduktion

LR dB

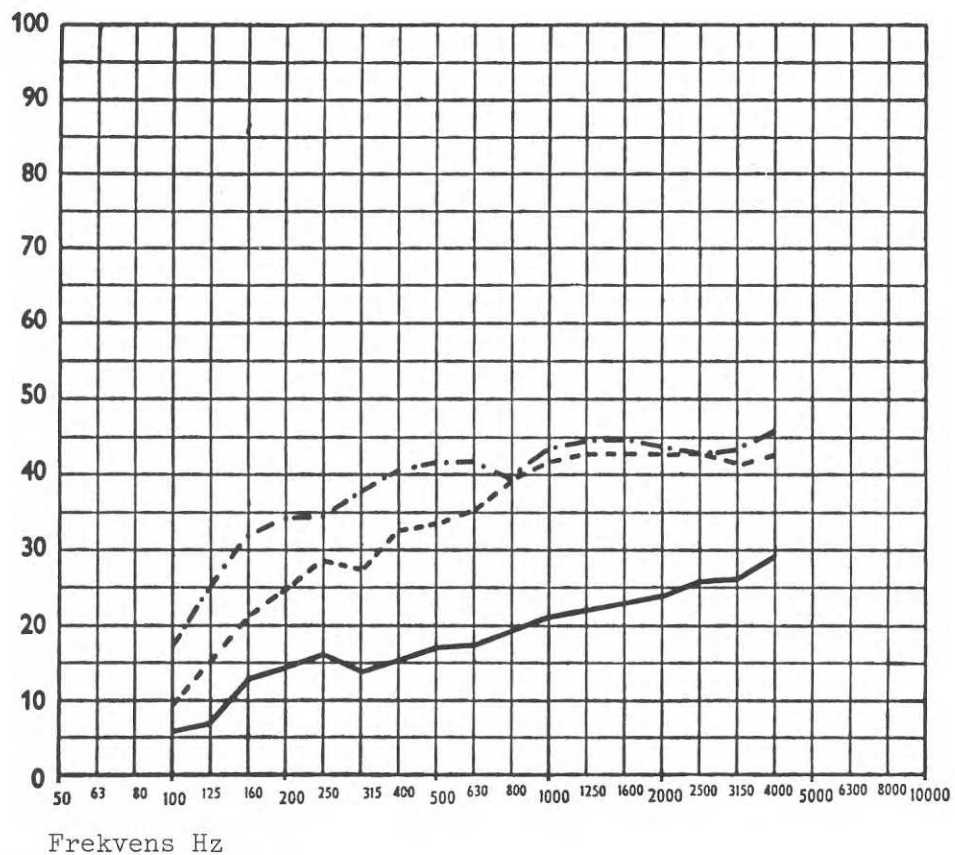


FIG. 8:2. Effekten av olika åtgärder i och omkring luftmelanrummet ovanför mellanväggen. Undertak av 16 mm hårdpressad mineralfiber, Celotex[®]. Ytvikt ca 6 kg/m².

The effect of various measures in and around the air space above the partition. Suspended ceiling of 16-mm mineral fibre board, Celotex[®]. Weight about 6 kg/m².

- Inga åtgärder STC = 21 dB
- - - 2 x 150 cm m-ull, 10 cm tjock i taket STC = 29 dB
- • • — " — STC = 42 dB
+ avstängning med 10 cm m-ull, 150 kg/m³

Ljudreduktion

LR dB

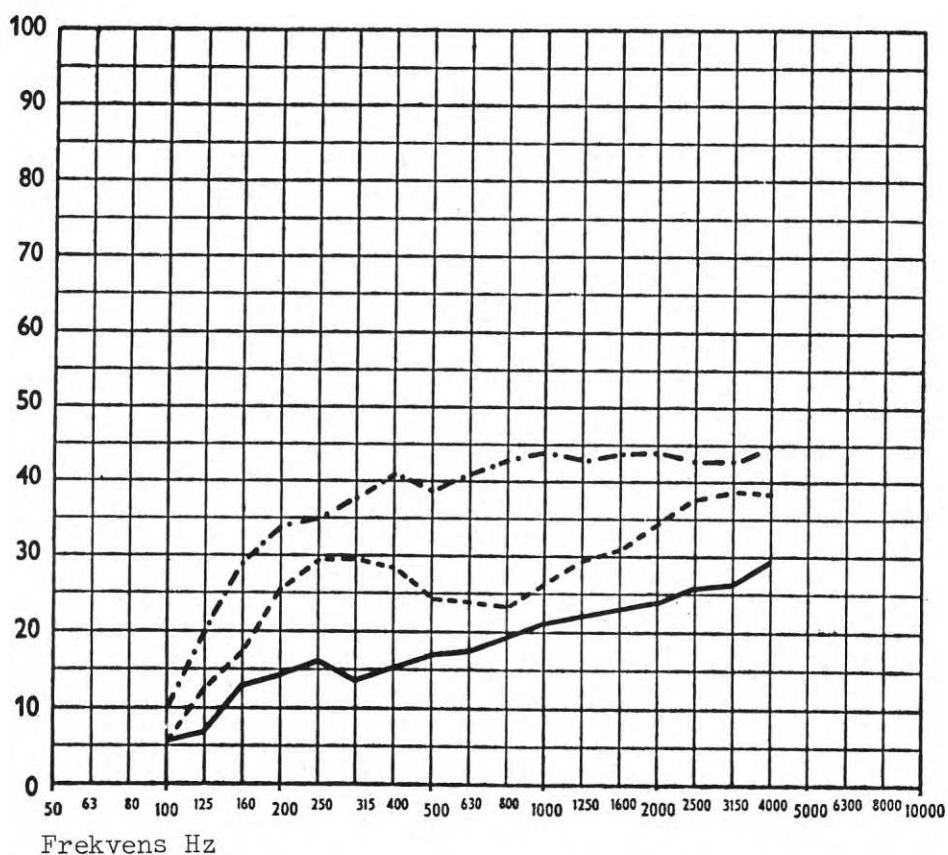


FIG. 8:3. Effekten av olika åtgärder i och omkring luftmellanrummet ovanför mellanväggen. Undertak av 16 mm hårdpressad mineralfiber, Celotex®. Ytvikt ca 6 kg/m².

The effect of various measures in and around the air space above the partition. Suspended ceiling of 16-mm mineral fibre board, Celotex®. Weight about 6 kg/m².

9 INDUSTRIBULLER

Civ ing Ralf Friberg
 BULLERBEKÄMPNING I INDUSTRIER MED HJÄLP AV
 BULLERABSORBENTER

Det har ibland ansetts att bekämpning av industribuller med hjälp av absorption, t ex bullerabsorbenter hängande vertikalt i taket, skulle ge alltför liten effekt för att vara användbart. I praktiken har det emellertid visat sig att metoden ofta ger mycket goda resultat speciellt i mekaniska verkstäder, plåt-slagerier o d.

Tyvärre kan man f n inte i förväg, annat än mycket ungefärligt, ange vilken bullerreduktion som kan förväntas. En kort analys, genomgång av problemet och presentation av några bullerdämpande objekt skall ges.

Analys

Vi förutsätter en lokal med bullerkällor och personal utspridda. Traditionell systemanalys:



Följande faktorer påverkar överföringen i systemet.

- Källan:** Antal ljudkällor, placering, riktningskaraktäristik. Bullrets karaktär: nivå, frekvensfördelning, kontinuerligt, intermitterant, impuls ljud.
- Vägen:** Lokalens dimensioner, ytornas absorption, luftens dämpning, ev. hinder för utbredningen.
- Mottagaren:** Personalens placering. Människans reaktion ur skade-, trötthets- och irritationssynpunkt. Inverkan av kontinuerligt och intermitterant ljud samt impuls ljud. Direkta-reflekterande impulser av olika tidsförskjutning.

Problem

Problemen är bl. a. följande:

Uppgifter på människans reaktion annat än ur hörselskadesynpunkt för kontinuerligt buller saknas.

Svårt beräkna bullerreduktionen av ljudabsorberande tak även för kontinuerligt buller.

Ljudförhållanden i stora rum

Sammanfattningsvis kan sägas följande om ljudförhållanden inom olika rumstyper [1].

Efterklangsrums

Diffust ljudfält. Relativt låg medelabsorptionsfaktor $\bar{\alpha}$.
 Statistiska ljudutbredningsteorier gäller.
 Direktfält - efterklangsfält existerar.
 Ljudnivån konstant i efterklangsfältet, $L_p = f(\bar{\alpha})$.
 Sabins formel gäller, $T = f(V, A)$,
 där T = efterklangstiden, sek
 V = volymen, m^3
 A = rummets totala absorption, m^2

"Flacka rum" (Flachräume) $H \ll L \approx B$.

Avståndet till väggarna så stort att inverkan av dessa försummas.
 Efterklangsfält med konstant ljudnivå existerar ej.
 Ljudminskning/avståndsdubbling konstant, $\Delta L = f(\bar{\alpha})$.
 Sabins formel gäller ej. Istället $T = f(H, \bar{\alpha})$
 där H = rummets höjd.
 Medelabsorptionsfaktorn $\bar{\alpha} = f(T, H)$.

"Långa rum" (Langräume) $L \ll B \approx H$

Förhållanden liknar ovannämnda.
 På avstånd över ca 50 m sjunker ΔL än snabbare.

"Stora rum" (Grosse Räume) $L \approx B \approx H$

Med lågt $\bar{\alpha}$ kan man räkna med statistiska ljudutbredningsteorier enligt efterklangsrums ovan; konstant ljudnivå i efterklangsfält.
 Med högre $\bar{\alpha}$ liknande förhållanden som i Flachräume.

Exempel

I FIG. 9:1-9:8 redovisas exempel på mätningar utförda i följande fabriker:

1. S. W. Nilsson och Söner, Snickerifabrik, Åsele
2. Jacoverken, Jönköping
3. HIAB, Hudiksvall
4. Svenska Hymas, Hudiksvall
5. Mohögs Mek. Verkstad.
6. Hemek, Hede
7. Hägglund & Söner, Örnsköldsvik
8. Hägglund & Söner, Mellansel.

———— = Före uppsättning av skivabsorbenter

- - - - - = Efter uppsättning av skivabsorbenter

Efterklangstid, sek

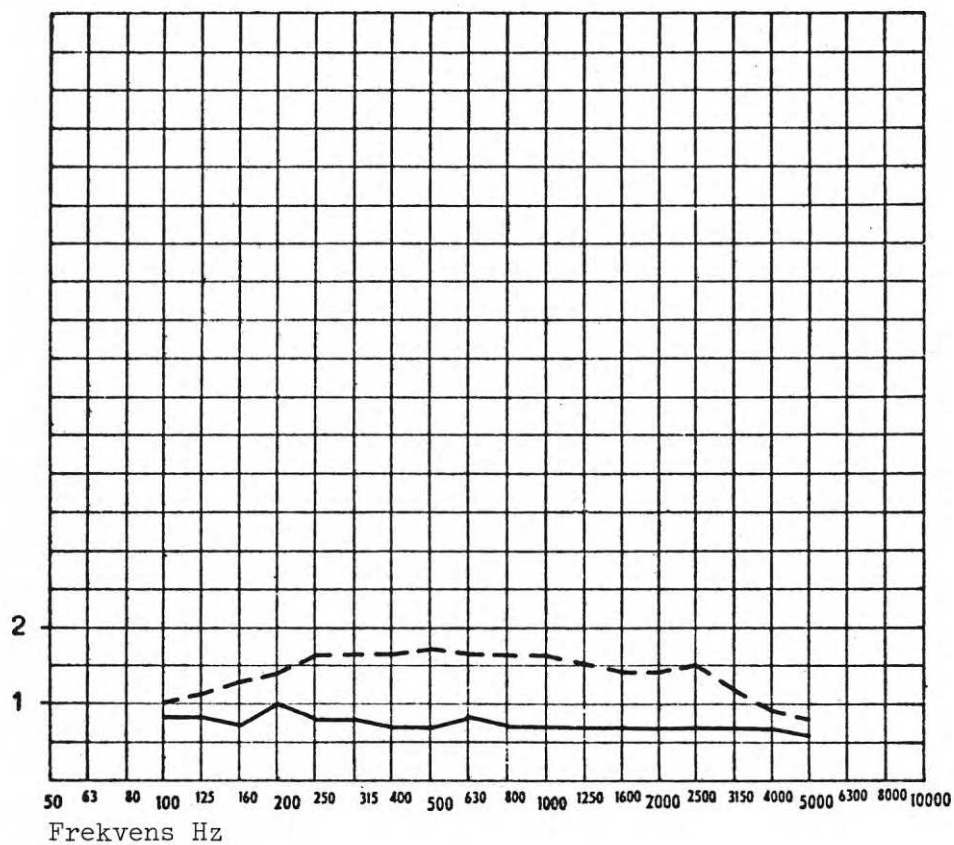


FIG. 9:1. S W Nilsson o Söner, Åsele. Yta = 900 m^2 ,
 $h = 4 \text{ m}$. Åtgärd: 350 st Bullerabsorbenter 371.
 a. Efterklangstid.

S.W. Nilsson & Sons, Åsele. Area = 900 m^2 , $h = 4 \text{ m}$. Measure:
 350 No Type 371 sound absorbers.
 a. Reverberation time.

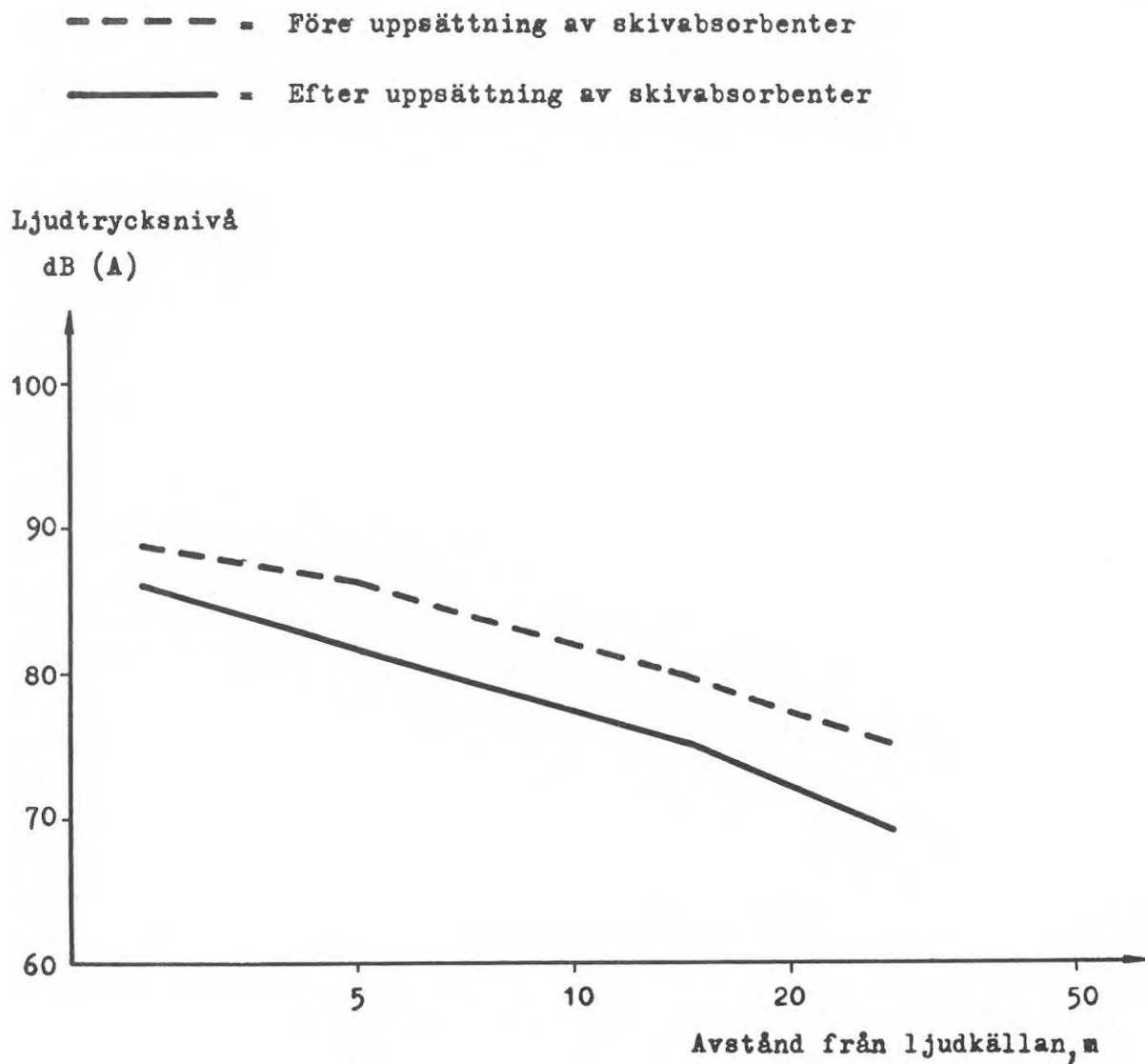


FIG. 9:1. b. Ljudutbredning från listhyvel.

Sound propagation from planer and moulder.

Frekvens Hz	125	250	500	1000	2000	4000
$A_{\text{före}}, \text{ m}^2$	520	360	340	360	410	640
$A_{\text{efter}}, \text{ m}^2$	720	720	820	820	820	820
$A_{\text{tillägg}}, \text{ m}^2$	200	360	480	460	410	180
$A/\text{skivabs.}, \text{ m}^2$	0,5	1,0	1,4	1,3	1,2	0,5

FIG. 9:1. c. Beräkning av absorptionen. Med hjälp av Sabines formel $A = 0,16 \frac{V}{T}$ beräknades tilläggsabsorptionen enl. denna tabell. (Man får ha i minnet att formeln gäller dåligt vid korta efterklangstider.)

Calculation of absorption. The additional absorption according to this table was calculated with the aid of Sabine's formula $A = 0.16 \frac{V}{T}$. (It must be borne in mind that this formula does not apply very well at small values of reverberation time.)

———— = Före montering av absorbenter
 - - - - = Efter montering av absorbenter

Efterklangstid, sek

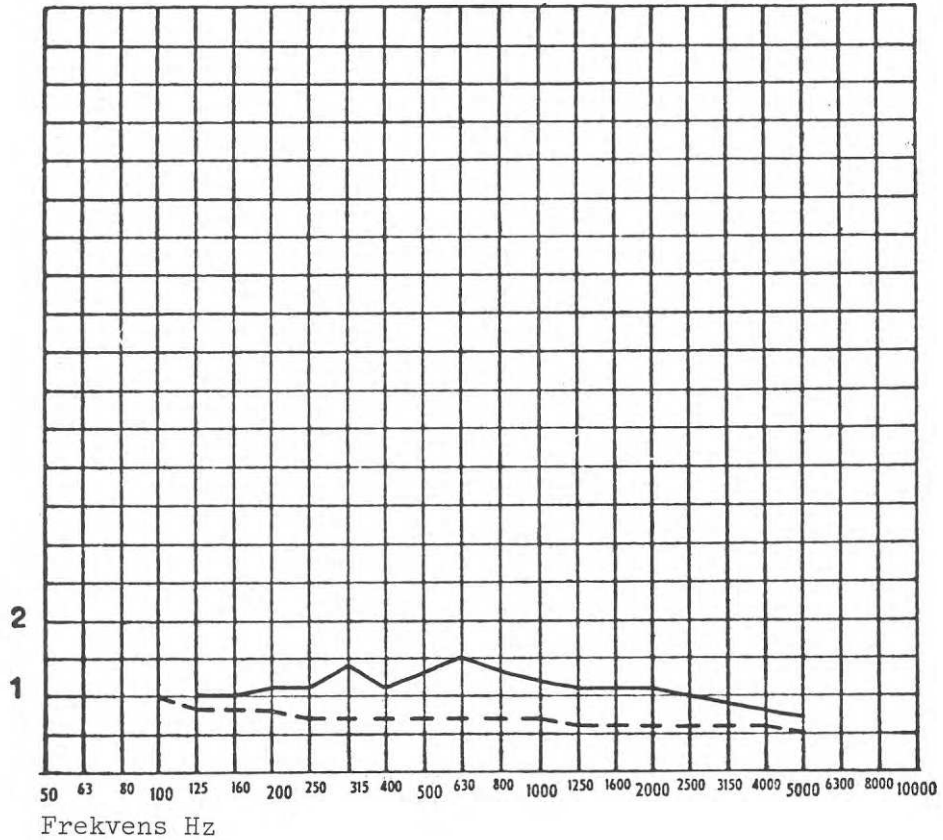


FIG. 9:2. Industrilokal, Jacoverken, Jönköping. Yta = 400 m^2 ,
 $h = 4 \text{ m}$. Åtgärd: 400 st Bullerabsorbenter 371.
 a. Efterklangstid.

Machine shop, Jacoverken, Jönköping. Area = 400 m^2 , $h = 4 \text{ m}$.
 Measure: 400 No Type 371 sound absorbers.
 a. Reverberation time.

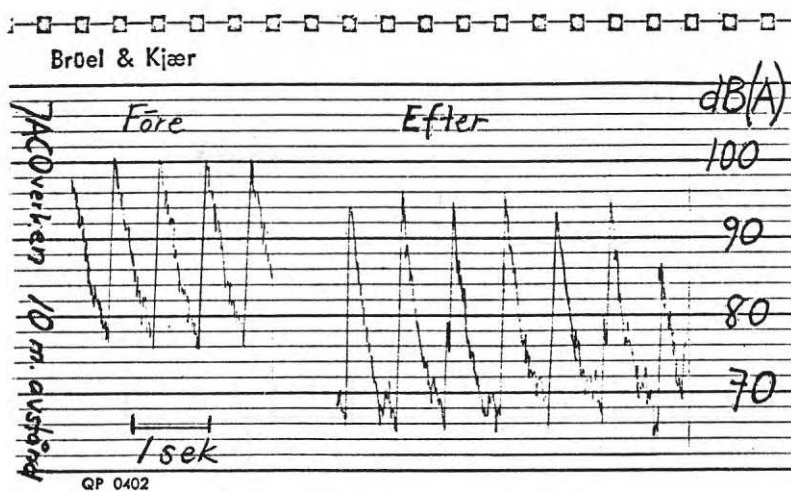


FIG. 9:2. b. Bullerdämpning från stansmaskin i arbete före och efter montering av bullerabsorbenter. Mät-punkt 10 m från bullerkälla.

Attenuation of sound from stamping press before and after installation of sound absorbers. Measurement point 10 m from source of noise.

----- = Före uppsättning
 _____ = Efter uppsättning

Efterklangstid, sek



FIG. 9:3. HIAB, Hudiksvall. Yta = 750 m^2 , $h = 6,5 \text{ m}$.
 Åtgärd: 360 st Bullerabsorbenter 371.
 a. Efterklangstid i maskinhallen, före och efter
 upphängning av Rockfon Bullerabsorbenter [®].

HIAB, Hudiksvall. Area = 750 m^2 , $h = 6.5 \text{ m}$. Measure: 360 No
 Type 371 sound absorbers.

a. Reverberation time in the machine shop, before and after
 suspension of Rockfon [®] sound absorbers.

----- = Före uppsättning
 ————— = Efter uppsättning

Efterklangstid, sek



FIG. 9:3. b. Efterklangstid i sliperiet.

Reverberation time in the grinding shop.

	Frekvens Hz	Absorption m^2	Absorptionsfaktor α_s för takyten	Absorption/absorbent m
Sliperihall	125	38,4	0,05	0,11
	250	106	0,14	0,30
	500	204	0,27	0,57
	1000	264	0,35	0,73
	2000	191	0,25	0,53
	4000	228	0,30	0,63
Maskinhall	125	52,8	0,07	0,15
	250	357	0,47	0,99
	500	371	0,49	1,03
	1000	303	0,40	0,84
	2000	283	0,37	0,79
	4000	184	0,24	0,51

FIG. 9:3. c. Beräknad absorption. Det är av intresse att veta vilken absorption man kan räkna med att skivabsorbenterna har då de har monterats i en industrilokal, där alltså laboriemässiga ljudförhållanden ej råder.

Tabellen visar beräkning av absorptionen med ledning av uppmätt efterklangstid enligt Sabines formel $T = 0,16 \frac{V}{A}$.

