



GODE OG DÅRLIGE LØSNINGER AF  
LYDTEKNISKE PROBLEMER  
INDEN FOR BYGGERIET

FRITZ INGERSLEV

00928 P

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

ex. 7

21 JULI 1988

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT STUDIE NR. 8

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1952

Teknisk samtale vedrørende

BYGGERIETS PATOLOGI

27.3.52. kl.20 i DIF

Gode og dårlige løsninger af  
lydtekniske problemer inden for byggeriet.

Fritz Ingerslev

lektor, civilingeniør

Studiet er et referat af en teknisk samtale om lydtekniske problemer inden for byggeriet. Med udgangspunkt i en række eksempler på uheldige løsninger, hovedsagelig hentet fra byggeri inden for de sidste 10 - 20 år, behandles spørgsmål som planløsningens betydning for tilfredsstillende lydforhold, isolation mod luftlyd, nedsættelse af støjen fra færdsel m.v. (trinlyd) og fra tekniske installationer samt dæmpning af lokaler ved opsætning af lydabsorberende materialer. Det vises, at man ofte kan forbedre de lydtekniske forhold betydeligt ved forholdsvis små midler.

Indholdsfortegnelse.

	side
Deltagerfortegnelse	1
A. Planløsningen	2
B. Isolation mod luftlyd	3
C. Nedsættelse af støjen fra færdsel m.v. (trinlyd)	8
D. Nedsættelse af støjen fra tekniske installationer.	10
E. Dæmpning af lokaler ved opsætning af lydabsorberende materialer.	12
Afsluttende bemærkninger	13
Litteraturfortegnelse	13

Deltagerfortegnelse.

Civilingeniør Povl Rich. Anderson  
 Civilingeniør, dr. techn. Poul Becher  
 Direktør P. Brandt  
 Civilingeniør Stig Christensen-Dalsgård  
 Civilingeniør J. Fangel  
 Arkitekt Hans Flonsted  
 Driftsleder, arkitekt V. Fog  
 Lektor, civilingeniør Fritz Ingerslev  
 Ingeniør Jenning  
 Ingeniør Anders Jespersen  
 Arkitekt Oskar Kjer  
 Civilingeniør A.K.Krog  
 Civilingeniør F. Larris  
 Civilingeniør J.A.Laursen  
 Civilingeniør T. Laursen  
 Civilingeniør P. Nereast  
 Civilingeniør Jørgen Peterson  
 Civilingeniør Niels M. Plum  
 Diplomingeniør G. Sagen  
 Civilingeniør, dr. techn. R. Schjöldt,  
 Ingeniør Schleischer  
 Ingeniør Thomas Smith  
 Arkitekt S. Svanholt  
 Civilingeniør B. Warris  
 Ingeniør A. Vogusgaard

Eftertryk tilladt, men kun med kildeangivelse

Reproduction permitted when reference is made to this study

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT, KØBENHAVN

### Problemstilling.

Studerer man beskrivelser af byggeriet fra de senere år, vil man opdage, at interessen for de lydtekniske problemer er i stærk tiltagen. Man forbavses dog over, at der stadig selv i de kredse, hvor man er klar over, at der må tilstræbes tilfældige akustiske forhold, findes nogen usikkerhed med hensyn til, på hvilke områder anstrengelserne bør sættes ind, og med hvilke midler de lydtekniske vanskeligheder overvindes. Med udgangspunkt i en række eksempler på uheldige løsninger, hovedsagelig hentet fra byggeri udført i de sidste 10 - 20 år, vil det blive påpeget, på hvilke områder man oftest møder misforståelser eller i nogle tilfælde endog fuldstændig tilsidesættelse af de mest elementære akustiske krav til en bygnings egenskaber. I de fleste tilfælde vil det blive vist, hvorledes man gennem små ændringer, der ofte er uden nævneværdig økonomisk rækkevidde, er i stand til at skaffe forhold, som er langt bedre.

Ved behandling af emnet vil det være naturligt at inddele stoffet i nogle hovedafsnit, nemlig

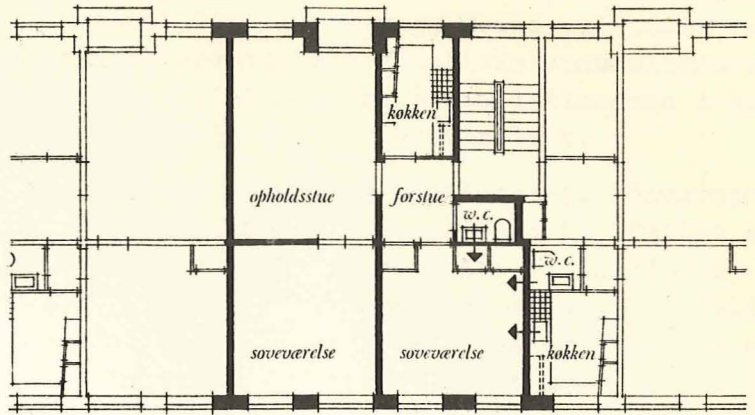
- A. Planløsningen.
- B. Isolation mod luftlyd.
- C. Nedsættelse af støjen fra færdsel m.v. (trinlyd).
- D. Nedsættelse af støjen fra tekniske installationer.
- E. Dampning af lokaler ved opsætning af lydabsorberende materialer.

For at begrænse emnets omfang skal der i det følgende væsentligt tænkes på boligbyggeriet samt i begrænset omfang på problemer i forbindelse med kontor-, sygehus- og skolebyggeri. Derimod vil spørgsmål, der udelukkende er af interesse for industribyggeriet, blive ladet ude af betragtning.

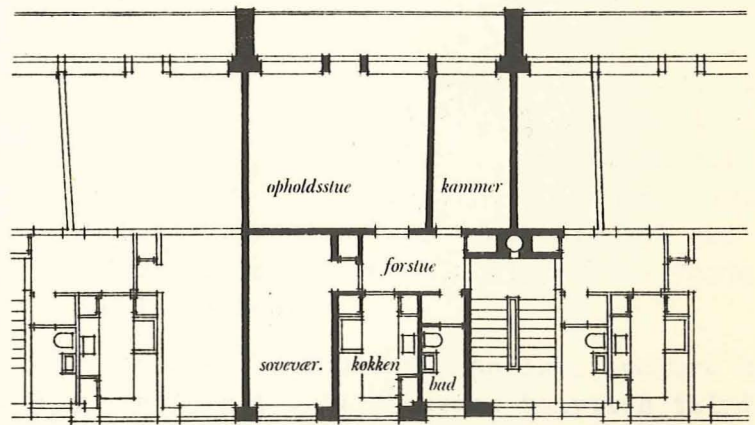
#### A. Planløsningen.

Der bør lægges et betydeligt arbejde i at finde frem til en hensigtsmæssig placering af de enkelte rum inden for en bygning. En fornuftig planløsning vil dels reducere antallet og omfanget af støjproblemerne dels bevirke, at dyre lydisolerende konstruktioner kan undgås. Når dertil kommer, at planløsningens rette udformning i mange tilfælde i praksis er det eneste middel, man har til inden for overkommelige økonomiske rammer at opnå et tilfredsstillende eller blot nogenlunde tilfredsstillende resultat, kan det ikke forbavse nogen, at lydteknikerne altid lægger megen vægt på, at planløsningen gøres til genstand for en meget grundig akustisk overvejelse.

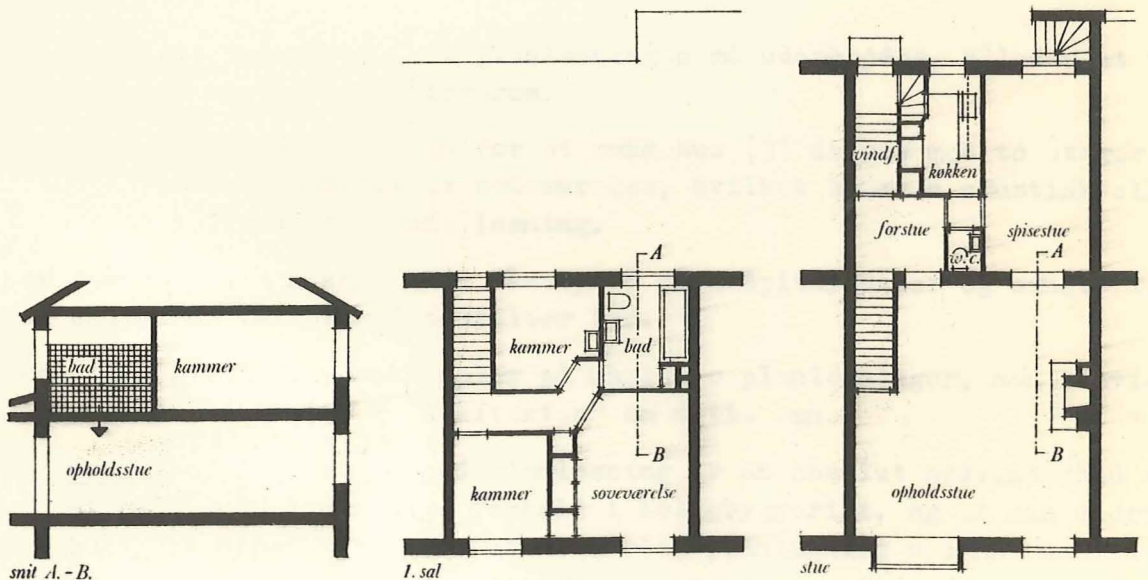
Desværre ser man ofte, at der syndes meget alvorligt på dette vigtigste punkt. Figur 1 viser et eksempel hentet fra en københavnsk ejendom (1). Der er vist en 3-værelseslejlighed, ifølge tegningen bestående af en opholdsstue plus to soveværelser. Det ene soveværelse er set fra et akustisk synspunkt placeret



figur 1.



figur 2.



snit A.-B.

figur 3.

mål 1:200

særdeles uheldigt. Lejlighedens eget w.c., naboens w.c. og naboens køkken støder alle op til dette soveværelse; tilmed er det således, at vandinstallationer i naboens køkken er monteret direkte på væggen ind til soveværelset. En sådan planløsning giver næsten uovervindelige akustiske vanskeligheder, da det omtrent er umuligt at forhindre, at støjen fra installationerne i badeværelserne og køkkenet giver en generende støj i soveværelset.