Calculated absorption. It is of interest to know what absorption can be expected from baffles when they have been suspended in a factory where laboratory sound conditions no longer apply.

The table shows calculation of the absorption on the basis of measured reverberation times, according to Sabine's formula $T = 0,16 \frac{V}{A}$.

----- Utan absorbenter
 ———— Med ca 500 st Bullerabsorbent 373 i taket
 och 3 cm Skiva 359 (ca 75 m²) på ena långsidan

Efterklangstid, sek

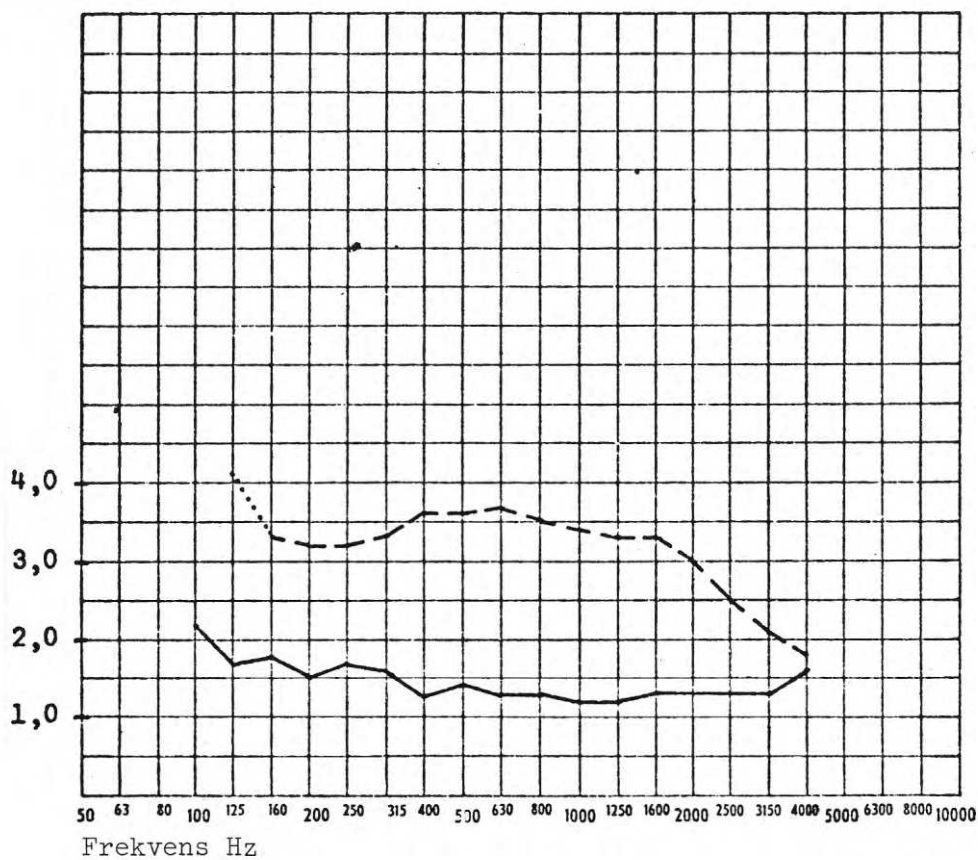


FIG. 9:4. Svenska Hymas, Hudiksvall. Lokalyta 16 x 45 m = 720 m², takhöjd ca 6 m.
 a. Efterklangstid i norra skeppet.

Svenska Hymas, Hudiksvall. Area of premises 16 x 45 m = 720 m², ceiling height about 6 m.
 a. Reverberation time in the north nave.

----- Utan absorbenter
 ----- Med ca 500 st Bullerabsorbent 373 i taket
 och 3 cm Skiva 359 (ca 75 m²) på varje långsida

Efterklangstid, sek

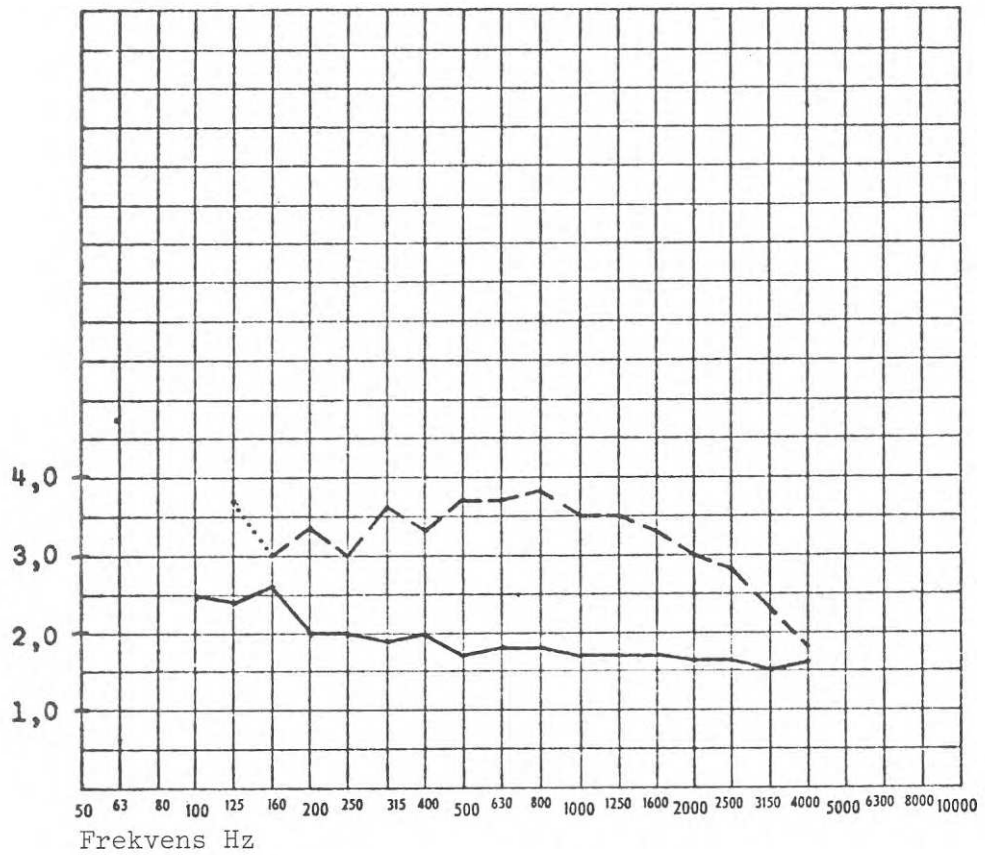


FIG. 9:4. b. Efterklangstid i mittskeppet.

Reverberation time in the centre nave.

----- = Före uppsättning av skivabsorbenter
 _____ = Efter uppsättning av skivabsorbenter

Efterklangstid, sek

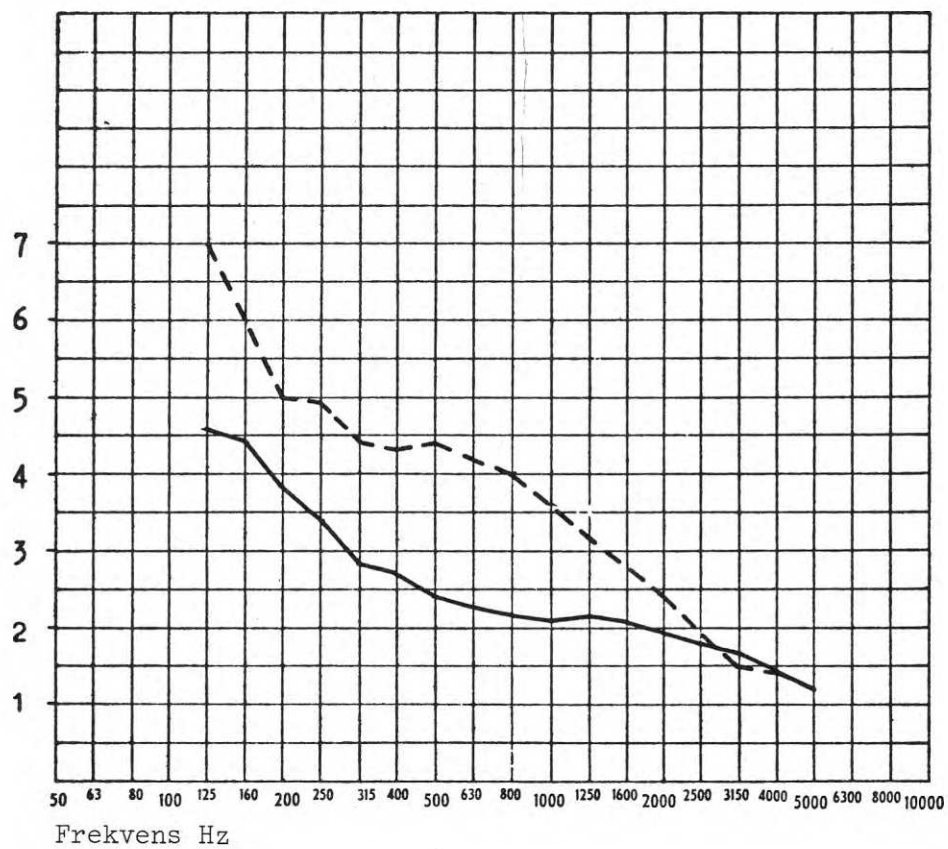


FIG. 9:5. Mohögs Mekaniska Verkstad.
 a. Efterklangstider.

Mohögs Mekaniska Verkstad.
 a. Reverberation times.

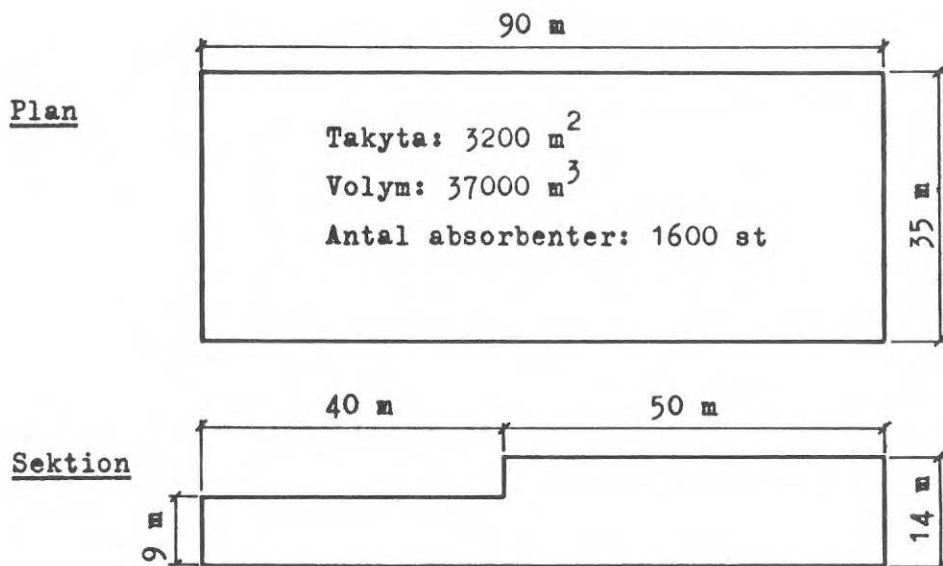


FIG. 9:5. b. Plan och sektion av lokalen.

Plan and section of machine shop.

Frekvens Hz	Absorption m ²	Absorptionsfaktor α_s för takytan	Absorpt./absorbent m ²
125	354	0,11	0,22
250	770	0,25	0,49
500	1160	0,37	0,73
1000	830	0,26	0,52
2000	177	0,06	0,11

FIG. 9:5. c. Beräknad absorption. Se text till FIG. 9:3c.

Calculated absorption. See caption to FIG. 9:3c.

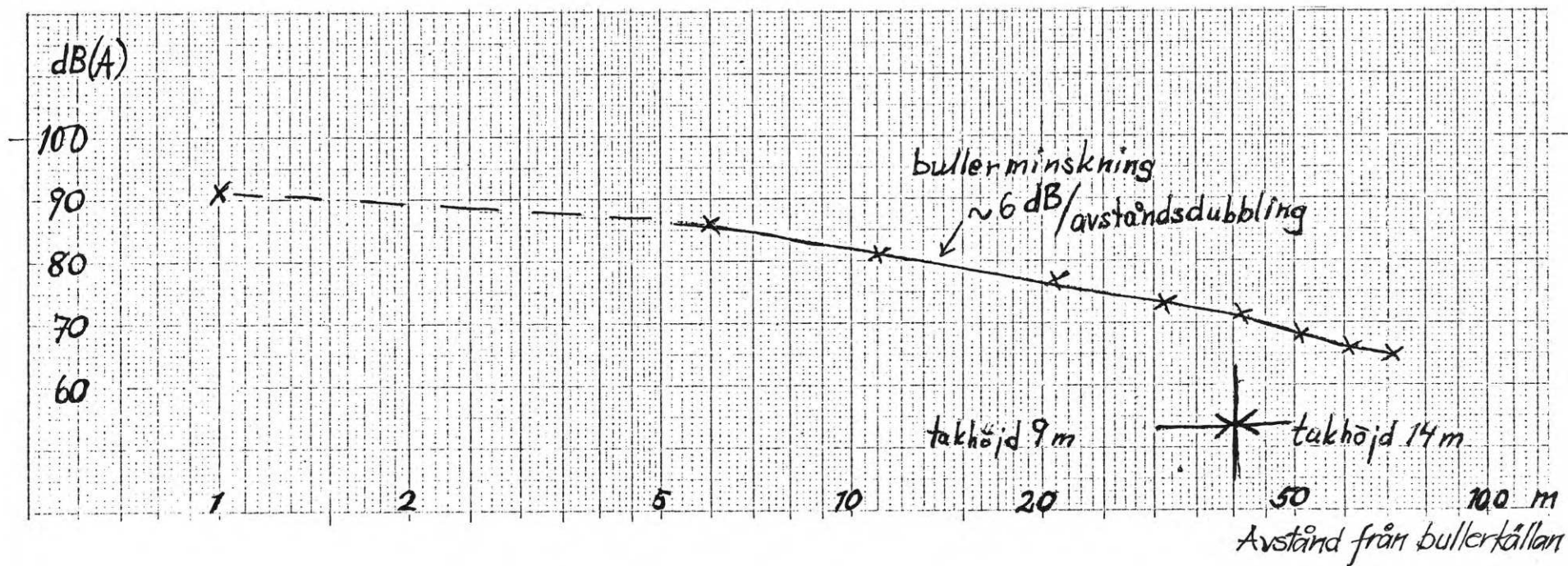


FIG. 9:5. d. Bullerminskning som funktion av avståndet från bullerkällan.

Reduction of noise as a function of the distance from the source of noise.

— = Efterklangstid före uppsättning
av bullerabsorbenter

- - - = Efterklangstid efter uppsättning
av bullerabsorbenter

Efterklangstid, sek

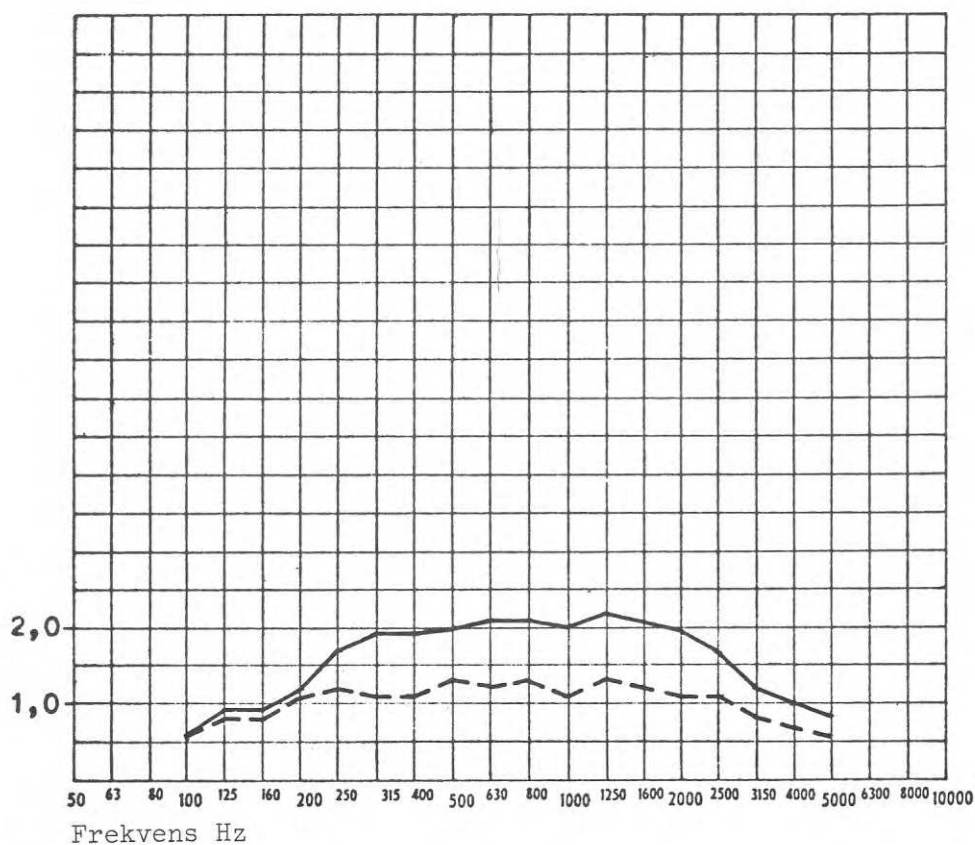


FIG. 9:6. Industrilokal, Hemek, Hede. Volym ca 6000 m^3 ,
takhöjd ca 7 m. Åtgärd: Ca 650 st Bullerabsor-
benter 373.
a. Efterklangstider.

Machine shop, Hemek, Hede. Volume about 6000 m^3 , ceiling height
about 7 m. Measure: about 650 No Type 373 sound absorbers.
a. Reverberation times.

Frekvens Hz	Absorption m ²	Absorptionsfaktor α_s	Absorption/st m ²
125	140	0,16	0,21
250	235	0,26	0,36
500	265	0,30	0,41
1000	405	0,46	0,62
2000	405	0,46	0,62
4000	415	0,47	0,64

FIG. 9:6. b. Beräknad absorption. Med ledning av uppmätta efterklangstider har absorberernas funktion beräknats med hjälp av Sabines formel $T = 0,16 \frac{V}{A}$.

Calculated absorption. On the basis of the measured reverberation times, the effect of the absorbers has been calculated using Sabine's formula $T = 0,16 \frac{V}{A}$.

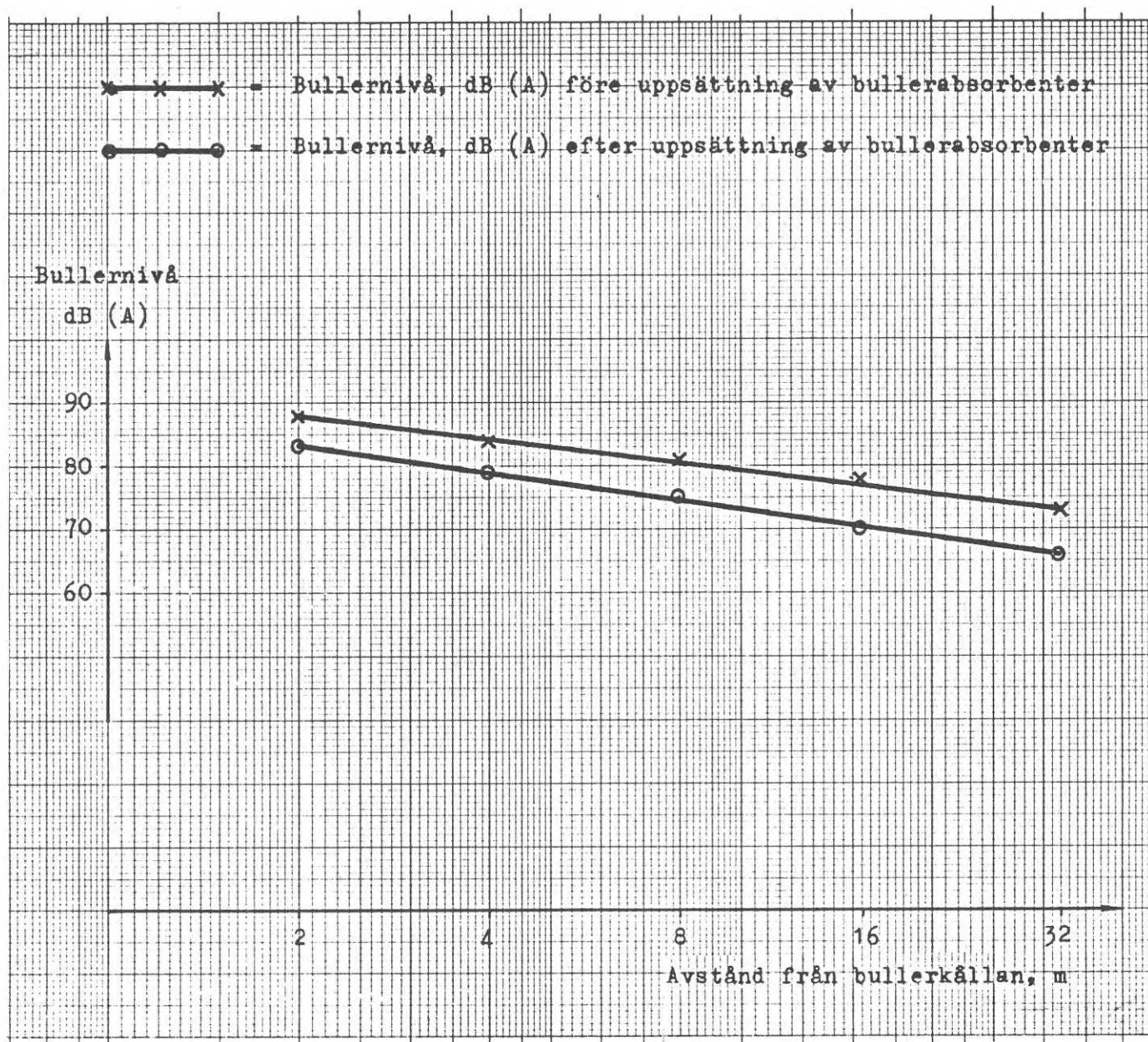
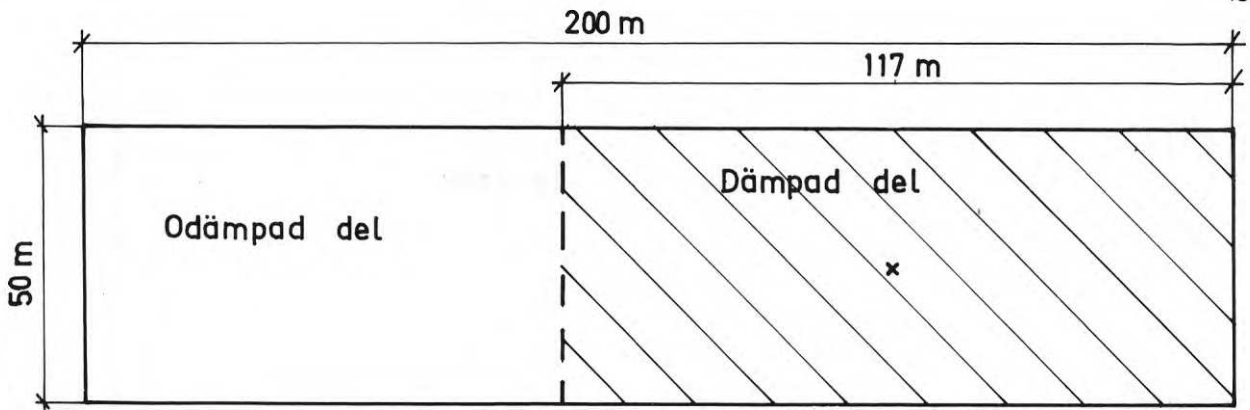


FIG. 9:6. c. Bullernivå som funktion av avståndet före och efter uppsättning av bullerabsorbenter.

Noise level as a function of the distance before and after installation of the sound absorbers.