Figur 2 viser et eksempel (2) på en god lydmæssig planløsning. Soveværelset er støjmæssigt godt beskyttet. Soveværelset i en lejlighed har fælles væg med soveværelset i naboledigheden, d.v.s. de to roligste rum støder op til hinanden; bedre kan man ikke ønske det. Bemærk at dette ikke er tilfældet i planløsningen vist i figur 1. Desuden støder lejlighedens eget køkken op til soveværelset, men da de tekniske installationer i køkkenet ikke sidder på skillerummet ind til soveværelset, kan man, under hensyntagen til at det er lejlighedens eget køkken, næppe rette indvendinger herimod. Dertil kommer, at dele af skillerummet er støjmæssigt skærmet for luftlyd fra køkkenet gennem nogle langs væggen opstillede skabe.

Larris var betænkelig ved forslaget om, at forsøge luftlydisolationen mellem lejligheder ved opsætning af faste skabe. Det er godt så længe naboens skab mod ens eget soveværelse er lukket, men når skabet åbnes, får man indtryk af, at naboen kommer ind til een. Ulempen bliver større, hvis det er et skab til porcelæn, der støder op til ens egen lejlighed. Larris mente derfor, at man kun bør placere de faste skabe på vægge inden for egen lejlighed.

Ingerslev nævnte, at det har været hævdet, at man ikke længere kan regne med, at de enkelte værelser i lejlighederne benyttes til det, de er forudbestemt til ved planlægningen, således at man ikke kan gå ud fra, at der er opholdsstue i "opholdsstue" og soveværelse i "soveværelset".

Svanholt pointerede, at planløsningen må udarbejdes, således at alle rum kan anvendes som soverum.

I figur 3 er vist planløsningen for et rækkehus (3) delvis med to etager. Over opholdsstuen er anbragt et badeværelse, hvilket hverken akustisk eller teknisk er en tilfredsstillende løsning.

Det bør nævnes, at man kan finde eksempler på hospitalsstuer og sanatoriestuer, der har skillerum fælles med toiletter (4).

Der skal ikke gives flere eksempler på uheldige planløsninger, men henvises til en specialartikel (5) i "Arkitekten" om dette emne.

Krog fastslog, at en god planløsning er en absolut nødvendighed for at opnå gode lydmæssige forhold i boligbyggeriet, og at man aldrig helt kan afbøde følgerne af en dårlig planlægning ved anvendelse af specielle lydisolerende konstruktioner.

## B. Isolation mod luftlyd.

Gener fra luftlyd reduceres ved hensigtsmæssig planløsning, tunge skillerum eller dobbelte skillerum.

Planløsningen er det første og vigtigste middel til at forhindre goner fra luftlyd. Det er i praksis umuligt at forhindre, at luftlyden fra hr. A's radio ikke kan høres på den anden side af skillerummet hos hr. B. Man bør derfor, hvor det overhovedet er muligt, undgå, at hr. A's mest støjende rum - opholdsstuen med radio - har fælles skillerum med hr. B's mest rolige rum - soveværelset. Mange planløsninger af 2 eller 3 værelseslejligheder prædestinerer et værelse til fortrinsvis at være opholdsstue og et andet værelse til fortrinsvis at være soveværelse. Når dette er tilfældet, bør soveværelse støde op til soveværelse og opholdsstue til opholdsstue.

Når man har gjort, hvad der er muligt ved hjælp af planløsningen, er godt lyd-isolerende skillerum det næste middel, der bør anvendes. Man bør enten anvende tunge skillerum - helst enstensmure - eller dobbelt skillerum - 2 x 5 cm tykke skillerumsplader med mindst 3 cm mellemrum, hvori der er anbragt en 2,5 cm blød måtte.

Becher spurgte om, hvor tynd måtte der kan anvendes og om en 10 mm måtte er for tynd.

Ingerslev oplyste, at 20-30 mm måtter er hensigtsmæssige. En 10 mm måtte er for tynd, da faren for lydbroer gennem en så tynd måtte er relativ stor.

Der henvises iøvrigt angående konstruktion af dobbelte skillerum til litteraturen (6) og (7), idet det bemærkes, at man bør studere denne grundigt, inden man udfører sådanne skillerum, såfremt man ønsker et godt resultat; der er mange muligheder for gennem tilsyneladende små forsømmelser eller fejl at miste hele gevinsten, der kan opnås gennem dobbelte konstruktioner. Et skillerum bestående af tre lag brædder er ganske utilfredsstillende i lydmæssig henseende.

Ingerslev viste et eksempel på et godt isolerende skillerum bestående af to uafhængige lægteskolletter med påsømmede gipsplader; mellemrummet mellem de to enkeltvægge er dæmpet med en rockwoolmåtte. Skillerummet har et middeldreduktionstal på omkring 50 dB.

Larris var betænkelig ved at anvende et sådant skillerum i boligbyggeriet, dels på grund af dets ringe modstandsdygtighed for mekaniske påvirkninger, og dels fordi dets reduktionstal ved dybe frekvenser kun ligger på 20-30 dB.

Der findes utrolig mange misforståelser, ja ofte næsten overtro, med hensyn til de konstruktioner, der bør anvendes for at skaffe god isolation mod luftlyd. Nogle eksempler på sådanne misforståede konstruktioner skal fremdrages.

Det foreslås ofte (8) at forøge isolationen mellem to rum ved at opsætte lydabsorberende plader på skillerummet. Der opnås i praksis meget lidt ved denne foranstaltning. Som nævnt i begyndelsen af dette afsnit må man have et tungt skillerum eller et dobbelt skillerum, hvis man ønsker en god lyd-isolation. Lydabsorberende plader vil kun medvirke til at nedsætte støjniveauet i det rum, hvor pladerne opsættes. Herved opnås tilsyneladende en lille forbedring i isolationen, såfremt den af støjgiveren udsendte støj er uafhængig af rummets dæmpning, men gevinsten er normalt så lille, at den er uden praktisk betydning.

Schjödt ønskede oplyst, hvorfor lydabsorberende materialer virker forøgende på luftlydisolationen, når de anbringes i hulrummet, men ikke når de anbringes på en enkeltvæg.

Ingerslev oplyste, at virkningen af lydabsorberende materialer på en enkeltvæg er minimal, da den opnås ved den forøgelse af skille- rummets vægt, som de lydabsorberende materialer giver. Når de ab- sorberende materialer opsættes i hulrummet af en dobbeltvæg, er det helt andre forhold, der gør sig gældende, idet måtten her dæmper hul- rummet og derved nedsætter lydstyrken i dette og dermed atter den transmitterede lyd.

Mølerskullerum giver god varmeisolation, men de giver aldrig god lydisolation. Det er derfor en fuldstændig misforståelse, når det foreskrives (9), at der skal anvendes skullerum af mølersten for at sikre ekstra god lydisolation.

Det er vigtigt, at et skullerum er tæt, såfremt man ønsker god lydisolation, da lyden går næsten uhindret igennem større huller og revner, og selv mindre åbninger, f.eks. i form af porerne i en porøs væg, kan reducere skullerummets lydisolerede evne betydeligt. Men lufttæthed alene sikrer ikke god lydiso- lation. Det er derfor en misforståelse at tro, at der opnås noget ved at ind- lægge et lufttæt lag - f.eks. en tynd blikplade - i et skullerum.

Følgende skullerum har også været udført i praksis og netop på et sted, hvor der fra bygherrens side var krævet et særligt godt lydisolerede skullerum: Et enkelt lægteskallet med løsholter, åbningerne udfyldt med 30 mm rock-wool- måtter og begge sider af skullerummet beklædt med stråktapet. Rockwool - dog ikke tildækket af stråktapet - giver god lydabsorption, men man opnår ikke lydisolation. Denne væg gav en endda meget dårlig lydisolation.

Skullerum bestående af indtil 12 lag af varierende materialer (10) må betragtes som opfindelser af Storm Petersen'sk karakter. De kan muligvis være gode, men bør ikke bestride dette, før de er målt, men selv om man skulle opnå et godt resultat, bliver det ikke bedre end det, der kan opnås på en langt simplere og uden tvivl billigere måde ved anvendelse af traditionelle fremgangsmåder.

Efter disse eksempler på dårlige lydisolerede skillevægge, skal opmærksomhe- den rettes mod nogle andre vigtige forhold, der må tages i betragtning i for- bindelse med anvendelse af godt lydisolerede skullerum.

God lydisolation mellem to rum med et fælles skullerum sikres ikke alene gen- nem anvendelse af et skullerum med stor lydisolationsevne. Lyden transmittes foruden gennem det fælles skullerum også gennem etageadskillelserne og gennem sidevæggene. Det er således let at forklare, at dolingen af et større soveværelse i en villa i to mindre soveværelser ikke gav særlig god lydiso- lation, selvom der blev anvendt et udmærket dobbelt skullerum bestående af to uafhængige lægteskalletter hver med påsømmet byggeplade og med en blød måtte i hulrummet.

Denne væg blev, som vist på figur 4A, opstillet på gulvbrædderne og lydtrans- missionen fra det ene værelse til det andet skete dels via de gennemgående gulvbrædder og de gennemgående forskallingsbrædder på loftet dels via hulrum mellem gulvbrædder henholdsvis forskallingsbrædder og indskuddet (vist med pile i figuren).