- = Efterklangstid före åtgärd
 ————— = Efterklangstid efter montering
 av bullerabsorbenter

Efterklangstid, sek

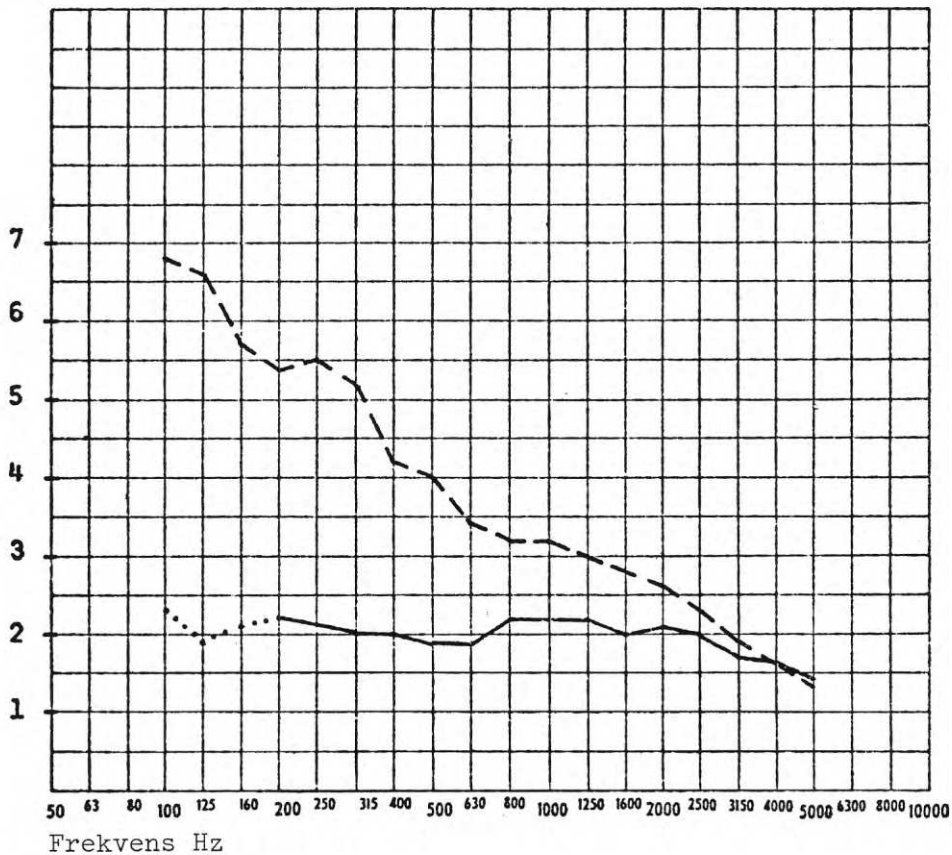


FIG. 9:7. Hägglund & Söner AB, Örnsköldsvik. Åtgärd: 5500 st Bullerabsorbenter 373.
 a. Planskiss. Total yta = 10 000 m², dämpad yta = 5 850 m². Takhöjd = 12 m (takfot) - 13,5 m (taknock). x anger mikrofonplacering.
 b. Efterklangstider.

Hägglund & Sons AB, Örnsköldsvik. Measure: 5500 No Type 373 sound absorbers.

- a. Sketch plan. Total area = 10,000 m², attenuated area = 5850 m². Roof height = 12 m (eaves) - 13.5 m (ridge). x indicates position of microphone.
 b. Reverberation times.

Efterklangstid, sek

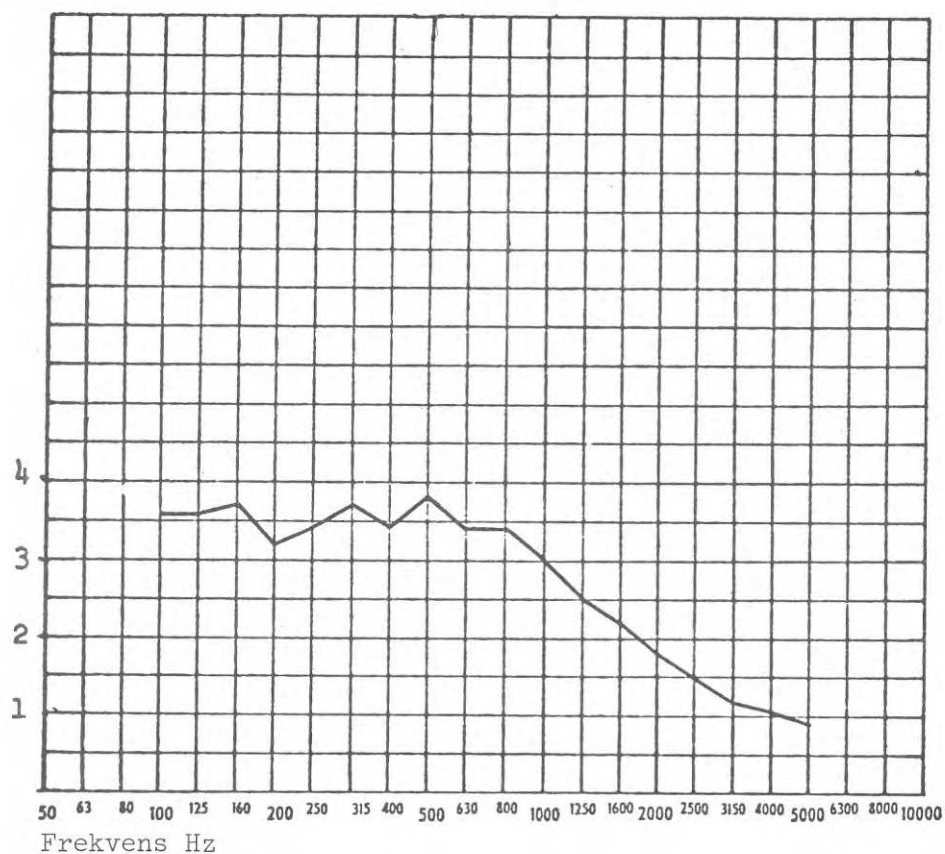


FIG. 9:8. Hägglund & Söner AB, Mellansel. Fabrikshallens dimensioner ca 140 x 85 x 9 m. Yta ca 12 000 m², volym ca 110 000 m³. Lokalen är ej bullerdämpad.
a. Efterklangstid.

Hägglund & Sons, Mellansel. Dimensions of shop about 140 x 85 x 9 m. Area about 12,000 m², volume about 110,000 m³. There are no sound absorbers in the shop.
a. Reverberation times.

Bullerkällans frekvensfördelning på 8 m avstånd:

Oktavband Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Bullernivå dB	104	100	100	104	107	106	102	100

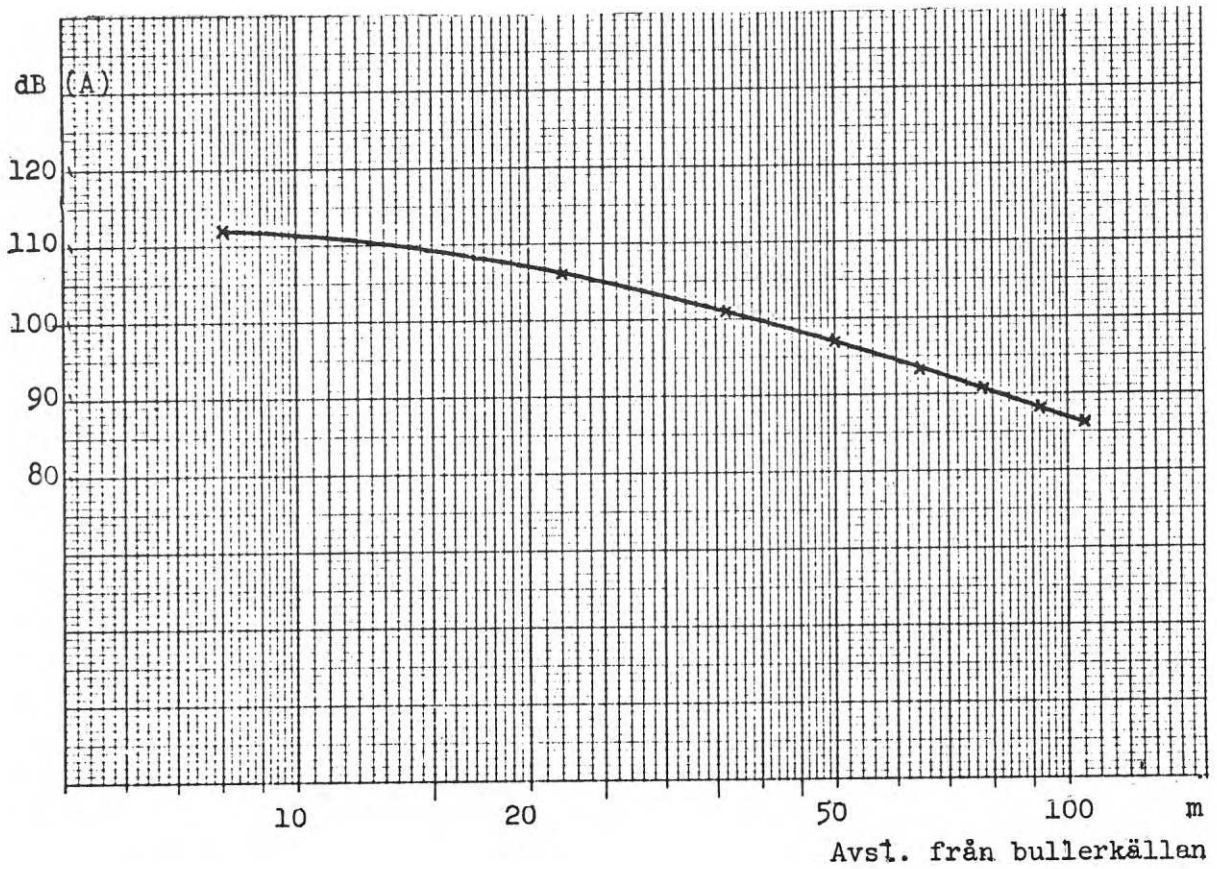


FIG. 9:8. b. Bullernivån i dB(A) som funktion av avståndet, mätt utmed BC-linjen.
Bullerkälla: Purring i skrotlåda.

Noise level in dB(A) as a function of the distance measured along the BC line.

Exemplen visar att ljudförhållandena i dessa praktikfall överensstämmer med teorierna ovan. Bullerreduktionen på stora avstånd från bullerkällan kan betydligt överstiga 10 dB(A). I de fall allmännivån uppmätts i verkstäder med ljudkällor utspridda tycks denna ha sjunkit ca 10 dB(A). Noggrannare kartläggningar av bullersituationen har varit alltför tidskrävande och dyrbara att genomföra. Subjektivt anses effekten god. I vissa fall, främst stora lokaler med fluktuerande buller och slagljud, anses subjektiva effekten vara mycket gynnsam och betydligt större än mätresultaten visar.

Sammanfattning

I stora industrilokaler bestäms efterklangstiden huvudsakligen av takhöjden och takets absorption.

Ljudnivåminskning/avståndsdubbling utgör i odämpade lokaler ca 1-3 dB, i dämpade ca 4-6 dB. På avstånd över ca 50 m utgör den ca 10-15 dB. Den beror av takhöjd och takets absorption.

Erfarenhetsmässigt sänks allmännivån storleksordningen 10 dB(A) genom ett ljudabsorberande tak.

Svårt att i förväg beräkna effekten, bl a beroende på bullrets karaktär (fluktuerande och slagljud) och på bullerkällornas och personalens utspridda placering.

Den subjektivt upplevda effekten av bullerabsorbenter är god och som regel större än den uppmätta.

Litteratur

- [1] Lübcke & Gober, 1964, Schallausbreitung in Fabriks-
hallen, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-
Westfalen nr 1364.

Civ ing Per-Åke Berg
BULLERBEKÄMPNING INOM CELLULOSA- OCH
PAPPERSINDUSTRIN

Cellulosa- och pappersindustrin hör till de branscher av industrin som har mycket buller. Bullerproblemen i denna industri är ingen ny företeelse. Kraftigt buller har existerat sedan flera tiotal år tillbaka.

Trevande försök att lösa speciellt uppenbara bullerproblem har gjorts vid upprepade tillfällen. Någon helhjärtad satsning på bullerdämpning har icke gjorts förrän i senare tid. Detta kan ha flera orsaker, t. ex.

1. Svårighet att på ett enkelt sätt mäta bullret.
2. Liten kännedom om bullrets skadeverkningar och psykiska påverkan av personalen.
3. Ringa vetskap om effektiv bullerdämpningsmetodik.
4. Osäkerhet om kostnaden för bullerdämpning.

Sedan bullermätare av robust konstruktion kommit ut på marknaden har varje industri kunnat utföra egna kartläggningar och värderingar av bullrets skadeverkningar med ledning av internationella normer.

Man har också genom läkarcentraler testat personalen audiometriskt och därmed i flera fall konstaterat stor procent hörselskada.

En ökad produktionstakt i kombination med ökat ansvar pressar också den enskilde individen, särskilt som man med nutida stora maskiner ser mycket allvarligt på ett brott i produktionen. För personal som betjänar en stor pappersmaskin, vilken står i en miljö med stor luftfuktighet, sparsamt ljus och hög bullernivå, förstår man hur viktigt det är att åstadkomma drägliga förhållanden.

Arbetsgruppen mot buller inom cellulos- och pappersindustrin

Speciellt bullerproblemet har under senare tid observerats ingående. Vid en bullermätning som Yrkeshygieniska Avdelningen vid Folkhälsoinstitutet och Yrkesinspektionen genomförde 1957-1959 inom svensk industri bekräftades, att cellulos- och pappersindustrin var bland de branscher som hade hörselskadliga bullernivåer.

Chefen för Kungl Arbetarskyddsstyrelsen kallade vid denna tidpunkt representanter från arbetsmarknadens parter till en konferens, där bullerfrågorna diskuterades.

Under dessa diskussioner, som fördes i slutet av 1964, tillsattes en arbetsgrupp med namnet "Arbetsgruppen mot buller inom cellulos- och pappersindustrin". Den skulle ha till uppgift att söka finna vägar för lämpliga åtgärder mot det hälsovådliga bullret inom branschen.

Arbetsgruppen som startade verksamheten 1965 har representanter från följande organisationer:

Svenska Arbetsgivareföreningen
Sveriges Pappersindustriförbund
Svenska Pappersindustriarbetareförbundet
Kungliga Arbetarskyddsstyrelsen
Arbetarskyddsnämndens Kansli
Landsorganisationen
Pappers- och cellulosaindustrin

Gruppen består av personer med expertutbildning inom medicin, arbetshygien och cellulos- och pappersteknik.

Arbetsgruppen har sedan 1965 bidragit till en aktiv verksamhet inom följande områden:

1. Information

Informationskonferenser har anordnats för representanter från arbetsgruppens huvudmän, verksamma konsulter underleverantörer och maskintillverkare inom branschen.

Bullrets medicinska och arbetshygieniska verkningar jämte inblick i allmän teknisk bullerbekämpning redovisades vid dessa informationskonferenser.

2. Normer för målsättning och anvisningar vid projektering och inköp av utrustning

Allmänna anvisningar för bullerdämpande åtgärder vid industriprojektering har redovisats. Man har fastställt en lämplig målsättning för bullerdämpning och givit anvisningar till frågan om ljuddata och garantikrav vid inköp av maskinutrustning.

3. Tillämpat forsknings- och utvecklingsarbete

Tillämpat forsknings- och utvecklingsarbete bedrivs sedan 1966 vid flera pappersbruk. Framförallt ingår Hallsta Pappersbruk i Hallstavik, Katrinefors Bruk i Mariestad och Svenska Cellulosa Aktiebolaget, Obbola Sulfatfabrik, Umeå i denna försöksverksamhet. Arbetet tillgår så att respektive fabrik utför eller bekostar en kartläggning av bullret inom anläggningarna. I samarbete med akustikkonsult (Ingemanssons Ingenjörbyrå AB) utväljes de bullrigaste och mest frekventerade arbetsplatserna för detaljgranskning av erforderliga bullerdämpande åtgärder. Förslag utarbetas, diskuteras och beslutas.

Kostnaderna för konsulten betalas av arbetsgruppen och utförandet av åtgärderna bekostas av den berörda industrin.

Sedan åtgärder utförts uppföljes resultatet, ofta efter successiva åtgärder och kompletteringar. Resultaten sammanställs i rapportform för att utgivas som meddelande från arbetsgruppen. Dessa meddelanden distribueras sedan gratis till alla cellulosa- och pappersbruk jämte berörda underleverantörer och maskintillverkare.

Följande huvudsakliga områden eller problem har behandlats.

1. Vedgårdstruckar
2. Transportbanor och stup i vedhantering
3. Huggmaskiner och blåsmaskinsanläggningar
4. Experiment med bullerdämpande sågklingor och dämpning av slipningsbuller
5. Detaljstudium av massakvarnarnas ljudalstring och experiment med bullerdämpande åtgärder

6. D:o för växlar
7. Åtgärder å slutna och öppna ångsystem jämte pneumatik
8. Bullerdämpning av pappersmaskinanläggningar
 - a) sug- och guskvalsars hålmönster och suglådelister
 - b) pneumatiskt buller vid kylning av glättvalsar
 - c) modifiering av rullmaskinsvalsar
 - d) åtgärder å vakuumpumpanläggningar internt och externt
 - e) massapumpanläggningar
 - f) el-motorer
 - g) ventilationsbuller
 - h) byggnadsakustiska problem som vibrationsisolering, stomljudsisolering, luftljudsisolering och absorption.

4. Kontakter med underleverantörer och maskintillverkare

Kontakter med underleverantörer och maskintillverkare till cellulosa- och pappersindustrin tages för att påpeka bullerförhållandena med maskiner och för att stimulera tillverkarna till en forsknings- och utvecklingsverksamhet för tystare maskiner.

Kontakten tages i positivt syfte och göres genom personligt besök av representanter för arbetsgruppen och akustikkonsulten efter en enklare akustisk utredning om de eventuella orsakerna till de aktuella bullerförhållandena. I allmänhet bemöter underleverantören resp. maskintillverkaren detta besök mycket positivt och stimuleras därvid att taga itu med bullerproblemets lösande.

Flera goda exempel i denna riktning har erhållits.

5. Finansiering

Arbetsgruppens utgifter för resor, akustikkonsult, tryckning och distribution av meddelanden m m täcks av forskningsanslag som beviljas från bl a Riksförsäkringsverkets yrkesskadeförsäkringsfond (Centralfonden).

6. Resultat

Ett av de mest påtagliga resultaten av systematisk bullerkontroll som utförts i svensk industri torde vara den nya pappersmaskinen vid Hallsta Pappersbruk i Hallstavik som igångkördes hösten 1967 (Europas f n största tidningspappersmaskin: produktion 150.000 ton/år, virabredd 9 m, hastighet 1000 m/min ~ 60 km/tim).

Holmens Bruk som stod för projekteringen av denna maskin, anlidade akustikkonsult för att under projekteringen föreslå och besluta om erforderliga åtgärder.

Arbetet som samordnades av skyddsingenjören bedrevs så att ljudproblemen ingående penetrerades vid den befintliga tidningspappersmaskinen av samma storleksklass.

Bullret från gusk- och sugvalsar, kalander, rullmaskiner, maskinsystem som vakuumpumpar, ångsystem, drifter, pump-anläggningar, ventilationssystem, har studerats dels genom luftljudsmätningar, dels genom kartläggning av ljudutstrålningen med vibrationsmätningar.

På ritningsstadiet utarbetades med ledning av gjorda observationer och mätningar förslag till konkreta åtgärder både på byggnaden, maskinerna och ventilationssystemet. Hänsyn till såväl intern som extern bullerdämpning togs. För att kunna besluta om åtgärderna siktade man på följande målsättning:

1. Maskinrum, bullertal < N95.
2. Maskinsalar och arbetsplatser, bullertal < N85.
Vid stoppad maskin, bullertal < N65 för erhållande av ordermöjligheter.
3. Kontor, laboratorier, förmanskontor, bullertal N35-N50.

Resultaten av de bullerdämpande åtgärderna blev en miljömässigt tillfredsställande arbetslokal. Se FIG. 9:9 a och b, som visar bullerzoner.

För att jämföra hörselskaderisken vid den nya och gamla maskinen utfördes dessutom frekvensstudier, som användes till att bedöma bullerdosen för berörd personal.

För den nya maskinen finnes ingen hörselskaderisk för personal under normal tillsyn och skötsel av pappersmaskinen. Endast reparationspersonal som oftast besöker maskinrum utsättes för hörselskada. Jämförelse av hörselskaderisken framgår av TAB. 9:1.

Följder

Följderna av bullerdämpningsarbetet och uppföljningsarbetet har givit mycket värdefull information om att man kan åstadkomma bullerdämpning till rimlig kostnad. I detta fall ca 1/2 procent av anläggningskostnaden.

Man har också erfårit hur viktigt det är att kunna erhålla ljuddata från leverantörer, så att man ej utsättes för överraskningar.

Många överraskningar har uppstått. Detta har resulterat i att arbetsgruppen kontaktat bl a växel tillverkare, elmotortillverkare, vakuumpumptillverkare och pumptillverkare. Utvecklings- och utredningsarbeten pågår nu med dessa tillverkare för att till kommande anläggningar åstadkomma tystare maskiner.

Arbetsgruppens meddelanden

Arbetsgruppens meddelanden, f n följande 16 st, kan rekvi-
reras från Arbetarskyddsnämndens Kansli tel 08/34 95 80,
Stockholm.

1. Information om arbetsgruppens hittillsvarande verksamhet.
2. Förteckning över litteratur rörande buller.
3. Ny affisch "Tre vägar att dämpa bullret".
4. Översikt av rådande bullerförhållanden.
5. Dämpning av ljudutstrålade ytor hos maskinkonstruktioner.
6. Arbetarskyddsstyrelsens föreskrifter till förebyggande av skada genom buller.
7. Bullerdämpande åtgärder vid industriprojektering.
8. Ljuddämpning vid riktning och slipning av cirkelsåg-
klingor.
9. Bullerdämpande åtgärder vid sågklingor.
10. Lösning av bullerproblem vid ny pappersmaskin i Hallsta
Pappersbruk.
11. Tillverkning av dämpad cirkelsågklinga.
12. Dämpning av bullret vid sågningsavdelningen i boardfab-
riken hos Katrinefors Bruk.
13. Utvecklingsstadiet för bullerdämpade cirkelsågklingor.
14. Buller vid ångutsläpp.
15. Buller vid pneumatik.
16. Buller från kuggväxlar. Faktorer som inverkar på buller-
nivån. Förslag till bullerdämpande åtgärder.