Anvendes et lydisolierende skillerum, bør dette opstilles som vist i figur 4B, d.v.s. gulvbrætter og forskallingsbrætter skæres over, og væggen stilles på en trimbel nedlagt i gulvet og føres op til indskuddet i loftet.

Kjer forespurgte, om der kunne opnås nogen forbedring i lydmæssig henseende ved i dobbelte glasskullerum at anvende to forskellige tykkelser af glasset fremfor to lige tykke lag glas.

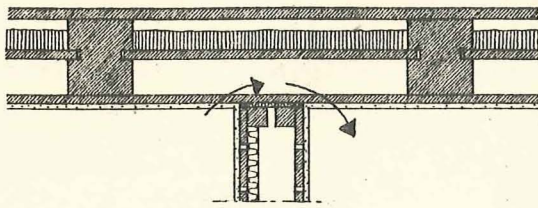
Larris oplyste, at undersøgelser foretaget i Schweiz havde vist, at reduktionstallet for en dobbelt glasvæg kun blev lidt lavere ved ganske enkelte frekvenser, når der anvendtes lige tykke lag i stedet for to forskellige tykkelser med samme totalvægt.

Døre i godt lydisolierende skillerum er også et vanskeligt problem, så vanskeligt, at hovedreglen må være: ingen dør i et godt isolerende skillerum. Vanskelighederne kan i praksis delvis overvindes ved at anvende to døre, der selvfølgelig må være helt uafhængige af hinanden, d.v.s. have hver sin karm. To døre vil i langt de fleste tilfælde isolere dårligere end skillerummet, og man må tilmed gøre sig klart, at det kun er i forbindelse med meget vigtige konferencerum, at man i praksis kan gennemføre, at begge døre bliver lukket. Normalt vil den ene dør enten blive fjernet, eller i gunstigste fald står den åben. Det bedste man i almindelighed kan gøre er at anvende en tung - meget tung - dør og sørge for, at den slutter tæt. Det er især vigtigt at sikre, at der ikke er utætheder mellem dørkarm og mur. Dette hulrum bør være lille og pakkes godt med værk el. lign.

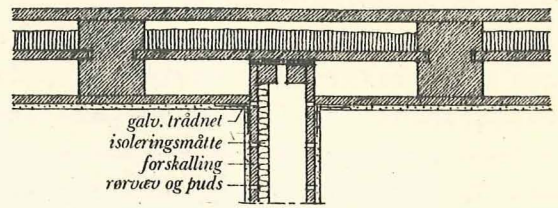
Skal en dør gøres bedre lydisolerende, opnås det ikke ved at beklæde den med lydabsorberende materiale, jfr. ovenfor under forbedring af skillerums lydisolations.

En dør, der ikke bruges, bør blændes. En ret god løsning er vist i figur 5, modificeret gengivet efter (11). Dørindfatningen fjernes, og hulrummet mellem dørkarm og mur tilstoppes med værk, såfremt det ikke er gjort, da døren blev opsat. En godt lydabsorberende plade eller en blød måtte sømmes på dørens inderside. En tung byggeplade eller træplade anbringes på den anden side af væggen, så døråbningen lukkes. Endelig tapetseres.

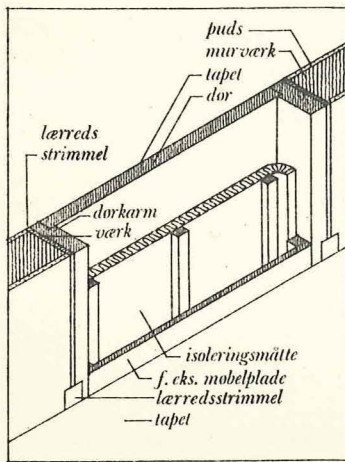
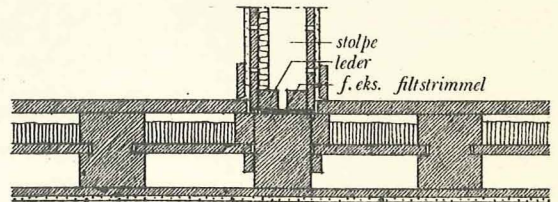
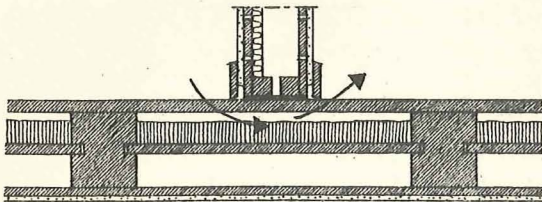
Hidtil har der kun været behandlet lydisolationsproblemer i forbindelse med skillerum og døre. Etageadskillelser skaffer mindst lige så stort et problem. Planløsningens udformning giver normalt ingen hjælpemidler i boligbyggeriet, da forholdene er ens fra etage til etage. Man må derfor anvende stor vægt og dobbeltkonstruktioner. Vægt er næsten det eneste middel i dag, og det vil sige, at lydteknikerne ser med stor bekymring på de lette hulstensdæk. De giver ikke tilfredsstillende forhold, jfr. bl.a. en for nylig afholdt rundspørge (12), der viser, at etageadskillelserne oftest giver anledning til klager over dårlig lydisolations. I dette afsnit tænkes kun på etageadskillelsernes evne til at isolere mod luftlyd, i næste afsnit skal etageadskillelsernes forhold overfor trinlyd omtales. Når man betænker, at en halvstensmur mellem forskellige lejemål anses for at være utilfredsstillende i lydisolationsmæssig henseende, forstås det umiddelbart, at det er meget beskedent at kræve en etageadskillelsvægt svarende til vægten af en halvstensmur. Så meget mere beklageligt er det, at dette krav er vanskeligt at opfylde i praksis. Man må