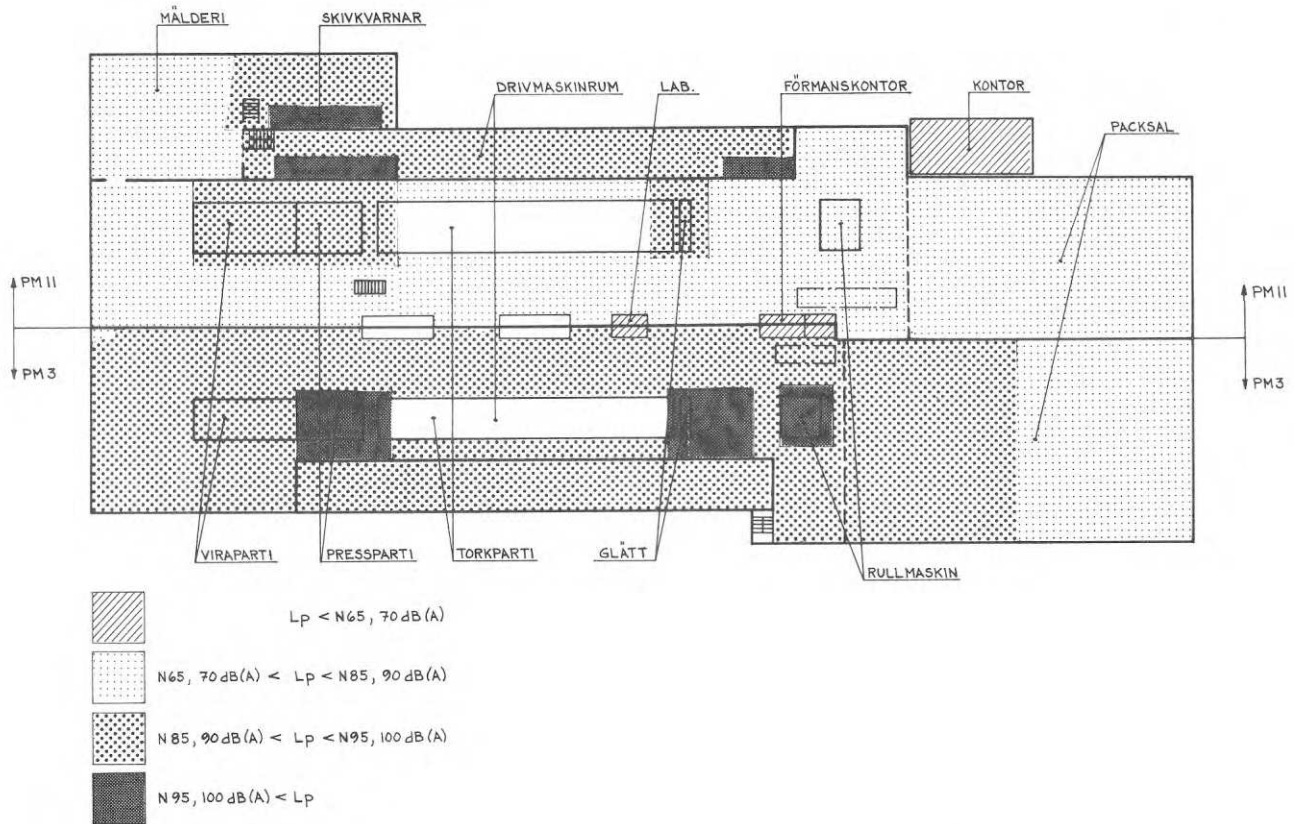


FIG. 9:9. Hallsta pappersbruk, maskinhall och packsal. Nuvarande bullerzoner vid pappersmaskinerna PM 11 och PM 3.
a. Maskinhall och packsal.

Hallsta paper mill, machine hall and packaging hall. Present noise zones near paper machines PM 11 and PM 3.
a. Machine hall and packaging hall.

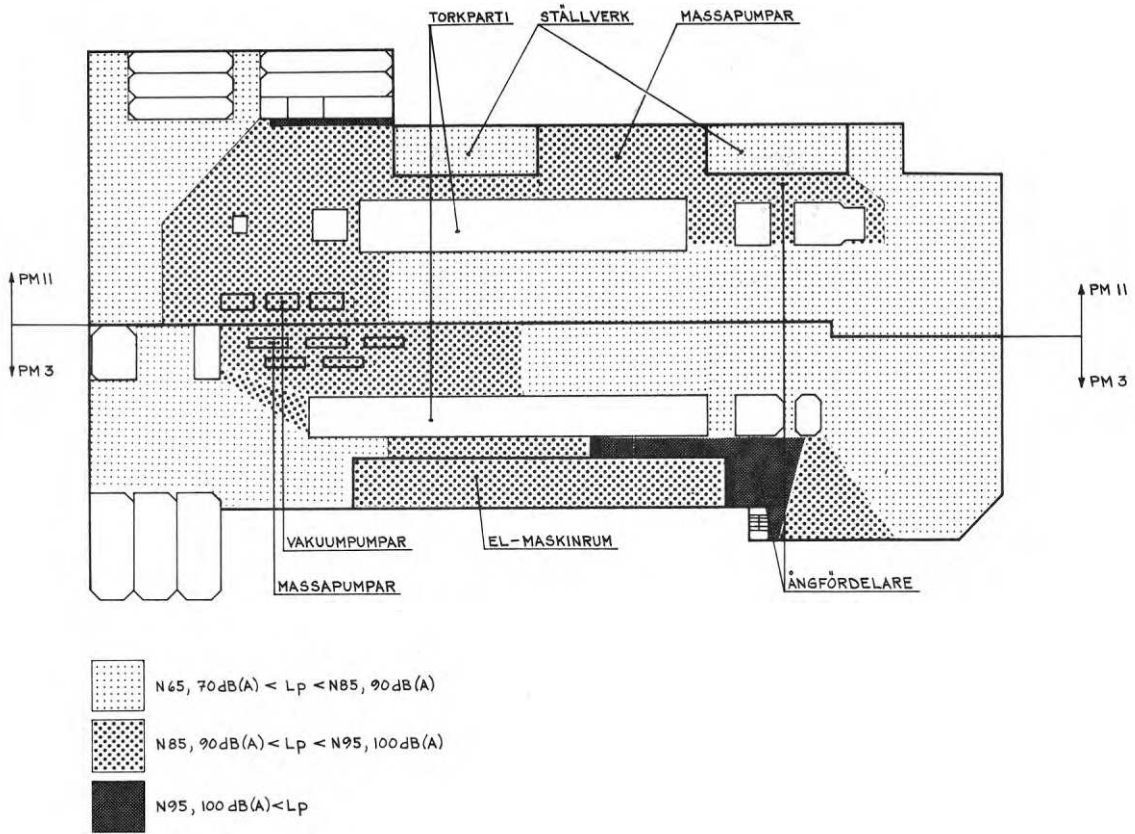


FIG. 9:9. b. Källaren.

Basement.

TAB. 9:1. Bedömning av hörselskaderisk genom frekvensstudier (tid i min).

Högsta bullertal (ISO). Största tillåtna exponeringstid.	N80	N80	N80	N82	N78	N83	N83	N75	N100*	N90*	Pappersmaskin 11 PM11 (1967)			
	←			> 480				→		45	300	min		
Högsta bullertal (ISO). Största tillåtna exponeringstid.	N90	N94	N90	N95	N90	N90	N97	N90	N100	N95	Pappersmaskin 3 PM3 (1960)			
	300	120	300	120	300	300	85	300	45	120	min			
Plats Yrke	Öster	Väster	Viraparti	Pressparti	Torkparti	Glättningsmaskin "Pope"	Rullmaskin	Omrullning	Vind	Övrigt	Överskriden exponeringstid utan hörselskydd. Hörselskaderisk			
	Uppehållstider i min										PM11		PM3	
											Överskjutande tid	Risk	Överskjutande tid	Risk
Maskinförare	45,6	0,5	49,9	110,4	61,0	111,8	55,8	—	0,5	45,1	—	nej	300	ja
Torkare	0,5	1,0	0,5	0,5	34,1	333,1	89,9	1,0	—	19,7	—	nej	69	ja
Passare	2,4	1,9	—	5,8	17,8	346,1	85,4	—	—	20,6	—	nej	66	ja
Virapassare	4,8	—	37,9	415,2	3,8	—	2,4	—	—	12,0	—	nej	295	ja
Rullare	—	—	—	—	0,5	8,6	458,9	—	—	12,0	—	nej	339	ja
Hjälprullare	—	79,2	0,5	0,5	1,4	6,7	369,1	2,4	—	17,8	—	nej	284	ja
Omrullare	—	9,6	—	—	—	4,8	6,2	315,4	—	144,0	—	nej	16	ja
Trimbeyskötare	283,9	2,9	28,8	34,6	37,9	13,9	31,7	—	1,0	70,1	—	nej	70	ja
Fläktskötare	22,6	33,6	1,4	21,6	98,2	36,5	14,9	0,5	25,4	125,3	—	nej	5	ja
Extra personal	18,2	5,9	4,3	15,8	3,8	47,5	46,1	—	—	339,8	40	ja	219	ja
											Resultat	Extra personal har hörselskaderisk	All personal har hörselskaderisk	

* Dessa bullertal har angivits som högsta möjliga bullertal för bedömning av hörselskaderisken för fläktskötare och extra personal.
Exponeringstid avser största tillåtna exponeringstid i min.
Överskjutande tid avser tid över tillåten utan hörselskydd.

Civ ing Göran Westerberg
FÖRENKLAD METOD FÖR MÄTNING AV LUFTLJUDSISO-
LERING

Flera metoder för förenklad metodik vid mätning av luftljudsisolering har presenterats under årens lopp. En sådan är den sk skottmetoden, vilken behandlats av flera forskare. En annan är den sk dB(A)-metoden, som förts fram främst av Gösele, Stuttgart. Den senare metoden har ägnats en granskning på uppdrag av SRB.

Målsättningen kan skifta för olika förenklade mätmetoder. Det kan gälla att primärt minska arbetstiden på mätplatsen för att senare tillåta relativt omständlig laboratoriebehandling. Det kan också vara frågan om att söka ett system som medger direkt provisorisk grovkontroll. dB(A)-metoden är utvecklad med tanke på den sistnämnda situationen.

Det önskvärda är att man med en bullerkälla i sändarrummet mäter nivån i sändar- och mottagarrum med en enkel bullermätare och av nivåskillnaden utläser om isoleringen uppfyller vissa krav eller ej.

Man kan à priori inte ha några förväntningar på metoden när det gäller precision och information jämfört med den ordinära metoden. Det skulle förvåna mycket om dB(A)-metoden inte är snabbare och billigare, men ger sämre resultat. Ytterligare en invändning kan resas: i allmänhet ligger isoleringen relativt nära kravvärdena, vilket betyder att precisionen vid mätningarna bör vara ganska god för att man skall kunna avgöra om kraven uppfyllts eller ej.

Det är emellertid tänkbart att metoden kan användas dels i sådana fall då en stor mängd enheter av samma slag skall mätas och möjlighet till kalibrering mot den ordinarie metoden finnes, dels då man särskilt önskar att spåra grova fel vid likartade konstruktioner.

Primärt bör sålunda det värde som erhålles vid denna förenklade metod stå i en viss och känd relation till det värde vari kravet är uttryckt. I SBN 67 uttrycks kraven med storheterna I_a , I_a^x och \bar{R}' (dörrar). Detta är emellertid endast en aspekt på provningsmetodik. Man kan vid arbete med metoden inte undgå att komma in på frågan om kravens formulering.

Det är emellertid en fråga som icke beröres i denna utredning.

I en beräkningsmässig granskning av metoden jämföres utfallet vid användning av olika filter på sändar- och mottagarsida med referens till Göseles vidareutveckling av systemet. Primärt studeras storheten $I_a - X_i$, där X_i representerar en nivå-skillnad mätt i t ex dB(A) och då betecknad R_{AA} . Det är givetvis önskvärt att denna skillnad är konstant eller allra helst 0. Denna skillnads variation med olika variabler såsom variationer av sändarkurvans utseende vid konstant reduktionstalskurva och variationer av reduktionstalskurvan vid konstant sändarkurva studeras. Tills vidare behandlas ej problemet med absorptionskorrektionen, utan A sättes till $S \text{ m}^2$ i det gängse uttrycket för reduktionstalet.

De på detta sätt erhållna variationerna i uttrycket $I_a - X_i$ kan ge en uppfattning om metodens tillämpbarhet.

De genomförda beräkningarna visar att denna skillnad i många fall är oacceptabelt stor för att metoden skall kunna användas generellt utan kalibrering för varje serie på viss konstruktions-typ. Det framgår också att det med avseende på spridningen är fördelaktigare att använda C-filter i sändarrummet och A-filter i mottagarrummet än samma filter i båda rummen. Mest ogynnsamt är att använda B- eller C-filter i båda rummen.

Metoden synes sålunda ha vissa begränsningar som hindrar den från att direkt ersätta den fullständiga metoden. Däremot synes möjligheten kvarstå att utnyttja den vid seriemätningar på lika eller likartade objekt, där i första hand grova fel skall upptäckas. Följsamheten hos de med den förenklade metoden erhållna värdena relativt I_a och eventuellt \bar{R}' vid användningsträa objekt jämförda med samma objekt med kända akustiska fel bör utredas.

Frågan om mätprecision och absorptionskorrektion är också faktorer som måste ägnas uppmärksamhet.

Civ ing Stellan Dahlstedt
FÖRENKLAD MÄTMETOD FÖR LUFTLJUDSISOLATION MED
ANVÄNDANDE AV IMPULSLJUD

Förslag till mätning av ljudisolation med impuls ljud har tidigare framförts (Ing Stig Ingemansson, CTH Rapport A493 den 18/11 1963). Fördelen gentemot konventionell mätning är att vikten av den medförda apparaturen kan nedbringas så att hela mätningen kan utföras av en person. Dessutom är kostnaden för den vid mätstället använda apparaturen låg. Utrustning skulle kunna anskaffas av praktiskt taget varje byggnadsnämnd. Utvärdering skulle i allmänhet ske på ett centralt laboratorium. Den av Ingemansson föreslagna apparaturen var emellertid

mycket speciell och har såvitt jag vet endast tillverkats i ett exemplar. En modifiering av metoden så att i handeln tillgänglig utrustning kunde användas är önskvärd.

I många fall är det nödvändigt att den medförda apparaturens vikt nedbringas, så att den kan medtagas t ex som handbagage i ett flygplan. Jag har försöksvis använt en utrustning bestående av:

- En startpistol med skott
- En portabel stereobandspelare
- Två dynamiska mikrofoner med ca 30 m kabel
- En kalibrerad dämpsats

Denna utrustning väger mindre än 10 kg och kan med lätthet medföras vid resa.

Som bandspelare användes en Uher 4200 Report Stereo[®] mikrofonerna är två ganska enkla dynamiska mikrofoner av fabrikat Holmco[®]. De har kulkaraktäristik och tämligen flat tonkurva mellan 50 och 10000 Hz. De tål ljudnivåer upp till 140 dB. En vanlig 9 mm startpistol utgör ljudkälla.

Apparaturens uppställning för mätning framgår av FIG. 10:1. Med dämpsatsen, som är reglerbar i steg om 10 dB, inställes den ungefärligen väntade rumsisolationen. Operatören befinner sig i sändarrummet. Genom provskjutning kan man försäkra sig om att bandspelaren ej överstyres och att den inställda dämpningen är lämplig.

Vid mätningen skjuts först tre skott i olika positioner i sändarrummet. Därefter skiftas mikrofoner och bandspelarkanaler så att eventuella olikheter i förstärkning och frekvensgång utjämnas. Därefter skjuts återigen tre skott i samma positioner som förut. Vid utvärderingen tas medeltalet av samtliga sex registreringar. Enklast göres utvärderingen så att man gör en slinga på samtliga sex registreringar och registrerar impulserna på nivåskrivare. Vi har i allmänhet nöjt oss med oktavbandsanalys, då detta givit tillräcklig information för de problem, som förelegat.

För utvärdering av impulsernas nivå har en speciell metodik valts:

Medelnivån i den fallande registreringen inlägges som en rät linje på samma sätt som vid efterklangsmätning. Begynnelse-nivån definieras som skärningspunkten med skrivarens uppgående startlinje, vilken ju är nästan vinkelrät mot tidsaxeln. På detta sätt erhåller man en ur efterklingsförloppet väl definierad begynnelsenivå, vilket ej är fallet om man försöker avläsa registreringens högsta värde.

Mottagarrummets efterklangstid erhålles direkt ut registreringarna.

Den sökta rumsisolationen erhålles ur differensen mellan medeltalen av de sex registreringarna i sändar- och mottagar-rum med tillägg av den å dämpsatsen inställda dämpningen. FIG. 10:2 visar några exempel på registreringar enligt denna

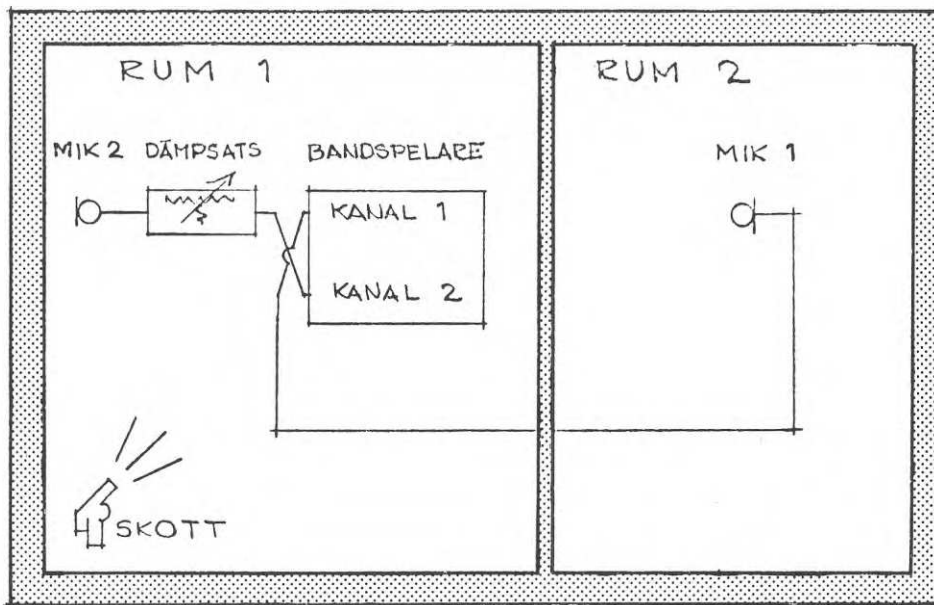
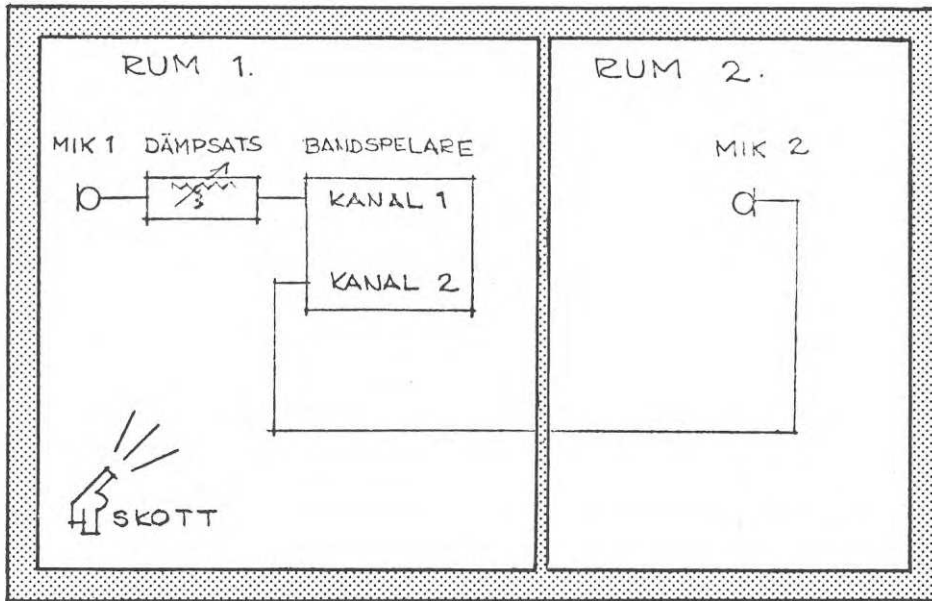


FIG. 10:1. Principuppställning för förenklad metod för ljudisoleringsmätning. Mätningen utfördes i två etapper med omkastning av kanal och mikrofoner så att exakt kalibrering av bandspelarens två kanaler undviks.

Outline diagram showing simplified method of sound insulation measurement. Measurement is carried out in two stages, the channel and microphones being switched over, so that precise calibration of the two channels of the tape recorder is avoided.

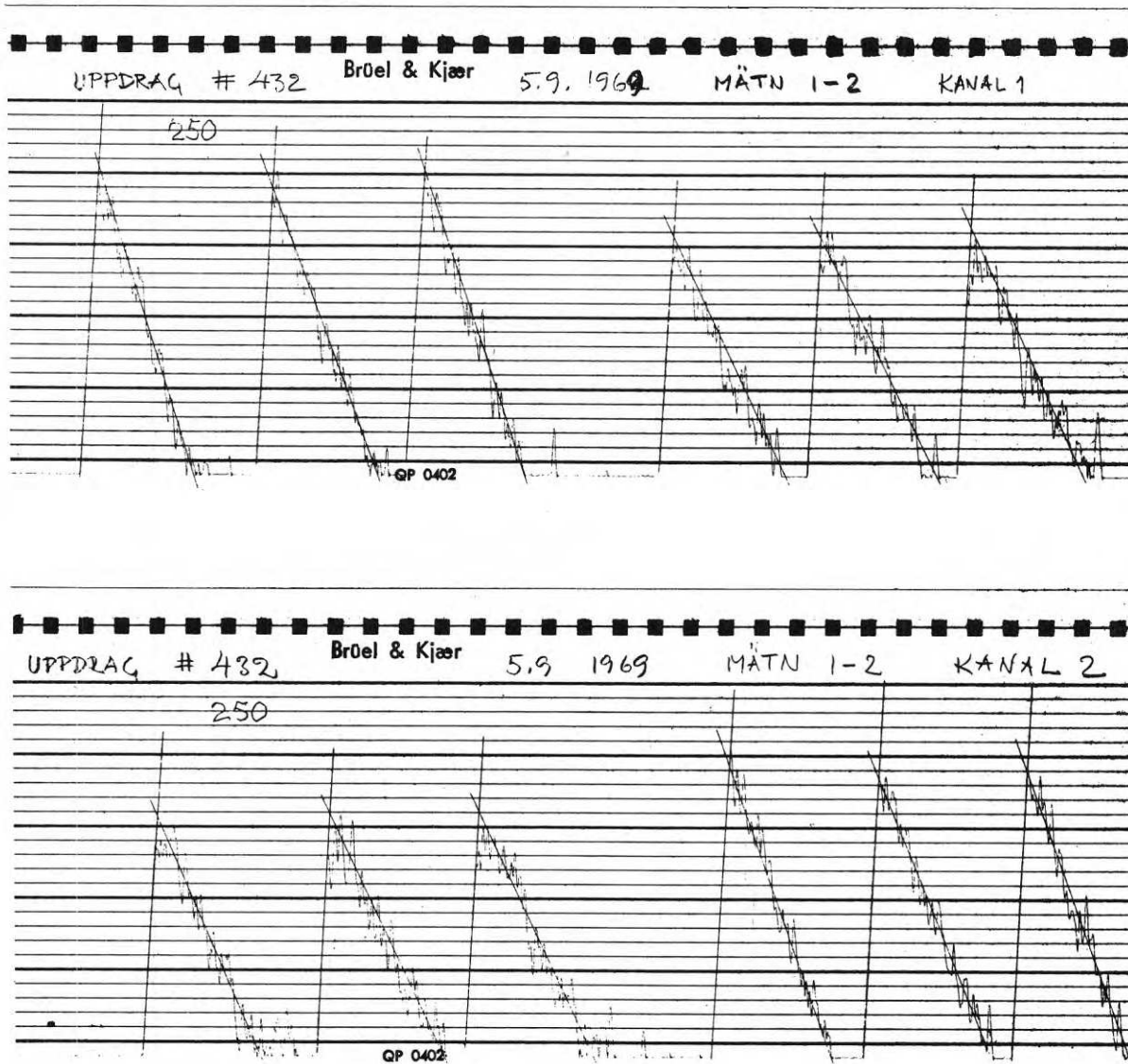
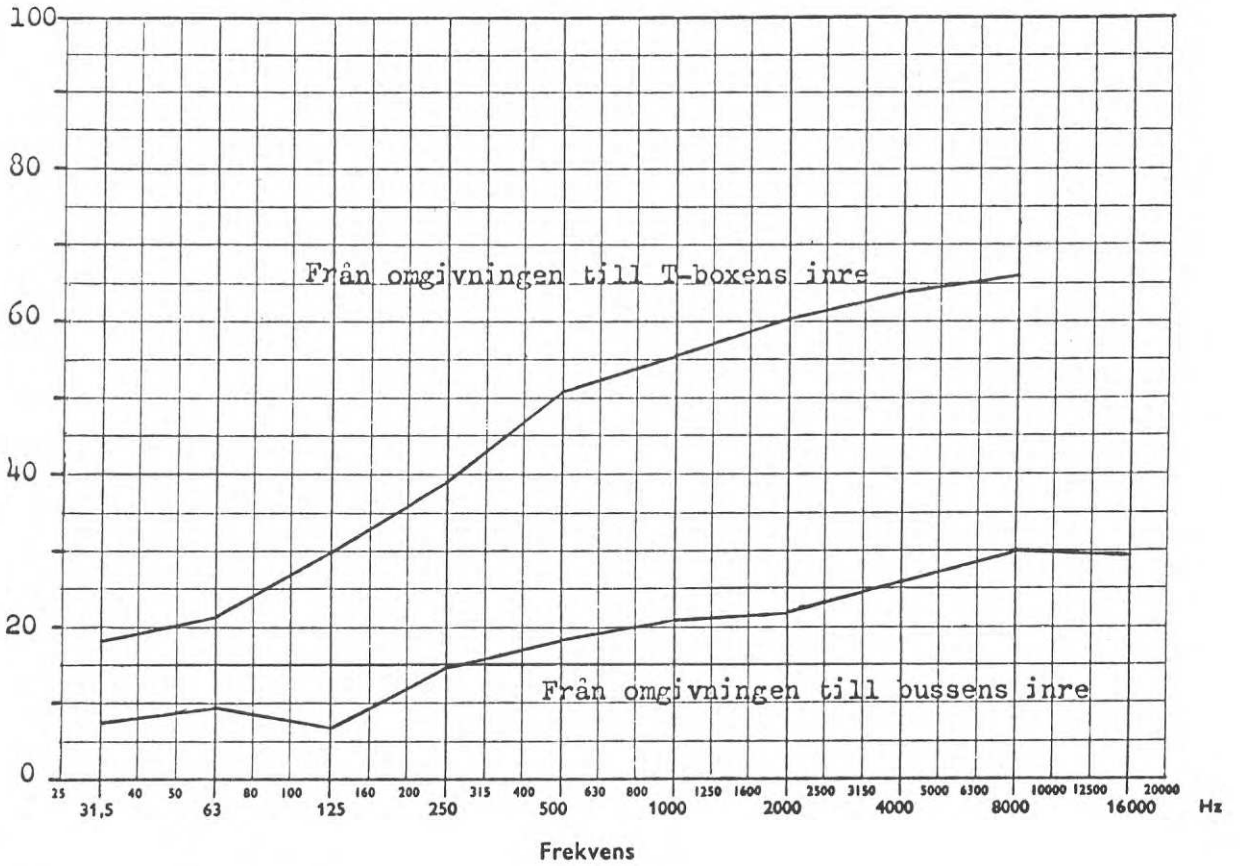


FIG. 10:2. Registrering av mätserie av 2 x 3 skott vid Arbetsgivareföreningens flygelbyggnad i Yxtaholm.

Recording of a measuring series consisting of 2 x 3 shots at the Swedish Employers' Association building at Yxtaholm.



dB Ljudisolations

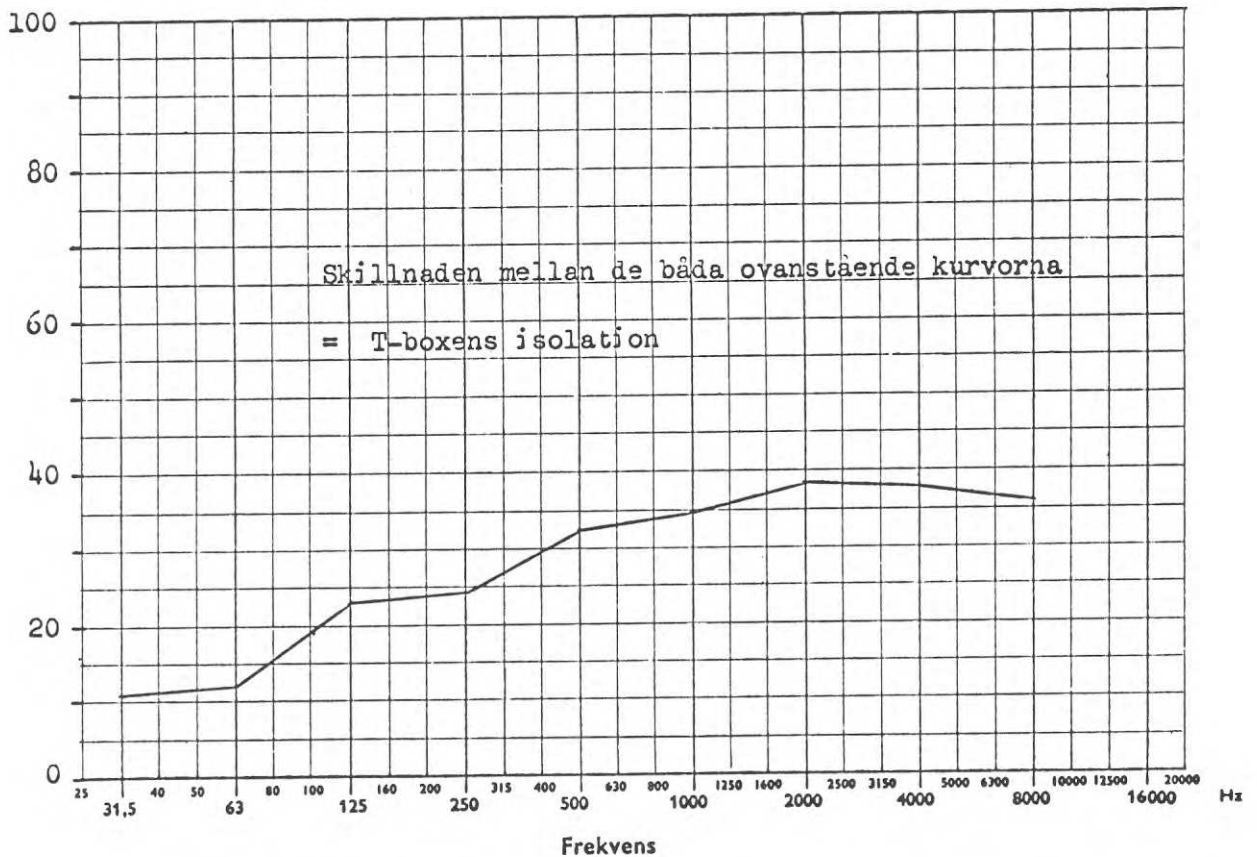


FIG. 10:3. Resultat av ljudisolationsmätningar å buss för hörselundersökningar utförda för Arbetsmedicinska institutet.

The results of sound insulation measurements carried out on a hearing test bus at the National Institute for Occupational Health.

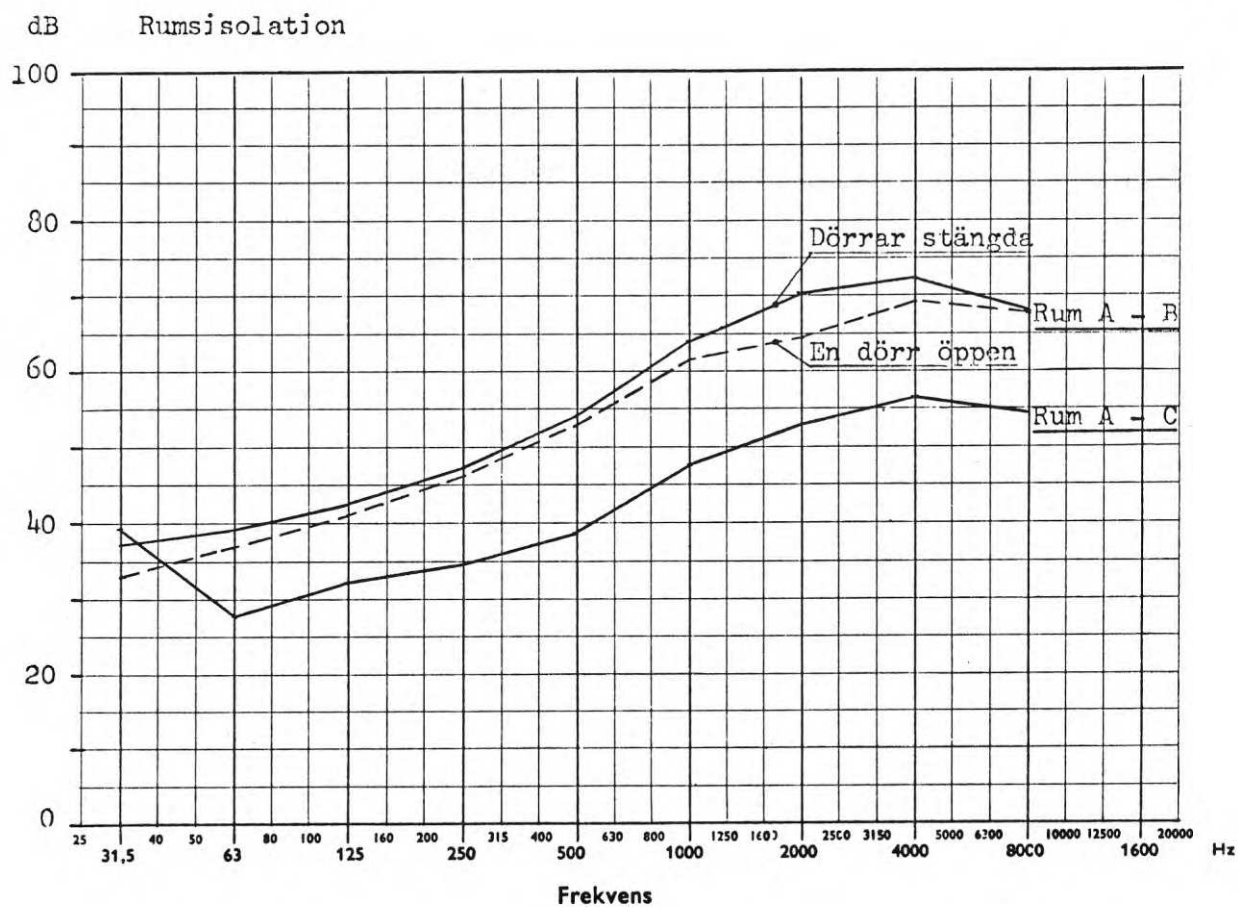
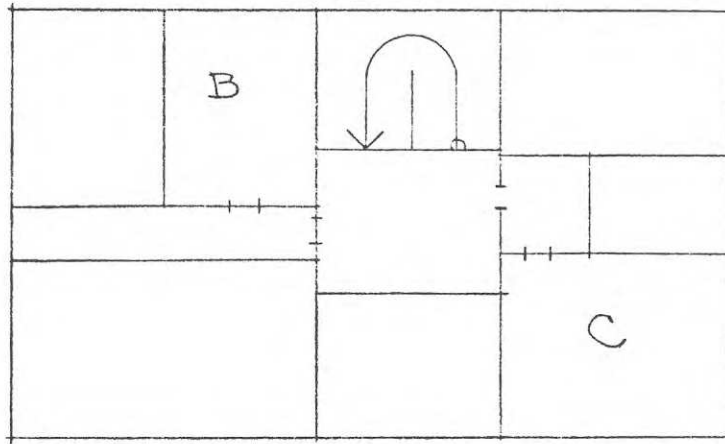
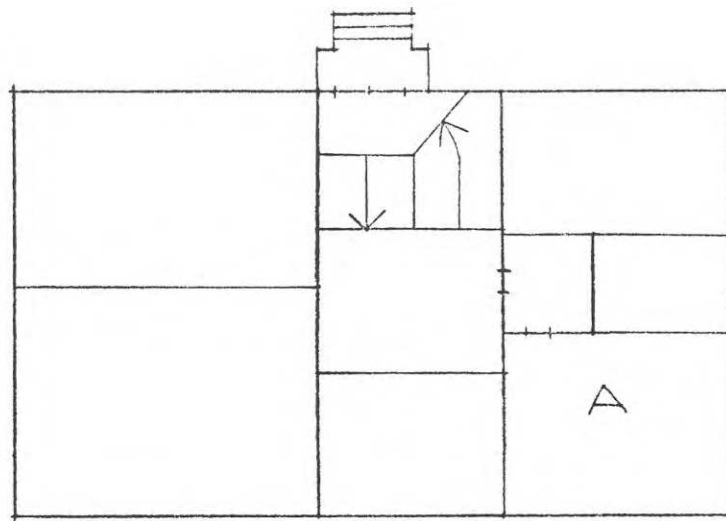


FIG. 10:4. Resultat av mätningar vid Arbetsgivareföreningens flygelbyggnad i Yxtaholm.

Results of measurements at the Swedish Employers' Association building at Yxtaholm.



PLAN, VÅNING 1TR



PLAN BOTTENVÅNING

FIG. 10:5. Lokalernas anordning i Arbetsgivareföreningens flygelbyggnad i Yxtaholm.

Arrangement of rooms in the Swedish Employers' Association building at Yxtaholm.

metod, och FIG. 10:3 visar de uppmätta värdena på ljudisolationen för mätbuss.

I Svenska Arbetsgivareföreningens lokaler i Yxtaholm har mätningar utförts i en flygelbyggnad (FIG. 10:4 och 10:5). Ljudisolationen mättes dels mellan rum A i bottenvåningen och rum B i övervåningen, dels mellan rum A och rum C i övervåningen enligt FIG. 10:5. Som ljudkälla vid mätningarna användes skott från en startpistol i rum A, sändarrummet. Skottljuden upptogs samtidigt av mikrofoner i sändarrum och resp mottagarum B och C samt registrerades på band medelst en 2-kanals bandspelare. Registreringarna analyserades sedan med hjälp av oktavbandsfilter och logaritmisk nivåskrivare.

Vi har icke haft tillfälle att genomföra jämförande mätningar mellan den ovan angivna mätmetoden och den vanligen tillämpande metoden med användning av smalbandigt brus, men vi har för avsikt att föreslå Statens Råd för Byggnadsforskning att medel anslås för detta ändamål. Det vore önskvärt att fastställa en officiellt accepterad metod för kontroll av byggnader, som är så belägna att besök med en mätbuss är ekonomiskt ogenomförbart.

Den föreslagna metoden är enkel och billig; hela utrustningen kan anskaffas för mindre än 3000:- kr. Utvärderingen är visserligen tidsödande, men den kan lätt rationaliseras till ett rent rutinarbete i ett centralt laboratorium. Genom införande av databehandling kan det manuella räknearbetet elimineras.

Prof Tor Kihlman
ANVÄNDNING AV PARALLELLANALYSATOR MED DATOR
ON-LINE

I det följande skall presenteras en instrumentutrustning som vi för närvarande (mars 1970) håller på att skaffa till institutionen för byggnadsakustik vid Chalmers tekniska högskola. Några exempel på dess planerade användningsområden skall ges.

Akustiska mätningar är ofta tidsödande genom den mängd av data som måste samlas in. Det är därför angeläget att kunna göra tidsvinster genom förenklingar i datainsamlandet. Ett sätt att göra detta är att överföra mätvärdena till digital form och registrera dem automatiskt med något slag av datalogg för att därefter bearbeta dem på en dator. Detta är off-line tekniken. Väl så intressant är emellertid mätsystem med en dator on-line, dvs man nöjer sig inte med att notera mätvärdena för en efterföljande bearbetning med dator, utan låter datorn direkt under pågående mätning bearbeta resultaten. Därvid ställs måttliga krav på datorns minneskapacitet, ty efterhand som mätvärdena bearbetas glömmer man bort dem och behåller endast räkneresultatet.

Genom systemets snabbhet i avläsning och bearbetning kan man också utnyttja de tidsbesparande möjligheterna i en parallellanalys. Vid konventionella akustiska mätningar utförs en serieanalys av ljudtrycksnivån. Därmed avses att mätning inom de olika frekvensbanden, t ex tredjedelsoktaver, sker i följd efter varandra. I den vanliga analysatorn kopplas därvid filtren in ett och ett. Vid en parallellanalys mäter man i samtliga frekvensband samtidigt. Detta möjliggörs genom att man har lika många mätkanaler som frekvensband parallellt inkopplade.

Utrustningen

Systemets uppbyggnad framgår av FIG. 10:6. Det består av en parallellanalysator som ger mätvärdena i digital form. Till denna är ansluten en dator med 8000 ords minneskapacitet i första etappen. Datorn är programmerbar i bl a FORTRAN och betjänas från en ordinär teletype. Man arbetar med en ganska kort tidskonstant i parallellanalysatorn och gör täta avläsningar av utsignalen från den. Normalt integrerar man då med datorns hjälp signalen. Mätvärdena kan sedan bearbetas vidare med hjälp av olika program. Man kan t ex beräkna ett bullers hörnivå, Stephens phon, man kan jämföra mätta värden med kriterievärden, man kan utnyttja systemet för beräkningar av reduktionstal så att man direkt får t ex isoleringsindex etc.

Ljudisolationsmätningar

Ljudisolationsmätningar avses ske på följande sätt. (Se FIG. 10:7). På sändarsidan sänds ett bredbandigt brus (80 - 4000 Hz). I stället för många mikrofonpositioner används en långsamt roterande mikrofon som då bara behöver sättas i sändar- resp mottagartrum i en position. Signalen från mikrofonen parallellanalyseras och förs till datorn som utför rums- och tidsintegration av signalen under en total integrationstid av ca 20 sek. Efterklangstidsmätning utförs, varefter datorn i utskrift direkt ger reduktionstalet vid olika frekvenser, isoleringsindex etc.

Ett delproblem i samband med denna mätteknik är efterklangstidsmätningen, men våra förstudier visar att denna mätning bör kunna klaras med ett särskilt maskinprogram.

Även delisoleringsmätningar genom vibrationsmätningar kan utföras med apparaturen. I stället för en roterande mikrofon kan man då lämpligen använda ett antal accelerometrar med tillhörande förförstärkare som automatiskt söks av.

Anmärkas bör slutligen att mätmetodiken med parallellanalys ej är i enlighet med gällande I S O rekommendation R 140. Det torde dock inte finnas något reellt skäl längre till varför parallellanalys ej skulle kunna användas. Åtgärden bör här bli att verka för en ändring på denna punkt av I S O R 140.

Trafikbullerfluktuationers störande inverkan

Sedan ett par år bearbetas vid Svensk Akustikplanering AB en forskningsuppgift som avser att studera vilken inverkan fluk-

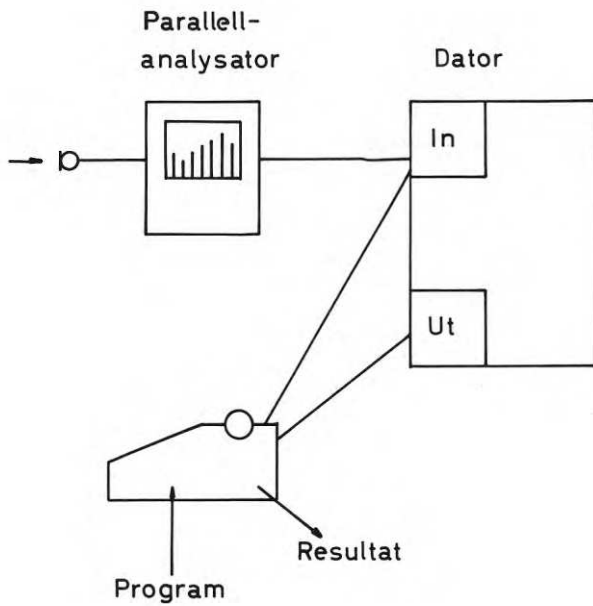


FIG. 10:6. System för akustiska mätningar med användning av parallellanalysator med dator on-line.

Acoustic measurement system using a parallel analyser with an on-line computer.

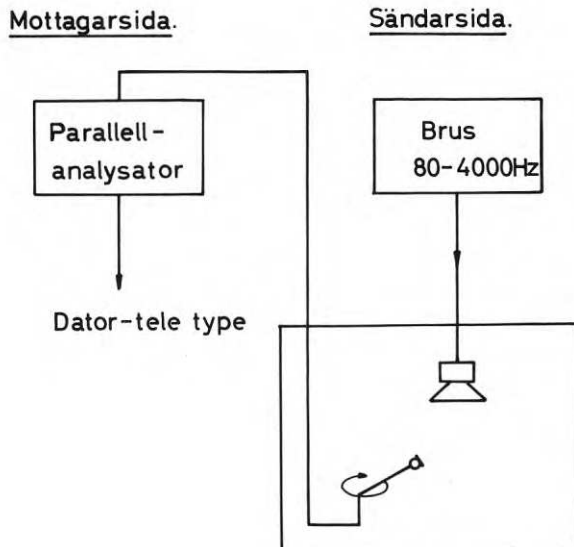


FIG. 10:7. Ljudisolationsmätning.

Measurement of sound insulation.

tuationerna hos ett buller, speciellt hos trafikbuller, har för störintrycket. Arbetet utförs på anslag från Bygghälsningsrådet. I arbetet deltar även civilingenjör Björn Lundqvist och med dr Bertil Nordlund.

Ur audiologisk synpunkt är det naturligt att fluktuationerna har betydelse för störintrycket p g a hörselorganets tillvänjning när det utsätts för ett buller av konstant styrka. Tillvänjningstiden rör sig totalt om 20 - 30 s.

Problemet är att på lämpligt sätt beskriva fluktuationerna och korrelera dem med störintrycket. I vår etappredovisning till Bygghälsningsrådet i rapporten "Trafikbullerstudier" gav vi ett förslag till fluktuationsmått, som dock ännu inte har testats p g a problemen att mättekniskt bestämma det. Vi föreslog ett mätsystem som utnyttjade en dator, off-line. Det synes i dagens läge vara naturligast att arbeta on-line, och det fluktuationsmått som föreslogs kan bestämmas med den här presenterade utrustningen. För bestämning av detta mått avläses då i de olika frekvensbanden ljudtrycksnivån några gånger per s. Dessa mätvärden går in i en beräkningsrutin för Stephens phon, varefter fluktuationsmättet beräknas.

Man har emellertid senare kommit underfund med att adaptationen är olika vid olika frekvenser och olika nivåer. Detta kan eventuellt medföra att fluktuationsmättet i stället skall beräknas i varje frekvensband för sig.

Det ligger också nära till hands att pröva andra fluktuationsmått. Naturligt vore t ex att ta fluktuationernas spektrum. Detta skulle kunna göras i analog form, men mättekniskt är det besvärligt, eftersom det handlar om en analys vid mycket låga frekvenser. Då kan man utnyttja det förhållandet att autokorrelationsfunktionen innehåller samma information som effektspektrum. Autokorrelationsfunktionen kan med den här presenterade apparaturen beräknas on-line.

11 PÅGÅENDE FORSKNING OCH AKTUELLE FORSKNINGSBEHOV INOM LJUDKLIMAT- OMRÅDET. REDOGÖRELSE FRÅN NORGE, DANMARK, FINLAND OCH SVERIGE

Cand real T E Vigran,
NORGE

Jeg må innledningsvis få si at jeg var litt betenkt då jeg på anmodning fra Norges Byggforskningsinstitutt påtok meg denne oppgaven. For det første er "lydklima" en så stor "sekkepost" at man vanskelig kan yde rettferdighet når man på begrenset tid skal omtale institutter og forskningsprosjekter som har tilknytning til dette felt. For det annet er det vanskelig å omtale i noen detalj andre arbeider enn de man har svært nær kontakt med. Jeg må derfor be om overbærenhet for at dette innlegget vil få en sterk slagside over mot prosjekter som min egen institusjon arbeider med eller har nær tilknytning til. Videre har jeg begrenset mitt mandat til å behandle emner innen den tradisjonelle bygnings- og romakustikken, samt støyproblemer i nær tilknytning til disse.

Det er særlig tre institusjoner i Norge som har virksomhet på området bygningsakustikk; det er:

- o Norges Byggforskningsinstitutt
- o Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo
- o Akustisk Laboratorium ved NTH i Trondheim

I tillegg må nevnes Audiologisk institutt, også ved Universitet i Oslo, som riktignok ikke arbeider med bygningsakustikk, men som har meget sterk tilknytning til lydklima bl.a. gjennom arbeidet med støyproblemer, særlig industristøy.

Jeg vil starte med en liten oversikt over disse institusjoner, deres størrelse, utstyr og generelle virksomhet. De enkelte forskningsområder og nærmere om enkelte prosjekter vil jeg behandle samlet.