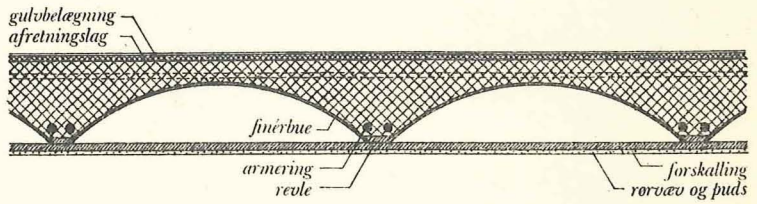
figur 4.A.



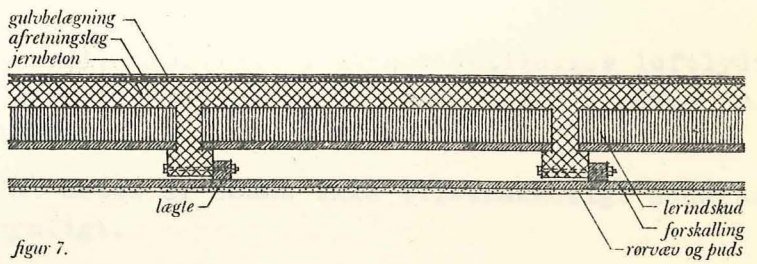
figur 4B.



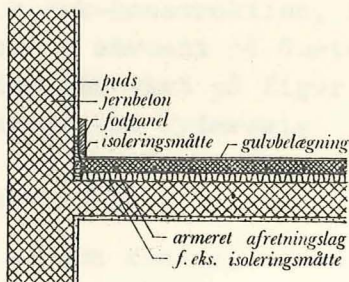
figur 5.



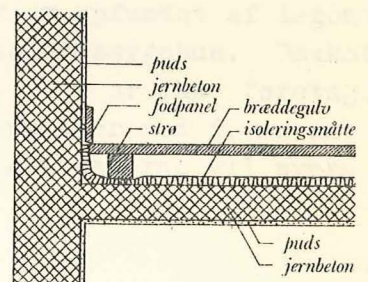
figur 6.



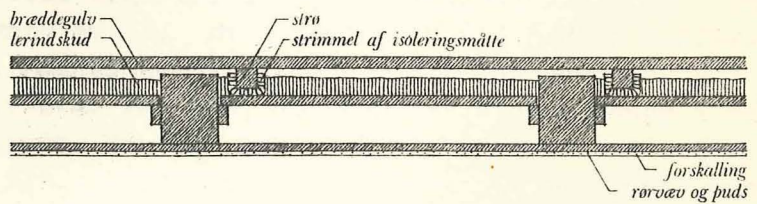
figur 7.



figur 8A:



figur 8B.



figur 9.

derfor håbe, at det i fremtiden bliver muligt at finde frem til etageadskillelseskonstruktioner, der nærmer sig til dobbeltkonstruktioner, således at man ligesom ved skillerum kan opnå dobbeltkonstruktionens fordele. Det skal bemærkes, at måleresultater for trægulve på strøer på brikker ikke synes at give en væsentlig forøgelse af en støbt etageadskillelses isolationsevne over for luftlyd. Derimod tyder andre måleresultater på, at man kan opnå en ikke ubetydelig gevinst ved at lave en tilnærmet dobbeltkonstruktion på etageadskillelsens underside. Dette synes i alle tilfælde hidtil at være den eneste naturlige forklaring på, at formetadæk, figur 6, målt i praksis har en lydisolations både for luftlyd og trinøj, der er lidt bedre, end man skulle forvente ud fra dækkets vægt.

Ingerslev oplyste, at det samme gælder for nogle etageadskillelser udformet som dobbeltkonstruktioner, som er beskrevet i en nylig udkommet tysk publikation (Fortschritte und Forschungen im Bauwesen, Reihe D. Heft 2, Schallschutz).

Schjöldt berettede, at målinger foretaget i Norge på en dækkonstruktion bestående af et 8 cm støbt dæk med trægulv på en blød måtte havde givet 50 dB. Schjöldt ønskede oplyst, om rigtigheden af dette var sandsynligt.

Ingerslev bemærkede, at det i hvert fald er en høj isolation, men det er umuligt at bekræfte rigtigheden, når man ikke kender de nærmere forsøgsbetingelser.

Laurson ønskede oplyst, hvorvidt en etageadskillelses luftlydisolation foreges ved at lægge strøerne på en hel gennemgående måtte fremfor bløde træfiberbrikker.

Ingerslev sagde, at dette er endnu ikke tilstrækkeligt undersøgt, men det er ikke sandsynligt.

Krog skitserede en dæk-konstruktion, der er opfundet af ingeniør Sigurd Bruun, og som er anvendt på Gentofte Amtssygehus. Dækket er en dobbeltkonstruktion som vist på figur 7. Der er ikke foretaget målinger af konstruktionens lydmæssige egenskaber med de nu anvendte målemetoder, men det kan forventes, at egenskaberne vil svare nogenlunde til formetadækkets.

Krog var iøvrigt af den mening, at man bør beklage, at hulstonsdækkene har vundet den store indpas, de har. Dette bevirker, at man i dag vanskeligt kan stille krav om, at luftlydisolationen mellem lojligeder mindst skal være 50 dB. Et sådant krav vil nemlig medføre, at en stor del af de gangse konstruktioner ikke kan anvendes mere. Det vil ikke være fair over for dem, der har investeret penge i fremstillingen af de lette dæk og især ikke så længe man må tolerere træetageadskillelser. Krog mente ikke, at man i dag kunne opstille krav om 50 dB, men at man burde arbejde for med tiden at komme op på denne isolation.

Schjöldt oplyste, at i Norge var kravet til luftlydisolationen 50 dB, og at det blev angivet, at dette for etageadskillelsernes vedkommende kunne opnås med 15 cm jernbeton. I Sverige kræves 16 cm jernbeton

for at opfylde kravene, men Schjødt mente, at dette var lidt for rigeligt. 12 cm jernbeton måtte anses for tilstrækkeligt, idet flanking-transmissionen bevirker, at virkningen af de sidste 3-4 cm beton er minimal. De sidste 3-4 cm koster Norge 3-4 millioner kroner om året.

Ingerslev ønskede - set fra et akustisk synspunkt - at mindstekravet blev fastsat til et fuldstøbt jernbetondæk på 12 cm med trægulv på blødt materiale. Dette er desværre næppe igennemføreligt. Det bliver muligvis nødvendigt her i landet at acceptere det 9-10 cm tykke jernbetondæk som normgivende. Dette bevirker alligevel, at de letteste hulstensdæk "falder igennem", og at de for fremtiden må udføres med overbeton for at opnå vægt og dermed lydmassige egenskaber, der svarer til de 9-10 cm fuldstøbte dæk.

### C. Nedsættelse af støjen fra færdsel m.v. (trinlyd).

Nedsættelse af støjen hidrørende fra færdsel og anden mekanisk påvirkning af etageadskillelserne er blevet et højaktuelt emne, efter at støbte etageadskillelser nu anvendes i stor udstrækning inden for boligbyggeriet. Som følge heraf er der i de senere år foretaget meget omfattende akustiske undersøgelser (13) af forskellige typer af etageadskillelser for at fastslå styrken af den ved færdsel på etageadskillelserne i de underliggende rum frembragte støj.

Der findes to måder, på hvilke man kan formindske styrken af støjen under etageadskillelsen, enten kan man gennem udlægning af et passende blødt slidlag - f.eks. et tæppe - afbøde slaget mellem fod og etageadskillelse og derved reducere de i etageadskillelsen frembragte svingninger, hvorved styrken af støjen under etageadskillelsen også nedsættes, eller man kan lokalisere de frembragte svingninger ved indskydelse af et dæmpende lag - f.eks. en blød måtte - mellem gulvpladen og den bærende del af etageadskillelsen. Sidstnævnte konstruktion betegnes som et svømmende gulv. Da et blødt slidlag sjældent kan foreskrives, er man normalt henvist til at anvende en eller anden form for et svømmende gulv. Figur 8 viser de to vigtigste typer, nemlig henholdsvis en støbt gulvplade udlagt på en måtte og et trægulv med strøer udlagt på bløde måtter eller opklodset på bløde brikker. Det er også nødvendigt at indlægge en måtte eller blød træfiberplade mellem gulvet og væggen, således at der ikke bliver direkte forbindelse mellem gulvet og mur eller pudslag. Den støbte gulvplade anvendes ofte i skoler, hospitaler, kontorbygninger, medens den relativ høje pris forhindrer deres anvendelse inden for almindeligt boligbyggeri.

Det svømmende gulvs dæmpende egenskaber bliver bedre jo blødere materiale, der indskydes mellem gulvfladen og den bærende konstruktion. Bløde måtter er og bliver det bedste. De kan især anvendes med stor fordel, når der udstøbes en gulvplade. Det kniber derimod noget at udnytte de bløde matts gode, dæmpende egenskaber, når der udlægges måtter eller strimler af sådanne under strøerne for et trægulv, idet det støbte bærende dæk sjældent er så plant, at man får en virkelig jævn fordeling af vægten over de bløde strimler. Strøerne vil let "ride" på enkelte punkter, og strimlerne presses så hårdt sammen i disse punkter. Man anvender derfor ofte i praksis kun brikker af højporøs eller blød træfiberplade eventuelt korkbrikker.