Forskningsinstitusjoner

Gruppen som arbeider med bygningsakustikk ved Norges Byggforskningsinstitutt består av 2 mann, og det viktigste arbeidsområdet er lydisolasjon i bygninger. I tillegg arbeider avdelingen for VVS en del med støy fra rørinstallasjoner. En meget viktig side av virksomheten er innsamling av data fra egen og andres virksomhet, og å publisere resultatene i form av byggedetaljblader og håndbøker. Gruppen har etter størrelsen en omfattende oppdragsvirksomhet på området felmåling av lyd-

isolasjon, støymålinger o.l. Instituttet besitter ingen akustiske målerom etter internasjonal standard, men utfører lydisolasjonsmålinger i målerom av mer typisk bygningsmessig karakter. Gruppen som arbeider med bygningsakustikk ved Universitetet i Oslo er også liten og teller vel ikke mer enn 2 ansatte ved Fysisk institutt og deres hovedfagstudenter. Denne virksomhet skyldes mer disse ansattes eget interessefelt enn noen aktiv forskningspolitikk. Dertil er det anerkjent at undervisning og forskning innen bygningsakustikk stort sett skall skje ved Norges tekniske høgskole. Ved Fysisk institutt har man imidlertid i forbindelse med noen mindre bygningsakustiske laboratorier utført en del meget interessante romakustiske undersøkelser. Disse skal jeg komme nærmere tilbake til.

Det Audiologiske institutt ved Rikshospitalet i Oslo har naturlig sitt arbeidsfelt over på de psykoakustiske og de rent medisinske aspekter innen akustikk. Instituttet ved Hørselssentralen beskjeftiger i alt 9 personer, og har siden det ligger under Universitetet i Oslo samtidig en undervisningsmessig funksjon. Jeg nevnte at industristøy var et viktig arbeidsområde, men instituttet påtar seg også utredningsarbeider, til dels også målinger på fly- og veitrafikkstøy. Instituttet har en rekke spesialrom, deriblant et relativt stort ekkofritt rom, vel 100 m³ innenfor kilene.

Virksomheten i akustikk ved Norges tekniske høgskole er konsentrert om Institutt for akustikk og Akustisk Laboratorium. Det førstnevnte er et vanlig høgskoleinstitutt underlagt Elektroteknisk avdeling, mens Akustisk Laboratorium er en avdeling av forskningsorganisasjonen SINTEF. Laboratoriet driver oppdragsvirksomhet for industri, private og offentlige institusjoner, og har dessuten sitt eget forskningsprogram finansiert gjennom Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF).

Personalet ved institutt og laboratorium utgjør med stort og smått 20 personer, i forholdet 1:4 mellom institutt og laboratorium.

Av spesial-laboratorier kan nevnes ekkofritt rom, 125 m³ innenfor kilene, to klangrom på henholdsvis 200 og 275 m³, samt 4 målerom for lydisolasjonsmålinger (110-120 m³). Det største klangrom og et mindre målerom vil stå ferdig i år, og har et par detaljer som kan være verdt å nevne. Siden man lenge har følt behov for på en enkel måte å måle lydtransmisjon gjennom små prøveflater som dører og vinduer er det plassert en slik mindre prøveåpning 2.25 x 1.25 m mellom klangrom og målerom.

Klangrommet har dessuten en anordning som vil lette absorpsjonsmålinger på absorbenter med stor dybde, nedsenkede himlinger etc. En prøveåpning på 10 m² er bygget som en sjakt i taket og avsluttet med en forskyvbar bakvegg i stålplate og betong. Prøveflaten monteres da alltid i plan med taket og bakveggen forskyves til ønsket "nedføring". Man unngår da alle de problemer som er forbundet med oppbygging av ramme rundt absorbenten.

Så langt om de laboratoriemessige forhold. Når det gjelder forskningsinnsatsen, som i alt vesentlig ligger på det rent anvendte plan, må denne sies å være av relativt beskjeden målestokk. Denne finansieres gjennom NTNF og utgjør for inneværende år kr 200.000,-, og disse midler går ikke bare til virksomheten innen bygnings- og romakustikk, men dekker også elektroakustikken som er det annet hovedområde.

Pågående og planlagt forskning

Den anvendte forskning inisieres i motsetning til grunnforskningen i høy grad av instanser utenom forskningsinstituttene. Man får seg overlatt problemer hvis heldige løsninger avhenger av at man ikke bare har den nødvendige teoretiske kompetanse, men at man i høy grad har den praktiske kontakt med problemet. Dette fører selvsagt til at meget av forskningsarbeidet består i hva man noe nedsettende kaller "etterforskning", men man har da her også mulighet for å finne noen gullkorn.

Den anvendte forskning i Norge arbeider derfor med de samme problemer som en rekke andre steder i verden, og de konkrete arbeider og behov jeg skal omtale ligger innen de kjente områder: trafikkstøy, lydisolering i boliger, støy fra bygningstekniske installasjoner, det som vi godt kan betegne negativ akustikk. I tillegg skal jeg komme litt in på en mer positiv del, nemlig romakustikken.

Trafikkstøy

Når det gjelder trafikkstøy har vi ved Akustisk Laboratorium satset på modellmålinger som et hjelpemiddel når det gjelder prediktering av lydutbredelsen for trafikkårer. Målinger er utført i skala 1:20, og en vesentlig del av arbeidet hittil har selvfølgelig bestått i utarbeidelse av måleteknikken. Ingen av disse målingene er verifisert i reell skala, dette er derimot tillfelle for våre målinger på skjærmer. Støyreduksjon ved hjelp av skjærmer i form av murer, jordvoller o.l. er meget aktuelt, ikke minst i vårt land der topografien ofte gjør det umulig med stor avstand mellom vei og bebyggelse. Undersøkelser av skjærmer egner seg godt for modellmåling, og en rekke forskjellige utforminger er undersøkt. Flere typer er også målt i reell skala, dvs. forholdet er egentlig omvendt, modellen er laget etter eksisterende skjærmer. Overensstemmelsen mellom modellmålinger og feltmålinger må betegnes som brukbar.

Det vi føler sterkt behov for når det gjelder utbredelse av trafikkstøy er sikrere data for demping over litt større avstander (>50m), hvor de forskjellige typer av bakkeabsorpsjon kommer inn. Høyden over bakken er her en viktig parameter. Det avgjørende punkt er imidlertid sammenhengen mellom støyeksponeringen og det subjektive intrykk. På dette området har vi i Norge i motsetning til i Sverige ikke gjort annet enn å forsøke å holde greie på alle de forskjellige størrelser som dukker opp, TNI, midlere energinivå, Q - verdi etc. uten at jeg her skal innlate meg på en diskusjon om alle disse enhetenes for-deler eller bakdeler.

Lydisolering i bygninger

Når det gjelder lydisolasjon i bygninger har man i Norge nå endelig fått nye byggeforskrifter, hvor kravene til lydisolasjon i likhet med i våre nordiske naboland er funksjonskrav, dvs. krav til forholdene i det ferdige bygg. Utformningen av disse forskrifter er i første rekke utført av Norges Byggforskningsinstitutt.

Man kan imidlertid aldri, selv om de formodentlig vil være gyldige i årrekkere fremover, betrakte disse krav som endelige. En konstant overvåkning og vurdering både av kravene og de tilknyttede målmetoder er på sin plass. En svakhet er også at man nok har fått en rimelig sikkerhet mot forstyrrelser innenfra, men tilstrekkelig beskyttelse mot utendørs støy er ikke garantert. Problemet ytterveggsisolasjon, kan ikke på noen måte sies å være tilstrekkelig belyst.

Jeg skal i forbindelse med luftlydisolasjon mellom boliger nevne en liten undersøkelse vi har i gang for subjektiv vurdering av normkurvers form, et arbeid av samme type som Rademacher og Venzke i sin tid gjorde.

Vi benytter imidlertid sjenanse og ikke subjektiv lydstyrke som kriterium. Forsøket er lagt opp så realistisk som mulig idet forsøksveggene dels består av en reell vegg og dels simuleres elektrisk. Korte utsnitt av programmateriale presenteres parvis for forsøkspersonene, og disse utsnittene har da passert forskjellige vegger. Forsøkspersonenes oppgave er da å gi utsagn om det mest generende utsnitt. Vi er klar over de vanskeligheter slike forsøk er beheftet med, og de foreløpige resultater er ikke svært lovende, men vi mener at dette er en vei å gå hvis normkurvene skal baseres på fastere psykoakustisk grunnlag enn nå er tilfellet.

Samtidig gjøres det både av Norges Byggforskningsinstitutt og av Akustisk Laboratorium en rekke feltmålinger, for å fremskaffe datamateriale for nyere bygningstyper. Vi forsøker så langt det er mulig, ikke bare å konstatere resultatet, men å diagnostisere svikt i lydisolasjonen. Når f.eks. avstanden mellom laboratoriemålte og in situ målte reduksjonstall for vegger er både 10 og 15 desibel, kan det vanskelig påstås at det er samme ting man måler på. Forøvrig har man ved Akustisk Laboratorium hatt en måleserie gående på nyere boligbyggeri i Trondheimsområdet, og vi har hatt den glede å konstatere at på samtlige målte typer ferdig bygget i fjor og i år har byggeforskriftenes krav til lydisolasjon vært oppfylt. Dette enskjønt de nye byggeforskriftene ikke trer i kraft før 1. april i år.

Støy fra bygningstekniske installasjoner

Behovet for kontroll av støy fra bygningstekniske installasjoner er imidlertid til stede i fullt monn. Det er håp om at man på det ventilasjonstekniske område kan komme frem til standard målmetoder, slikt at i alle fall relevante størrelser for de enkelte komponenter kan fremskaffes og samtidig være sammenlignbare over landegrensene. Problemet er imidlertid ikke løst ved dette, da man i ventilasjonssystemer i høy grad har interaksjoner mellom de enkelte komponenter som gjør støyberegninger

usikre. Støymåling på ventilasjonsutstyr er ting vi har arbeidet med i noen tid, og da vi i Trondheim er glad i modellmålinger arbeider vi på instituttbasis med modellmålinger på noen enkle systemer. I første omgang undersøkes flanketransmisjon via kanalsystemet.

Vi har dessuten et stort utdannelsesbehov på dette felt, VVS-konsulenter kan vanligvis ikke nok om lyd, og sørger de for at deres egne anlegg er støysvake nok, har man ingen garanti for at de ikke har "kortsluttet" en annen konsulents nitide lyd-beregninger.

Støy fra vanninstallasjoner er et særlig problem. Her står man i og med de nye byggeforskriftene overfor en noe merkelig situasjon. Kravene er fastlagt, men det er ikke mulig på forhånd å beregne resultatet. Støydata på armaturer finns stort sett ikke å oppdrive og ville i alle tilfelle være til mindre hjelp, da det bare er snakk om relative målinger. Dog, man har da muligheten til å velge det mest støysvake utstyr i kritiske situasjoner.

Ved Norges Byggeforskningsinstitutt har man lenge arbeidet med disse problemer, bruk av små rørdimensjoner som "motstand" foran armaturer skulle være velkjent. Akustisk Laboratorium har planlagt målestand for armaturer, men dette er det ingen grunn til å gå nærmere inn på, da slike målinger i lengre tid har vært foretatt både i Danmark og Sverige.

Romakustikk

Det siste område jeg har tenkt å berøre er romakustikken, et stort og vanskelig felt, hvor det meste foregår på det rent empiriske plan. Man vet en del om de nødvendige betingelser som må oppfylles for at f. eks. en musiksal skal bli god, men disse betingelser er ikke samtidig tilstrekkelig. Grunnen er som alle vet den manglende viten om forholdet mellom de objektive parametre for lydfeltet og det subjektive inntrykk, samtidig som forutbestemmelse av lydfeltet ved kompliserte salformer bare er mulig i grove trekk.

Bruk av elektroniske regnemaskiner til å simulere lydfelt i rom ble i Norge startet ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo. Metoden som ble utviklet her består i oppbygging av en matematisk modell av denna romform man vil undersøke. Ut fra en kilde sendes lydstråler, og disse lydstrålers gang i modellrommet bestemmes analytisk ved bruk av den geometriske akustikks lover. Ved Fysisk institutt har man hittil benyttet metoden til undersøkelser av lydfelt i klangrom, undersøkelse av diffusorenes innflytelse, beregning av etterklangsforløp osv., og man har til dels fått meget god overensstemmelse med målinger.

Ved Akustisk Laboratorium har man foreløpig konsentrert seg om romformens innflytelse på lydfelt ved relativt store saler. Man har utviklet et generelt regnemaskinprogram hvor romformen kan endres ved bruk av nye datakort. Det arbeides for tiden med en sammenligning av en del kjente konsertsaler i Europa og USA, et arbeid som dels p. g. a. prioritets hensyn og dels rene regnemaskintekniske vanskeligheter har blitt sterkt forsinket. Vi er klar over de vanskeligheter man står overfor ved tydning av resultatene, men vi tror at i alle fall når det

gjelder den tidlig reflekterte lyd er metoden et nyttig hjelpemiddel. Vi har forøvrig under oppbygging en apparatur for måling av impulsresponsen for rom, hvor man i detalj kan bestemme energitettheten i lydfeltet som funksjon av tiden, slik at beregningene skulle kunne verifiseres.

Jeg håper med dette at jeg har gitt en oversikt over den pågående forskning innen noen felter av emnet for denne konferansen, og hvilke retningslinjer som følges. Jeg er klar over at behovet er til stede for å ta opp en rekke andre spesifikke oppgaver enn de jeg har nevnt, men det er i grunnen aldri spørsmål om mangel på problemer som trengs å løses, men om penger og dyktige folk til å gjennomføre prosjektene.

Dette illustreres godt ved den skebne som en plan over arbeidet med støyproblemene fikk, en plan som NTNf ved Akustisk komité lot utarbeide i 1960. Planen var ambisiøs, og mange var interessert, betraktet planen som "viktig" osv, men alle unnskylte seg med manglende tid, personell og penger. Noe har selvfølgelig blitt gjennomført på disse 10 årene, men store deler av planen har fremdeles full aktualitet. Støyproblemene løper imidlertid ikke fra en, blir heller ikke mindre, og jeg er som nevnt tidligere overbevist om at det ikke er nok å holde seg informert om hva andre foretar seg. Man må arbeide med tingene selv for å få nødvendig kompetanse, selv om det i flere tilfelle kan få preg av såkalt "etterforskning".

Civ ing Jørgen Kristensen,
DANMARK

Mit kendskab til de enkelte forskningsprojekter, der arbejdes med i Danmark, er i det store og hele andenhåndsviden, som hovedsagelig stammer fra en enkelt samtale med lederne af forskningscentrene. Sammenfattende kan jeg imidlertid sige, at forskningen i Danmark hidtil har beskæftiget sig med at klarlægge de fysiske parametre, som indgår i lyd klimaet, medens det helt fundamentale - menneskets relation til lyd klimaet - endnu ikke er genstand for nogen væsentlig forskningsindsats.

Forskningen indenfor det akustiske fagområde sker i Danmark hovedsagelig for statslige midler fordelt fra forskellige ministerier. Nogle institutter er dog forpligtet til at dække en del af budgettet ved egen indtjening. En mindre del af forskningsindsatsen gøres i private virksomheder dels som led i en service, dels som egentlig forskning med henblik på at løse konkrete opgaver. Som eksempler på den private forskningsindsats skal jeg derfor blot nævne nogle ventilationsfirmaers oplysningsvejledninger, et mineraluldfirmas service- og forskningsvirksomhed på det bygningsakustiske område og en rådgivende ingeniørs arbejdsfor det rumakustiske område.

Den statslig støttede forskning finder i hovedsagen sted på følgende institutter:

Laboratoriet for Akustik på Danmarks Tekniske Højskole, Lydteknisk Laboratorium under Akademiet for de tekniske videnskaber, Teknologisk Institut, Statens Byggeforskningsinstitut samt Teknisk Audiologisk Forskningslaboratorium ved Statens Hørecentral i Odense. Det er vanskeligt at udtale sig om det samlede økonomiske tilskud, fordi disse institutters forskningsstøtte kommer fra forskellige ministerier. F. eks. sorterer Laboratoriet for Akustik under Undervisningsministeriet, Teknologisk Institut under Handelsministeriet, Statens Byggeforskningsinstitut under Boligministeriet og Teknisk Audiologisk Forskningsinstitut under Socialministeriet.

Min omtale af forskningsopgaver i Danmark vil kun omfatte bygningsakustik og støj. Den væsentligste forskningsindsats finder sted på Laboratoriet for Akustik og på Lydteknisk Laboratorium, som delvis arbejder i samdrift. Der udføres her forskningsarbejde såvel på det bygningsakustiske som på det støjmæssige område. Denne forskning kan udføres som institutopgaver, som eksamensprojekter og som licentiatarbejder. Eksamensopgaverne tjener i mange tilfælde som en forundersøgelse til en senere institutopgave.

I år har man følgende eksamensopgaver:

- Undersøgelse af lette skillevægges lydisolations, når væggene kun føres til underside af nedhængt loft.
- Undersøgelse af værdien af kravet i det danske bygningsreglement om, at skillevægge skal have et vist reduktions-tal samt i praksis opfyldte en vis rumisolation. Denne undersøgelse sigter især imod at undersøge isolationen i væggen nærfelt i relation til rumisolationen.
- Undersøgelse af støj fra køletårne. Denne undersøgelse er fremkaldt af en stigende anvendelse af køletårne i beboelsesområder.

Der udføres i øjeblikket et licentiatarbejde:

- Flanketransmission gennem lette træfacader.

Af institutarbejder udføres i øjeblikket følgende opgaver:

- Lydabsorptionen fra lofter af perforerede plader i afhængighed af diverse faktorer, hularealet og afstand til væg. - Resultatet vil fremkomme i en artikel.
- Trafikstøj fra motorveje. - Dette arbejde udføres med bistand af en psykolog fra Københavns Universitet.
- Støj fra både med hjælpemotorer. - Resultatet af denne undersøgelse publiceres i nær fremtid.
- Støj fra luftfartøjer. - Hidtil er alle undersøgelser udført med henblik på storlufthavne, men det forventes, at arbejdet vil fortsætte med en udvidelse, som vil omfatte støjproblemerne omkring mindre lufthavne.

- o Støj fra renovationsvogne. - Dette arbejde går ud på at fastlægge grænser for et tilladeligt støjniveau.

På lidt længere sigt vil man på Laboratoriet for Akustik gerne tage støj fra bygge- og anlægsvirksomhed op til nærmere undersøgelse. Det må imidlertid tilføjes, at der på laboratoriet også udføres en betydelig elektroakustisk forskning, herunder også forskning vedrørende datamaskiners anvendelse inden for det akustiske fagområde.

I Teknologisk Instituts lydtekniske konsultation udfører man i overvejende grad konsultativ virksomhed og i øjeblikket kun en minimal forskning. Man vil gerne på et senere tidspunkt fortsætte en tidligere afsluttet undersøgelse om lydforplantning i huse.

Endelig udføres på Statens Byggeforskningsinstitut i København en del forskning indenfor området akustik. Instituttets installationsafdeling har allerede i flere år beskæftiget sig med problemer vedrørende støj fra vand- og centralvarmeinstallationer. I øjeblikket arbejdes der med følgende opgaver:

- o Udarbejdelse af relevante afprøvningsmetoder i forbindelse med en godkendelsesordning for vand- og afløbsmateriel baseret på funktionelle bestemmelser inden for de fællesnordiske rammeregulativer for vand og afløb.
- o Undersøgelse af den tyske støjnormal IGN' s muligheder for anvendelse ved sammenligning mellem måleresultater fra forskellige laboratorier. I denne forbindelse kan det nævnes, at SBI i samarbejde med Lydteknisk Laboratorium har konstateret en betydelig variation i den afgivne lydeffekt, således at der for samme tryk og vandstrøm er målt forskelle i støjniveauet på ca. 8 dB. Den ide, som ligger i støjnormalen, er god, og man vil derfor gerne samarbejde med tyske laboratorier om en løsning, der kan gøre den fra støjnormalen ved et givet tryk udsendte lydeffekt mere entydig.
- o Undersøgelse af støjproblemer ved drift af landbrugsventilatorer. - Denne opgave er fremkommet dels på grund af integration mellem land og by, dels af den voksende anvendelse af ventilatorer i landbrug. Opgaven går ud på at bestemme støjniveauet omkring de forskellige ventilatorer, som anvendes i landbrugsbygninger, at fremsætte et forslag til retningslinier for tilladelige støjniveauer ved ejendomsgrænser samt at fremsætte forslag till foranstaltninger vedrørende opsætning og dæmpning af ventilatorerne, som vil være tilstrækkelige til, at de vejledende grænser for støjniveauer kan overholdes.
- o Udarbejdelse af en anvisning om støj fra installationer. - Formålet med anvisningen er at samle den tilgængelige viden om emnet i en form, som gør det muligt for VVS-teknikere at anvende denne viden i praksis og ved undervisning.

Ved Statens Byggeforskningsinstitut blev i 1967 oprettet en speciel afdeling - Byggeriets Akustiske Målestation - som har til opgave at udføre målinger efter rekvisition. Rekvirenterne kan være private eller offentlige bygherrer, projekterende arkitekter eller ingeniører samt myndigheder.

Rapporter vedrørende de rekvirerede målinger er et anliggende alene mellem rekvirenten og målestationen. De indsamlede erfaringer skal dog i anonym form komme hele byggebranchen til gode. Foruden de af rekvirenterne betalte undersøgelser udfører målestationen almindelige forskningsopgaver i det omfang, tiden tillader.

Siden målestationens oprettelse har den arbejdet med to forskningsopgaver:

- o Lydisolationen mellem rækkehuse og lignende bebyggelser. - Denne opgave er lige afsluttet, og rapport om arbejdet offentliggjort. Formålet med denne opgave har været at kortlægge lydisolationen i en del nyere rækkehusbyggeri for herigennem at kunne orientere de byggende og myndighederne om det nuværende byggeris akustiske kvalitet set i relation til det nye bygningsreglement.
- o Støj fra installationer. - Denne opgaves hovedformål er at kortlægge støjniveauet fra installationer i en del nyere etagebyggeri for her igennem at kunne orientere såvel byggende som myndigheder om installationsstøjens størrelse set i relation til reglementets krav. Der er i forbindelse med denne opgave udført undersøgelser af henholdsvis støj fra husholdningskværne og husholdningsopvaskemaskiner. Resultaterne fra denne sidste undersøgelse er endnu ikke offentliggjort.
- o Foruden disse opgaver har målestationen udført en kortlægning af lette ikke bærende vægges lydisolation. Målingerne i denne undersøgelse er udført i forbindelse med såvel forsknings- som rekvirerede opgaver. Resultatet af undersøgelsen vil fremkomme i løbet af sommeren.
- o Endelig har målestationen påbegyndt en undersøgelse af ventilationskanalers indvirkning på lydisolationen mellem boliger. Denne undersøgelse fortsætter med henblik på at fremkomme med løsninger på dette problem.

Det er vanskeligt at udtale sig om målestationens fremtidige forskningsopgaver, idet disse afhænger af antallet af rekvirerede opgaver. Det må dog formodes, at forskningsopgaverne i hovedsagen vil knytte sig til forhold vedrørende overholdelse af bygningsreglementet. Om nytten af at have en sådan målestation må det siges, at den er vanskelig at gøre op i kroner og ører, men det er en kendsgerning, at både projekterende arkitekter og ingeniører og lokale byggemyndigheder interesserer sig langt mere for overholdelse af bygningsreglementets bestemmelser vedrørende lydisolering med mere nu end før målestationens oprettelse. Dette til trods for, at målestationen ikke har og ikke vil have myndighed, men alene vil være for byggeriets parter.

Med dette har jeg forsøgt at give et indblik i den danske forskning inden for den del af det akustiske fagområde, som omfatter forholdene vedrørende bolig og byplanlægning. Der foreligger ikke i Danmark nogen plan for, hvilke specielle opgaver, der i de eller det kommende år vil nyde fremme.

Som mine personlige synspunkter om fremtidens vigtige forskningsopgaver kan jeg anføre følgende:

Målinger til klarlægning af støj fra trafik og den gene, støjen forvolder, er meget vigtig, men da sådanne opgaver ikke umiddelbart vil føre til løsninger eller forbedringer, finder jeg, at det mest påtrængende problem er, at der i byggelovgivningen fremsættes krav om, at facader skal have en mindste lydisolering, som eventuelt kan være differentieret afhængig af stedet. Det er min erfaring, at først når kravet er lovfaestet, er det muligt at få de byggende til i tilstrækkelig grad at interessere sig for lydtekniske forbedringer af facaden.

Et andet problem, som jeg finder vigtigt, er lydisoleringen mellem de enkelte rum i en bolig. Der bør efter min mening tilsikres en bolig mindst ét rum, hvis lydisolering til ethvert andet opholdsrum i boligen overstiger ca. 40 dB.

Fil mag Seppo Vepsäläinen,
FINLAND

Avsikten med denna framställning är att ge en kort översikt över akustiska undersökningar i Finland. Låt oss först bekanta oss med forskningsmöjligheterna.

Byggnadstekniska laboratoriet vid Statens tekniska forskningsanstalt (STF) har en i stort sett fullständig apparatur för byggnads- och rumsakustiska mätningar. Dessutom har vi lämpliga apparater för vibrationsmätningar och flera bullermätare. Ytterligare kan nämnas att vårt laboratorium har en mätbil, som är utrustad med en apparatur lämplig för ljudisoleringsmätningar. Vi har alltså bra möjligheter att utföra fältmätningar. Däremot saknar vi ett officiellt akustiskt laboratorium. Vi har delvis kunnat ersätta denna brist genom att använda Rundradions laboratorieutrymmen. Dessa är dock otillräckliga för de mätningar, som vi borde göra.

Ett akustiskt laboratorium är under planering i anslutning till Statens tekniska forskningsanstalts byggnadstekniska laboratorium, och byggandet väntas komma i gång inom den närmaste framtiden. Detta laboratorium kommer att betyda en väsentlig förbättring av situationen. Laboratoriet skall kunna användas även för undervisning. Byggnadsingenjörs- och arkitektavdelningarna vid Tekniska högskolan har akustik som väljbart ämne.

Huvudsakligen behandlar undervisningen trafikbuller i samband med samhällsplaneringen. I Tekniska högskolans VVS-tekniska laboratorium utförs i någon mån ljudtekniska mätningar.

Institutet för arbetshygien koncentrerar sig i sin bullerforskning närmast på undersökningar beträffande buller i arbetsomgivningen.

I STF:s byggnadstekniska laboratorium utförs på uppdrag ljudisoleringsmätningar samt andra ljudtekniska mätningar och vibrationsmätningar. Det verkar som om behovet av mätningar hela tiden ökar. Samtidigt blir forskningsområdet mångsidigare. Faktum är dock, att personalen för dessa mätningar består endast av en forskare och en laborant.

Byggnadsakustik och ljudisolering

I Finland har STF utfört ljudisoleringsmätningar sedan början av 50-talet. Resultaten av de byggnadsakustiska mätningarna skall numera motsvara de värden som anges i Finlands Byggnadsingenjörsköringsförbunds ljudisoleringsnormer 1967. Dessa normer är nästan identiska med den motsvarande svenska byggnadsnormen.

Dipl.ingenjör Laakso gjorde 1963-1964 förfrågningar om buller och fick följande klassificering för störningskällorna: vattenledningar, avlopp, wc och badrum, ekande trapphus, dörrar samt störningar genom mellanväggar och bjälklag med dålig ljudisolering. Den värsta bullerkällan var alltså installationerna i kök och badrum. Naturligtvis är det möjligt att minska buller genom en ändamålsenlig disposition av de störande utrymmena. Viktigast är ändå att dämpa sådana apparater som förorsakar buller. Med tillräckligt lågt vattentryck är det möjligt att minska störningar, som förorsakas av t. ex. vattenkranar (det så kallade Stop Noise System, utvecklat av firman Wärtsilä). I allmänhet borde tillverkarna fästa mer uppmärksamhet vid ljudtekniska synpunkter, när de utvecklar olika komponenter. Detta gäller också luftkonditioneringsanläggningarna.

Med STF:s mätningar som grund kan man göra några iakttagelser beträffande byggnadernas luft- och stegljudsisolering. Ifall man fordrar ett stegljudsindex av högst 63 dB och luftljudsisoleringsindex av minst 52 dB (vertikalt 53 dB) och i radhus 55 dB, kan man konstatera, att flera av de undersökta objekten inte uppfyller dessa krav. I TAB. 11:1 har samlats några resultat från STF:s byggnadstekniska laboratoriums mätningar som utförts på uppdrag efter 1967. Objekt 11 är ett radhus. De undersökta byggnaderna är huvudsakligen elementbyggda. Av tabellen framgår att om man mäter luft- och stegljudsisoleringen i samma hus finns det i allmänhet antingen mellanväggar eller bjälklag som inte uppfyller normen.

Den pågående BES-forskningen (betong-element-fogar) strävar till att finna ett elementsystem som lämpar sig för finländska förhållanden. I anslutning till denna forskningsuppgift försöker STF utreda, hur fogarna mellan elementen inverkar på ljudisoleringsförmågan.

Stegljudsisoleringsförmågan utgör ett annat viktigt och brådskande problem som bör utredas. Fortfarande bygger man bjälklag som inte uppfyller kraven.

Angående konstruktionerna kan man konstatera en strävan till allt lättare konstruktioner. Innan dessa kan godkännas måste deras isoleringsförmåga undersökas. Inom den närmaste framtiden skall vi inom STF utföra en serie mätningar för att utreda fanérväggars ljudisoleringsförmåga. Vi har även gjort några mätningar beträffande olika lätta mellanväggstyper.

Skolbyggnader

Eftersom skolväsendet håller på att omgestaltas är det viktigt att även de med detta förknippade akustiska frågorna utredes. Tekniska högskolan har därför börjat kartlägga de akustiska krav som den nya skolformen kommer att förutsätta.

Panncentraler och pannanläggningar

Ofta störs invånarna av buller från pannrum eller värmecentraler. I synnerhet i gamla hus har pannrummet ofta placerats i källarvåningen. Omedelbart ovanpå detta kan finnas en bostadslägenhet, såsom fallet är i det följande exemplet. I pannrummet fanns två oljebrännare samt varmvattenpumpar. Mätningarna utfördes i bostaden ovanpå pannrummet. I FIG. 11:1 anger den heldragna linjen situationen då både brännarna och pumparna var i gång. Den streckade linjen betecknar de ljudtrycksnivåer som uppmättes då endast värmepumparna var påkopplade. Man förstår, att de ljudtrycksnivåer som erhålls är ytterst störande för invånarna.

I nya bostadsområden koncentreras hela området uppvärmning till en enda stor värmecentral, som är belägen kanske 50 - 60 m från den närmaste bostadsbyggnaden. Detta utesluter dock ej bullerstörningar helt och hållet. Det händer ofta att invånarna i de närmaste bostadshusen klagar över störning som förorsakas av lågfrekvensbuller från värmecentralen. FIG. 11:2 anger ett exempel på detta. Den heldragna linjen betecknar här ljudtrycksnivåerna mätta 1 m ovanför värmecentralens skorsten och den streckade linjen ljudtrycksnivåerna utanför värmecentralen på 5 meters avstånd från ytterväggen.

Trafikbuller

Både Institutet för arbetshygien och Tekniska högskolan har utfört mätningar i Helsingfors på trafikbuller. År 1956 fick Institutet för arbetshygien i sina mätningar av trafikbuller följande medelvärden:

	Kl. 7.30 - 10.30 dB(A)	Kl. 14.30 - 17.00 dB(A)
Mannerheimvägen 144	75	72
Mannerheimvägen 100	76	-
Fredrikskatan 36	68	68
Tavastvägen 27	77	-

Studierande vid Tekniska högskolan utförde år 1968 i Helsingfors centrum trafikbullermätningar och fick ca 72 dB(A) som medelvärde. Dessa värden är betydligt högre än de borde vara, om man förutsätter att bullret från trafiken får orsaka i ett bostadsrum en ljudnivå av högst 35 dB(A) om dagen och högst 30 dB(A) om natten. Det nämnda medeltalet 72 dB(A) är dock lägre än det av lagen för motorfordon tillåtna maximibullret mätt på ett avstånd av 7 m.

De nu gällande bestämmelserna för trafikbuller kommer att förnyas. De nya anvisningarna skall utarbetas enligt ECEs rekommendationer. Maximibullergränsen kommer att sänkas i dessa bestämmelser. Kontroll över buller, som förorsakas av enskilda motorfordon, utförs av besiktnings- och polismyndigheterna, som emellertid behöver tillskott av mätare och personal samt ytterligare undervisning.

Enligt den nordiska rekommendationen "Støj og Byplan", har SAFA (Finlands arkitektförbund) gett anvisningar beträffande bekämpning av motorfordonsbuller i Bygginformationsbladet BI 997.12. Vid tillämpning av "Støj og Byplan" har framkommit, att vissa punkter i rekommendationen borde revideras. Därför håller man vid Tekniska högskolan på med en undersökning, som avser att redogöra för trafikbullrets ljudnivå och fortplantning, samt att klarlägga de krav som buller utifrån ställer på de olika byggnadsdelarna (t. ex. fönstrens ljudisoleringsförmåga). En mängd fältmätningar har redan utförts för denna undersökning.

Lufttrafik

En grundlig undersökning har gjorts beträffande det av Helsingfors flygstation (Seutula) förorsakade bullret, och på grund av denna utredning har man utarbetat en karta över bullerområdet. Bullerskyddszonen i kartan anger området där bostäder ej bör placeras. Beträffande helikoptertrafik skall beviljandet av tillstånd för landningsställen nogt övervägas.

Vattentrafik

Det ökande antalet motorbåtar förorsakar alltmer buller på vattenområdena och stränderna. Helsingfors stads kommitté för luftskydd och bullerfrågor rekommenderar i sitt betänkande en fartbegränsning på fyra knop på minst 300 m avstånd från strandlinjen.

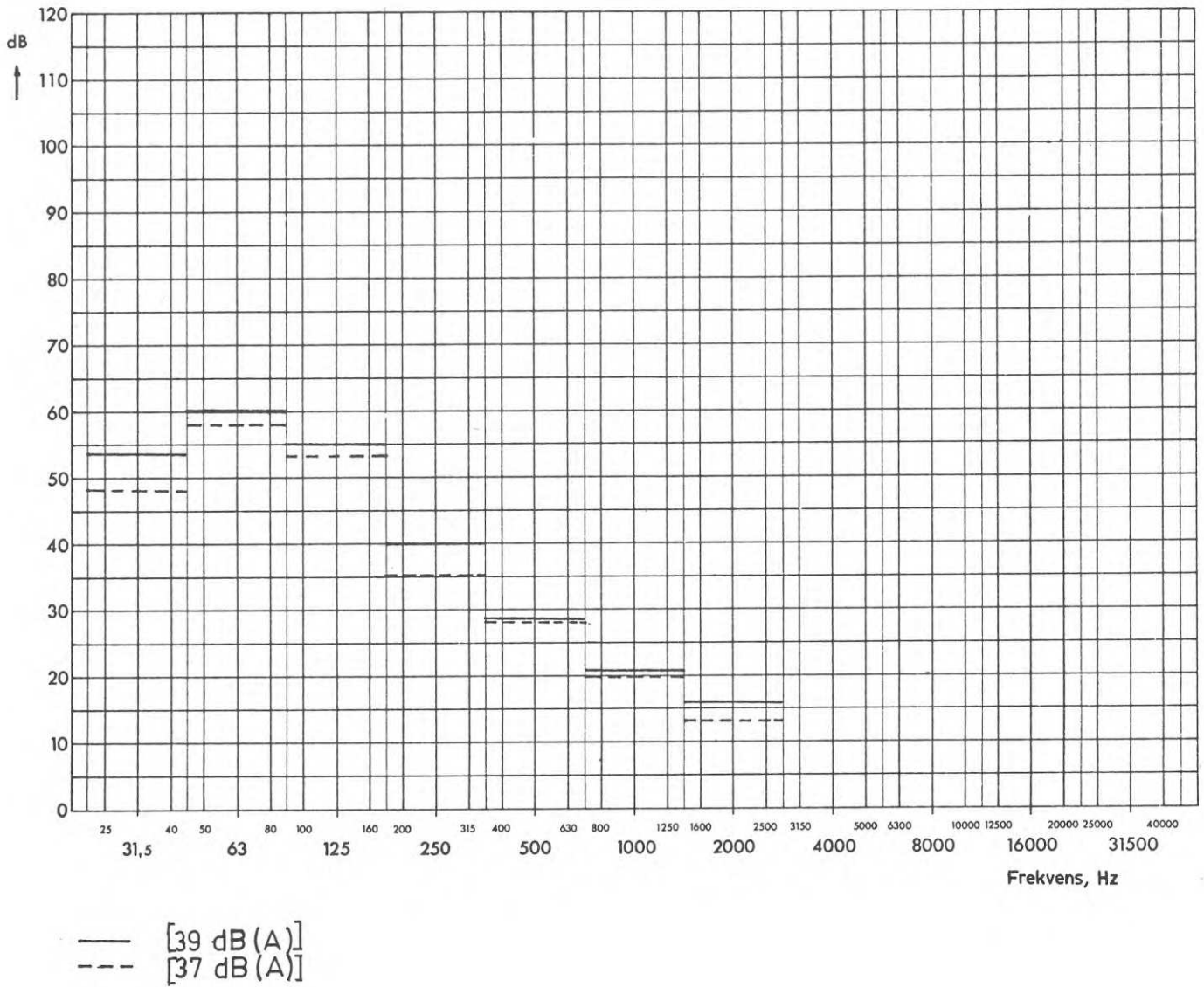


FIG. 11:1. Mätningar i bostadslägenhet ovanpå pannrum. Hel-
 dragen linje anger ljudtrycksnivån då både brännare
 och pumpar var i gång, streckad linje då endast
 värmepumpar var påkopplade.

Measurements in a flat above the boiler room. The full line
 indicates the sound pressure level when both burners and pumps
 were running, the discontinuous line the level when only
 the heat pumps were on.

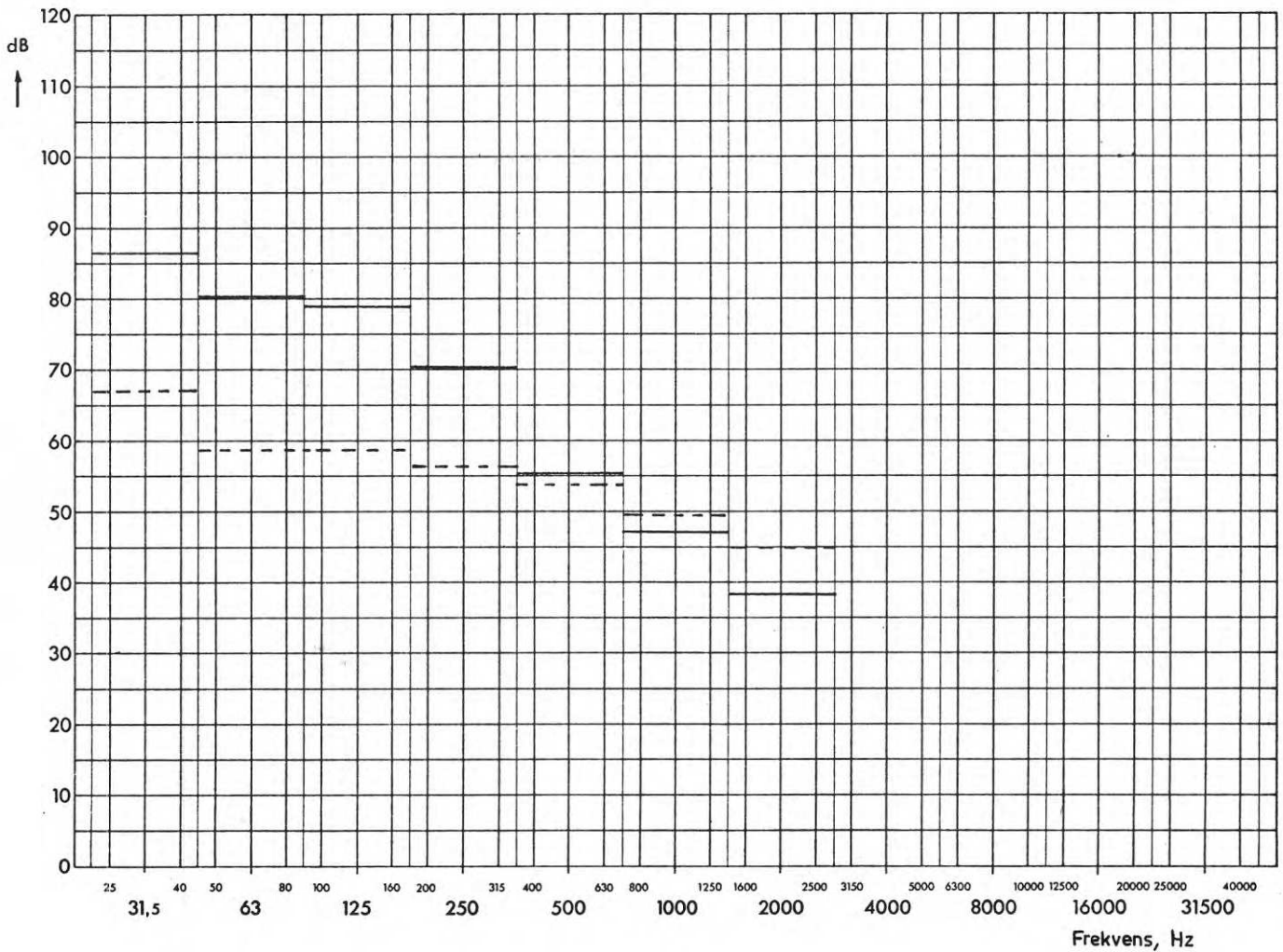


FIG. 11:2. Uppmätta ljudtrycksnivåer vid värmecentral. Hel-dragen linje betecknar nivån 1 m ovanför centralens skorsten, streckad linje på 5 m avstånd från ytterväggen.

Sound pressure levels recorded in heating sub-station. Full line indicates the level 1 m above the chimney of the sub-station, the discontinuous line that at a distance of 5 m from the external wall.

Buller på arbetsplatsen

Det är närmast Institutet för arbetshygien som har hand om undersökning av buller i arbetsomgivningen.

Jämte lagen om skydd i arbetet (299/58 paragraferna 1, 3, 9, 12) och statsrådets beslut om läkarundersökningar i arbetet (232/61, paragraf 1, punkt 13) utger social- och hälsovårdsministeriet anvisningar beträffande arbetshygien.

Informationen om dessa bestämmelser tycks ha varit bristfällig. Än i dag finns det ett otal arbetsgivare, som inte tycks veta att det åligger dem att vidta åtgärder för att skydda arbetarnas hörsel, liksom det finns arbetare som inte är medvetna om faran för hörselskador. Uppgifterna om arbetsplatsernas buller grundar sig huvudsakligen på de mätningar, som Institutet för arbetshygien föranstaltat på uppdrag. Sådana omfattande kartläggningar som gjorts i Sverige har vi ej haft möjlighet till.

Institutet för arbetshygien har börjat skola yrkesinspektörer för bullermätningar. På de kurser som anordnades i februari 1969 deltog 20 statliga och några kommunala yrkesinspektörer. Som övningsarbeten har på kursen gjorts några arbetsplatsbullermätningar (ca 10 objekt). På detta sätt torde det vara möjligt att utvidga möjligheterna att mäta bullernivån på arbetsplatserna.

Institutet för arbetshygien har för avsikt att utreda frågan om buller som förorsakas av stenbrott och sandsilos och av den tunga lastbilstrafiken till dessa stenbrott.

Vibration och vibrationsdämpning

Jämte ljudteknisk undersökning har man i STF på beställning utfört vibrationsmätningar och likaså egenfrekvensmätningar för vibrationsdämpare.

Ett annat viktigt undersökningsobjekt är redovisning av de vibrationsskador som åstadkommes vid sprängningsarbeten. För detta ändamål har STF vidtagit åtgärder för att utveckla en apparat, som kontinuerligt registrerar de vibrationer som uppstår vid sprängningsarbetena.

Normer och bestämmelser

Byggnadsstyrelsen för register över sådana anvisningar och bestämmelser som kan anses vara något slags rekommendationer. Vid byggnadskontrakt och dylikt kan man hänvisa till dessa rekommendationer. I denna "normsamling" ingår bl. a. ljudisoleringsnormerna 1967. Helsingfors magistrat utgav den 13.12.1968 "Byggnadsinspektörens anvisningar" beträffande ljudisoleringsnormerna. Nedan uppräknas de viktigaste författningar och bestämmelser som behandlar ljudisolerings- och bullerfrågor:

- o Kriminallagen 19.12.1889/39 (kyrkofrids-, hemfridsbrott, förargelseväckande beteende på offentliga platser)
- o Lag om en del förhållanden grannar emellan 13.2.1920/26 (rök och buller)
- o Byggnadsförordningen 26.6.1959/266 (rök och buller, isolation i bostads- och arbetsrum)
- o Hälsovårdslagen 27.8.1945/469 (buller, luft, rök i bostadshus, placering av arbetsutrymmen)
- o Hälsovårdsförordning 8.2.1967/55 (buller och lukt från fabriker)
- o Lag om bostadsaktiebolag 5.2.1926/30 (störande beteende hos aktieinnehavare)
- o Lag om hyresförhållanden 10.2.1961/82 (störande beteende hos hyresgäst)
- o Vägtrafiklagen 29.3.1957/143 (störande inverkan på bostäder)
- o Förordning om motorfordon 4.10.1957/143 (ljuddämpare, motorcyklar)
- o Ministeriets för kommunväsendet beslut om uppfyllandet av förordningen om motorfordon 29.11.1957/392 (bullergränser för motorfordon; förnyas troligen 1970)
- o Lag om luftfart 11.12.1964/595 (uppförande av allmänt och privat flygfält)
- o Förordning om båttrafik 28.2.1969/152 (ljuddämpare)
- o Förordning om vägtrafik 331/57
- o Lag om skydd i arbetet 28.6.1958/299 (buller och vibration)
- o Statsrådets beslut om läkarundersökningar i arbetet 3.5.1961/232 (regelbunden kontroll bl. a. på grund av buller)
- o Helsingfors stads byggnadsförordning 13.8.1963 (maskiner som orsakar buller och vibration)
- o Helsingfors stads allmänna ordningsstadga 13.11.57 (motorbåtar, flygplan, officiella tillfällen, arbetsbuller, piskning av mattor, sång och musik i bostäder, skällande hundar)
- o Helsingfors stads hälsovårdsstadga 1931

Kommittéer och föreningar

Statsrådet tillsatte den 16.12.1965 en interimskommitté med uppgift att utarbeta ett förslag till författning om bekämpning

av buller och luftföroreningar. Som resultat av kommitténs arbete i början av 1966 utkom den 30.6.1966 en författning på grund av vilken statsrådet den 1.12.1966 tillsatte en kommitté för Luftskydd och bullerbekämpning (ISMET).

Finlands Byggnadsingenjörers Förbunds (RIL) ljudtekniska kommitté har till uppgift att utarbeta tillägg till ljudisoleringsnormernas tillämpningar. Helsingfors stad tillsatte den 10.6.1968 ett utskott, som har till uppgift att med det snaraste undersöka och redovisa luftföroreningen och de faktorer som förorsakar buller i staden samt att vid behov komma med rekommendationer till stadsstyrelsen angående luftskydd, bullerbekämpning och därmed förknippade åtgärder för omgivningens skyddande. Kommittén har just lämnat sitt första delbetänkande (bullerbetänkande) för utlåtande.

Föreningen för bullerbekämpandets befrämjande är grundad närmast på ideell bas. Finlands Akustiska Sällskap representerar de olika ljudtekniska områdena.

TAB. 11:1. Resultat av STF:s mätningar på byggnaders luft- och stegljudsisolering.

Objekt	I_a horisontal dB	I_a vertikal dB	I_i dB
1		46,50	60,62,64
2	54,52,55,54	51,49,49	61,72
3	51,56,48,49,49	57,54,53	65,63
4	55	54,55,54,55, 51,54	65,68,66,64
5			60,62,63,66
6			62,63,65
7			65,64,62,63,61, 63,61,62
8		53,44	63,65,66
9			65,62
10			63,63,61
11 ^{a)}	48,52,52		
12		54,57,54,55, 56,56	
13		51,54,53	66,68,77
14		55,54,56,52	63,63

a) Radhus

Programkommittén för ljudklimatforskning
SVERIGE

Angelägna forskningsbehov

Det arbete som hitintills har utförts inom programkommittén för ljudklimatforskning har haft två huvudinriktningar: dels har en omfattande litteraturinventering genomförts och dels en enkätundersökning. Litteraturinventeringens primära mål är att ge upplysningar om vilka problem inom detta område som på ett eller annat sätt är otillräckligt behandlade. Den har främst omfattat de tekniska aspekterna. Enkätundersökningen har för det första inventerat tillgängliga forskningsresurser och pågående samt planerad forskningsverksamhet, för det andra intervjuat konstruktörer och arkitekter m fl om brister i bedömningsunderlagen samt hälsovårdsnämnder och liknande om mest angelägna problem ur störningssynpunkt.

Resultatet från detta arbete har nu sammanställts till en angelägenhetsgraderad uppställning över aktuella forskningsobjekt inom ljudklimatområdet. Eftersom ljudklimatområdet omfattar ett mycket brett fält är först en grov uppdelning nödvändig. De olika delområdena har sedan värderats inbördes och uppställts i rangordning:

1. Bullerkriterier
2. Buller från källor utomhus
3. Buller från källor inomhus
4. Byggnaders ljudisolering
5. Rumsakustik
6. Vibrationer

Inom varje delområde har sedan de olika forskningsprojekten i allmänhet prioriterats enligt en 5-gradig skala, där högsta siffran anger högsta prioriteringsgraden. I några fall har en angelägenhetsgradering ansetts alltför osäker och dessutom i viss mån irrelevant och därför uteslutits.

Programkommitténs preliminära prioritering

1. Bullerkriterier

Kommentar: Skaderiskriterier för buller synes vara tämligen väl utvecklade när det gäller buller med konstant nivå. Stora osäkerheter råder däremot för fluktuerande buller och kanske framför allt för buller av kort varaktighet. Detta problem har nyligen aktualiserats genom de impulsljudmätare som nu finns kommersiellt tillgängliga.

Även bullernivåer som ligger inom området närmast under hörselskaderisk måste antagas inverka på människan i fråga om exempelvis komfort, arbetsprestation och ansträngning. Inom detta stora och säkerligen mycket väsentliga område synes direkt användbara kriterier endast föreligga för taluppfattbarheten vid närvaro av maskerande buller.

2. Buller från källor utomhus

	Prioritering
Byggnadens isolering mot yttre bullerkällor	5
Ljudutbredning utomhus	5
Gatutrafikbuller	5
Vägtrafikbuller	5
Buller från spårbundna fordon	3

Kommentar: Fönstrens akustiska egenskaper utgör en väsentlig faktor för byggnadens isolering mot yttre bullerkällor. Här är sådana frågor som mätmetoder, kriterier och konstruktionsprinciper fortfarande ganska öppna, trots att problemet nu är ytterst aktuellt. Vidare bör problemen med byggnadens isolering mot flygbuller beaktas.

De viktigaste problemen när det gäller ljudutbredning utomhus torde i dagens läge framför allt vara inverkan av ljudskärmar, vindhastighets- och temperaturgradienter samt s k markdämpning.

Buller från gatutrafik påverkas kraftigt av gaturummets utformning. Närmare detaljer om denna påverkan är trots ämnets vikt ofullständigt kända.

De metoder för trafikbullerbedömning som nu används verkar ge relativt tillförlitliga och samstämmiga värden vid medelstora avstånd från vägen (ca 50-200 m). Utanför detta område är emellertid osäkerheten ganska stor.

Mycket litet finns redovisat om buller från spårbundna fordon. Osäkerheten berör så grundläggande faktorer som lämpligt störningsmått, ljudkällans egenskaper och ljudutbredningsförhållandena.

3. Buller från källor inomhus

	Prioritering
Studier av bulleralstringen i ventilationssystem	5
Studier av buller från övriga VVS-installationer	4
Mätmetodik för VVS-system	4
Kartläggning av bullerkällor inomhus	4

Kommentar: Med de höga lufthastigheter som blir allt vanligare i större system är bulleralstringen i kanaler och don av väsentlig betydelse. Problemet är tidigare mycket ofullständigt behandlat.

I studier av buller från VVS-system innefattas utveckling av
 tysta vattenkranar
 kombinerad rör- och vattenljuddämpare
 reduceringsventiler för vattenledningar med låg buller-
 alstring
 metoder för elastisk infästning av små vibrationskällor
 (tappkranar, vattenledningsrör).

I punkten mätmetodik för VVS-system avses främst det aktuella
 problemet med tappkranar men även mätmetodik för ventila-
 tionssystem.

4. Byggnaders ljudisolering

Prioritering

Grundläggande studier av byggnadsakus- tiska delproblem	5
Tillämpade studier av olika detaljproblem	5
Mätförfaranden	5
Normfrågor	4
Problemen med nya material och material- kombinationer	3

Kommentar: Grundläggande studier synes nu vara mest ak-
 tuella för beräkningsmetoder för reduktionstal hos

ortotropa konstruktioner

dubbelväggar

sandwichkonstruktioner

förenklad beräkningsmetod för

knutpunktsdämpningen

hela problematiken när det gäller

stegljudsisolering

beräkningsmetoder för bestämning av

ljudtransmission i ventilationssystem.

Tillämpade studier torde med fördel kunna ägnas åt problemen
 angående

ljudläckage genom springor o dyl

golvbeläggnings inverkan på stegljudsisoleringen

uppföljning och bearbetning av erhållna mätresultat.

När det gäller mättekniken är flera viktiga problem aktuella:

- stegljudsisolering (ersättning för nuvarande hammarapparat)
- förenklad metod för luftljudsmätningar
- undersökning av möjligheten att förbättra överensstämmelsen mellan isoleringsvärden uppmätta under olika förhållanden genom korrigeringsfaktor till en bestämd förlustfaktor.

Normfrågorna är naturligtvis alltid mer eller mindre aktuella och en kontinuerlig uppföljning därför väsentlig. Just nu synes de största problemen ligga på stegljudssidan.

5. Rumsakustik

- Korrelationen mellan subjektiv och objektiv värdering av akustiska kvaliteter
- Användning av elektroakustiska hjälpmedel
- Ljudutbredning i stora dämpade lokaler
- Diffraktion kring en skärm vid små avstånd mellan skärm och källa eller mottagare

Kommentar: Någon angelägenhetsgradering är här knappast möjlig eftersom de olika problemen är vitt skilda både till art och omfattning.

6. Vibrationer

	Prioritering
Mätteknik	5
Överföring av teorier och teknik från andra områden till byggområdet	4
Komfortkriterier för människor	3
Skaderiskkriterier för byggnader vid långtidsexponering	2

Kommentar: De mättekniska problemen är ofta stora i vibrations-sammanhang genom bristen på standardiserad mätapparat; i många fall är lämplig utrustning inte ens kommersiellt tillgänglig. Utveckling av och uppställning av krav för vibrationsmätutrustning är därför ett angeläget forskningsobjekt.

Många omfattande och genomgripande arbeten har publicerats om vibrationsisolering med speciell tillämpning på u-båtar, flygplan och satelliter. En inventering, systematisering och anpassning av detta material för byggområdets behov vore säkerligen mycket värdefull.

Beträffande komfortkriterier för människor har det flera gånger påtalats, att existerande kriterier är ganska motsägelsefulla och inte alltid har erhållits på ett relevant sätt.

När det gäller byggnader är kända kriterier avsedda för korttidsexponering (sprängning). Inverkan av långtidsexponering (upprepade sprängningar, kontinuerliga vibrationer från t ex trafik) kan inte bedömas med någon större säkerhet.

Problemen förknippade med knallen från överljudsflygplan bör hållas under uppsikt, även om de inte nu synes vara särskilt aktuella.

DISKUSSIONSREFERAT

Bullrets inverkan på människan

Vid intervjuer av hyresgästerna i 3000 lägenheter har man funnit, att "onödiga ljud" stör mest (se Byggforskningens informationsblad 19/1965 och 21/1965). Värst störande ansågs mopeder vara, och nästan lika stark reaktion gav wc-spolning nattetid. Även bilstarter på vintern var mycket besvärande ur ljudsynpunkt. Vikten av den psykologiska inverkan betonades av Å. Grauers, Hyreshus i Stockholm AB, som ansåg behovet av forskning inom området vara stort.

H. Diamant, öronkliniken vid Umeå universitet, meddelade att mycket stort intresse finns för ljudstörningsproblem bland läkare. Därför har en särskild grupp tillsatts av Medicinska forskningsrådet med uppgift att studera bullrets störande (ej enbart skadliga) inverkan på människan. Han efterlyste också samarbete med byggforskare i detta arbete. Harriet Ryd, Statens institut för byggnadsforskning, underströk vikten av att sådant samarbete kommer till stånd.

Kriterier och normer

Å. Grauers betvivlade hammarapparatens tillförlitlighet på grund av erfarenheter från hyreshus. Utförda prov på homogena bjälklag med linoleummatta gav med hammarapparatens dåliga värden på stegljudsisoleringen. Man sökte åstadkomma en förbättring genom att lägga in plastmattor på filtunderlag, men fick ändå sämre resultat, troligen pga att hammaren slog igenom filten. Denna senare konstruktion gav dock subjektivt bättre resultat än den förra. Apparaten ger inte heller godkända värden vid hård beläggning i trapphus, trots den låga klagomålsfrekvensen. Eftersom man inte anser hammarapparatens tillförlitlig, kommer man inom Hyreshus i Stockholm AB att göra enkäter med hyresgästerna före och efter inläggningen av en mjukare matta i trapphuset. Grauers önskade en forcering av ISOs arbete inom detta område.

T. Kihlman, CTH, kommenterade Dahlstedts rapport om bullerkriterier och citerade en undersökning som han själv gjort i samarbete med audiolog Bertil Nordlund. De hade kommit fram till "det triviala resultatet" att taluppfattbarheten blev monotont bättre vid sjunkande bakgrunds nivå ned till "prasselgränsen". Vidare framhölls, att operations- och narkosrum ofta är akustiskt ogynnsamma (för hårda). Det är här viktigt att tal kan uppfattas, speciellt som läppavläsning ej kan ske. H. Elvhammar meddelade att detta kommer att tas upp i den av honom presenterade SPRI-utredningen, där man kommer att ge projekteringsanvisningar på sådana lokaler.

S. Dahlstedt påpekade, att man vid normskrivningen bör beakta, att i tiden konstanta störningar är värre än intermittenta och därför bör ha lägre kriterier. Detta gör sig t. ex. märkbart i skolsalar, där intermittenta störningar ej på långt när är lika hindrande för undervisningen som konstant buller. Med kon-

stanta störningar blir de längst bak sittande isolerade, vilket får till följd att de upphör att lyssna och i stället genom annan aktivitet bidrar till höjning av bullernivån.

Från byggnadsnämnden i Stockholm (K. Björkman) framhölls, att även om de normer som nu föreligger inte är helt tillfredsställande bör de följas, så länge inga andra finns. Man beklagade också, att kritiken mot normerna ständigt kommer efter att bestämmelserna trätt i kraft. Vid den tidigare remissen till akustiker och byggare har ingen tid att komma med erinringar.

Luftljudsisolering

Önskemål framfördes från L-I Larsson om tyngdpunktsförskjutning inom forskningen på luftljudssidan, från "konstruktions"- till "funktionsforskning". Vi har idag relativt god kännedom om väggkonstruktioners isoleringsegenskaper men ej om hur arbetets utförande inverkar på ljudisoleringen. Inom Gyproc AB har man genom analyser av flera hundra konstruktioner, lätta gipsregelväggar, sökt ta reda på orsaker till brister i ljudisoleringen. Därvid visade sig dessa till 75% vara brister i arbetsutförandet. Resterande 25% berodde på projekteringsfel, evakueringskanalers utförande och placering m.m. Speciellt svårt tycks vara att undvika sprickor vid golvfogarna. H. Elvhammar framhöll emellertid, att skillnaderna mellan ljudisolering i laboratorium och i fält är så stora, att problemet också måste betraktas som ett konstruktionsproblem. Är inte konstruktionerna lämpliga, hjälper inte ett aldrig så gott arbetsutförande. Ett stort behov föreligger alltså av att lära montörerna vikten av riktigt utfört arbete. Som ett led i denna utbildningsfråga har Byggnadsforskningen utgivit småskriften Stoppa ljudet!, som behandlar utförandet av byggnadsdetaljer och är avsedd för arbetsledare och konstruktörer.

Frågor framfördes också om åldershållfastheten hos de elastiska mellanlägg som används för tätning mot tak vid lättbetongväggar. Vid AB Lättbetong har man studerat beständigheten hos plastmaterial och inte fått några negativa resultat.

Vidare diskuterade man koincidens i bjälklagsplattor av betong. Vid användning av de beräkningsmetoder som finns, får man i allmänhet för låg koincidens-frekvens på grund av att man förutsätter, att plattan är styvare än den i verkligheten är. Huruvida detta i viss mån kan bero på uppsprickning av plattorna går inte att fastställa med dagens metoder, men möjligheten därav ansågs som en intressant angreppspunkt. Däremot vet man, att utseendet på koincidensdalen varierar beroende på storleken av den yta man mäter, vilket kan vara orsaken till att olika värden erhållits.

Stegljudsisolering

B. Sundberg, Statens planverk, påpekade att vissa typer av överkonstruktioner på bjälklag kan förväntas uppvisa åldring och efterlyste forskning på detta område. Möjligen kan klistret på filt, plast o dyl. efter åldrande ge annan inverkan än då matan är nylagd och då ljudmätningarna i regel utförs.

Å. Grauers hade som fastighetsförvaltare den erfarenheten, att klagomål från hyresgästerna sällan avser stegljud. Från hälsovårdsförvaltningen i Stockholm (E. Lindström) meddelades, att innan stegljudsproblemet började uppmärksammas och mätningar göras, hade man många klagomål på stegljud, men dessa har nu helt upphört. Man ansåg dock, att behovet av normer är stort, speciellt för att underlätta valet mellan marknadens alla nya mattor.

Bostadens bullerkällor

Praktiska projekteringsregler efterlystes för dimensionering av lämpligt vattentryck och -flöde för badkar, diskbänkar etc. Vidare framfördes önskemål om tysta vattenkranar, i sig själva ljuddämpande, och studier av hur störningar från vattenkranar sprider sig i byggnadsstommen (Å. Grauers).

G. Gadefelt berörde också svårigheterna att få god mätnoggrannhet vid bullermätningar på vattenkranar, eftersom det ofta uppträder rena toner. Man borde ena sig om en provmetodik och utveckla denna. Variationer om 10-15 dB har uppmätts, och man får därvid singletonseffekter på många kranar. Dessa störningar, som är mycket obehagliga, berörs ej i byggnadsstyrelsens krav.

Med avseende på föredraget "Buller från sanitetsarmatur" svarade P-O Renhäll på en direkt fråga, att den av honom använda metoden inte är fullt tillfredsställande, med en standardavvikelse på ca 5 dB.

A. Boysen, Statens institut för byggnadsforskning, tog upp problemet med kopplingen ljud-värme, som speciellt aktualiseras vid undertakskonstruktioner. D. Wyon tog senare upp dessa frågor och påpekade, att det också finns en ljud-värmekoppling när det gäller bullers inverkan på människor. Laboratorieprov har visat, att då man är utsatt för moderat värme, reagerar man kraftigare på ljudsignaler, troligen därför att man blir slö och slutar att genomföra de aktiva processer som krävs för undertryckning av sådana bullerstörningar.

Inverkan av den ökande användningen av plaströr för avloppssystemen berördes också. Plaströren, som ger mer störningar än konventionella rör, bör kunna konstrueras om så att de blir mer tillfredsställande.

Trafikbuller

På kritik mot skärmvinkelkurvorna som visades av S. Ljunggren genmälde denne, att kurvorna var avsedda för praktiskt bruk och därför hade generaliserats. Därvid hade vissa variabler försumrats, såsom bl. a. ljudkällans respektive mottagarens nivå över markplanet och vind- och temperaturgradientens inverkan. Vid mätningar har man ofta erhållit större skärmverkan än beräkningsmetoden anger, men man måste ha ett minsta värde att använda för allmänt bruk.

Man hade också farhågor för att reflexer och Newtons ringar kunde uppstå i de av S. Ingemansson omtalade laminerade glasrutorna. Enligt glase experter är risken dock liten, eftersom vanligt fönsterglas ej har tillräckligt fina ytor för att Newtons ringar skall uppstå. De laminerade konstruktionerna har dessutom varit i bruk i över ett år utan sådana problem. Vid tillverkningen av ett stort antal glas är det tänkbart att sådana ljusfenomen i vissa fall kan erhållas.

I samband med frågor till representanterna från Danmark, Norge och Finland berördes bullermätningar på småbåtar i Danmark. Dessutom nämnde J. Kristensen, att man håller på att utreda vilka metoder som bör användas för att mäta buller från mindre flygplatser. De amerikanska mätmetoder som har använts vid Saltholm är ej tillämpliga för små flygplatser.

D. Wyon tog upp en annan aspekt på trafikbuller. Det är tänkbart att en minskning av störningseffekten kan uppnås inte bara genom en minskning av dB-värdet utan också genom en minskning av informationsinnehållet. En jämn ström av likartade fordon med standardiserad hastighet orsakar inte oväntade signaler, och trafikbullret innehåller därför mindre information. Genom denna effekt är det möjligt att under vissa omständigheter en ökning i trafikvolymen kunde medföra en minskad bullerstörning. Här och i fråga om ljudisolation mot trafikbuller är dB-värdet inte alltid den avgörande faktorn. Ovanliga ljudsignaler kan genom försvagning bli svårare att identifiera och därför paradoxalt verka mer störande med ljudisolation än utan. Ljudklimatet är flerdimensionerat och dB-värdet speglar endast en dimension.

Att göra arbetsplatser fönsterlösa kan även medföra större ljudkänslighet. Detta gäller också vårdrum, speciellt med konvalescenter som ofta har behov av information om yttervärlden. G. Westerberg, KTH, redogjorde för hur patienter blivit störda genom att de sett vad som hänt utomhus men ej kunnat uppfatta ljudet på grund av fönster med speciellt god ljudisolering.

Rumsakustik

H. Jonassons påstående, att ljudisoleringen vid undertak inte ägnats något större intresse i Sverige bemöttes från Gyproc, där man provat transmissionen genom undertak och även transmissionsvägar via armaturer etc. G. Westerberg, KTH, efterlyste normmetod för mätningar vid undertak, anpassad efter svenska förhållanden och med hänsyn tagen till avståndet undertak-bjälklag.

Å. Grauers ansåg, att undertak används alltför ofta, där det ej är nödvändigt, t. ex. i cellkontor och vid flexibla väggsystem.

Industribuller

S. Dahlstedt berörde problemen vid dämpning av maskinbuller. Genom ökad absorption i lokalen kan nedskärningen av ljudnivån bli högst 10 dB, men denna dämpning har i regel inte arbe-

taren invid maskinen så stor glädje av. Ljudnivån invid maskinen blir i stort sett oförändrad. Trots detta upplever arbetaren en lindring av störningarna. En undersökning borde göras för att undersöka, hur stor denna subjektiva effekt är och hur den verkar.

H. Diamant, öronkliniken vid Umeå universitet, redogjorde för en undersökning av drygt 2000 skogsarbetare. Av dessa var 25% gravt hörselskadade, 25% måttligt skadade och endast 25% helt oskadade. Orsakerna till skadorna ligger både på maskinsidan och på personsidan

Mätteknik

Angående S. Dahlstedts relaterade mätning med pistolskjutning angavs spridningen på skottens ljudnivå vara ± 1 dB. Spridningen spelar emellertid mindre roll, eftersom man spelar in på stereobandspelare såväl i sändar- som mottagarrummet.

På förfrågan om hur många mätningar som bör göras för att användning av parallellanalysator med dator on line skall bli lönsamt, svarade T. Kihlman att detta inte undersökts, men fördelen med metoden är att man kan lösa sådana problem som annars inte kan göras. Utvärderingen av fluktationer fordrar bearbetning av dator.

K. Björkman efterlyste en enkel metod att mäta ljudnivå och korrigera denna till 10 m^2 absorptionsyta (se SBN sid 227). Dessa frågor håller på att utredas sedan fyra till fem år tillbaka, och det är angeläget att snarast få ett resultat. Kan man inte det, måste man åtminstone tills vidare ena sig om en metod. H. Gardien upplyste om att Statens provningsanstalt för Planverkets räkning försöker få fram ett enkelt sätt att bestämma korrektionen. Eventuellt kan det bli fråga om en korrektion som enbart beror på rummets storlek.

S. Lindblad, LTH, redogjorde för ett fall då utförandet av mätningen kom i konflikt med byggnormen. Där anges att mätningar skall göras mitt i rummet, men i det relaterade fallet uppstod störningarna i rummets hörn pga att rummet exciterades vid sin grundresonansfrekvens. I rummets mitt märktes inga störningar.

Slutdiskussion - prioritering av forskningsbehoven

Beträffande bullerkriterier betonade man behovet och nyttan av samarbete mellan läkare och tekniker. T. Kihlman har tillsammans med överläkare Bertil Nordlund gjort studier av taluppfattbarhet, överhörning i ventilationskanaler samt bedömning av trafikbuller. I Göteborg har man gjort försök med samundervisning vid kurser för läkare, sjuksköterskor och ingenjörer.

H. Diamant ansåg som läkare konferensen vara av stort positivt värde. Han efterlyste ett organiserat samarbete, som skulle kunna fungera som referenscirkel. Förslag till instanser som skulle kunna ingå i en sådan kontaktgrupp framlades. Därvid begränsade man sig till enbart kriteriefrågan, eftersom annars området skulle bli för stort. De instanser som sysslar

med bullerkriterier är i första hand Medicinska forskningsrådet, Folkhälsan, Naturvårdsverket, Statens planverk, Trafikbullerutredningen, Miljövårdsberedningen samt klimatgruppen inom Statens institut för byggnadsforskning.

Vissa problem kan uppstå, eftersom man i hälsovårdsstadgan ej talar om buller utan om "sanitär olägenhet". För att undvika olika tolkningar av uttrycket är samarbete även på detta område av vikt.

B. Lundqvist efterlyste taluppfattbarhetsstudier, eftersom tidigare arbeten huvudsakligen gällt engelskt tal.

Betydelsen av ljud i ventilationskanaler pga höga hastigheter ifrågasattes, eftersom kanalerna som regel avslutas med ljuddämpning. Enligt S. Ingemansson har mätningar visat, att kanal- och donljud ofta är större än fläktljud. I byggnadsnämnden i Stockholm har man erfarenheten, att ljuden i ventilationskanaler ej är så angelägna som störningar från vatten och avlopp åtminstone att döma av inkomna klagomål från boende.

L-I. Larsson ansåg att en viktig punkt saknades i prioriteringslistan på byggnaders ljudisolering, nämligen "Arbetsutförande och kunskap om hur detta inverkar på ljudisoleringen".

Rumsakustikens betydelse och sammanhang med buller underströks från flera håll. I rum med kort efterklangstid tål man högre bullernivå, dvs. blir ej så störd som i rum med lång efterklangstid. Detta bör särskilt beaktas med hänsyn till den mängd hushållsapparater, som nu kommer i bruk.

R. Friberg saknade (normerad) mätmetodik för undertak och S. Dahlstedt för vibrationskällor.

S. Juselius och G. Gadefelt var tveksamma om behovet av standardiserad vibrationsmätutrustning. Däremot underströkte de behovet av standardisering av formerna för redovisning av mätresultat.

Vikten av att beakta lågfrekvent buller betonades från flera håll. Hörselskadade får förstärkningar i hörapparater inte bara av det högfrekventa utan även av det lågfrekventa bullret. Mycket tyder på att människan är mycket känsligare för de lågfrekventa komponenterna än vad A-filtret indikerar. E. Marnell ville också sätta högsta angelägenhetsgrad för vibrationer från tunnelbana. Dessa vibrationer uppfattas ofta som stomljud i byggnaderna och verkar mycket störande. Därför borde man sätta högsta angelägenhetsgrad på komfortgränser för människor vid vibrationsstörningar.

Deltagarna i konferensen ansåg att det varit mycket positivt att få kontakt med övriga deltagare och få ljudfrågor belysta från olika håll. Man ansåg det angeläget att konferensen upprepas regelbundet.

R36 : 1970

**Denna rapport avser Byggforskningsrådets forskningskonferens
12—13 mars 1970 i Stockholm**

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Abonnemangsgrupp: k (konstruktion)**

Pris: 28 kronor