Strøer oplagt på bløde strimler eller bløde brikker ligger naturligvis ikke særlig fast. Misforstået omhyggelighed medfører derfor ikke sjældent, at håndværkerne sikrer strøerne ved f.eks. at kile et stykke træ ind mellem enderne af strøerne og væggene. Strøen kommer i spænd, og den dæmpende virkning af det bløde underlag går tabt, idet svingningerne overføres til bygningen udenom det bløde underlag. En anden misforstået konstruktion fandtes fornylig i arbejdsbeskrivelsen for en beboelsesejendom. Her anvendtes også bløde brikker under strøerne, men for at sikre strøerne blev der krævet indstøbt traklodser i den bærende konstruktion, således at strøerne kunne sømme fast til disse ved søm, der går gennem de bløde brikker.

Cellebeton og træuldbeton er ikke bløde materialer og kan derfor ikke benyttes som dæmpende materialer ved svømmende gulvkonstruktioner eller som dæmpende lag mellem slidlag og bærende konstruktioner (14).

Schjöldt havde benyttet en gulvkonstruktion bestående af et lag linoleum på træbetonplader oven på det støbte dæk. Dette havde givet et godt resultat i trinlydmæssig henseende og var samtidig behageligt at gå på.

Manglende omtanke ved udførelsen af de elektriske installationer kan ligeledes nedsætte virkningen af et svømmende gulv. Et eksempel - hentet fra en stor tegnestue - skal nævnes. Der anvendtes en støbt gulvplade udlagt på en arkimåtte. Inden måtten blev udlagt på etageadskillelsen, blev de elektriske installationer, der skulle muliggøre individuel tegnebordsbelysning placeret på etageadskillelsen. Disse rør blev bukket op gennem måtten, efter at denne var udlagt, og rørene blev gjort fast til dåser indstøbt i gulvpladen. Man fik en lydbro for hvert tegnebord, ialt 16 lydbroer.

Målinger af støjen under etageadskillelsen viste, at hele arbejdet med udlægning af et svømmende gulv var omsonst. Der var nøjagtig lige så megen støj, som man ville have fået uden et svømmende gulv.

Som afslutning på omtalen af svømmende gulve i forbindelse med støbte etageadskillelser, skal det understreges, at gummifliser, korkfliser, linoleum og asfaltbelægning udlagt på den bærende, støbte etageadskillelse ikke alene sikrer en tilstrækkelig lav værdi af trinlyden under etageadskillelsen. Der må træffes yderligere foranstaltninger, især inden for boligbyggeriet.

Svanholt rejste spørgsmålet om trinlyddæmpningen af plasticbelægninger direkte på det støbte dæk, idet der inden for byggeriet er stor interesse for disse fugefri gulve.

Ingerslev meddelte, at der endnu ikke er foretaget målinger af plasticgulve på Lydteknisk Laboratorium.

Fangel berettede, at IKAS havde målt en trinlyddæmpning på nogle få decibel. Plasticbelægninger er imidlertid et vidt begreb, idet der findes mange forskellige hårdheder, og man ved ikke, hvorledes disse belægninger virker, når de har ligget i en årrække.

Træetageadskillelser giver ikke særligt lave værdier af støj hidrørende fra færdsel, selvom forholdene er bedre end under en rå, støbt etageadskillelse.

Krog mente, at de nyere indskudsmaterialer (mineraluld o.l.) havde forringet træetageadskillelserne.

Ingerslev sagde, at der for en halv snes år siden på Lydteknisk Laboratorium er foretaget målinger af træetageadskillelser med forskellige indskudsmaterialer, og der var ingen væsentlig forskel. Laboratoriet er imidlertid stærkt interesseret i at genoptage undersøgelserne af indskudsmaterialer, da de målemetoder, der blev anvendt dengang, ikke opfylder de nugældende normer.

Figur 9 viser en forbedret træetageadskillelse. Man får under denne en støjstyrke, der omtrent svarer til den, der findes under en støbt etageadskillelse med trægulv på strøer på bløde brikker.

Færdsel og anden form for mekanisk påvirkning giver ikke blot anledning til støj i rummet umiddelbart under det sted, hvor påvirkningen foregår, men også i fjernene liggende rum. På dette punkt findes der en principiel forskel mellem bygninger med træetageadskillelser og bygninger med støbte etageadskillelser. Forholdene er langt de ugunstigste i bygninger med støbte etageadskillelser; der henvises til litteraturen (6) og (13) med hensyn til forklaringen på dette forhold. I bygninger med træetageadskillelser bør man ikke tillade, at bjælkerne fører fra et lejemål til et andet lejemål. Dette krav må naturligvis også være opfyldt i bygninger, hvor der anvendes jernbjælker som bærende elementer for etageadskillelsen (15).

Svanholt spurgte om virkningen af tørt sand mellem strøerne, idet han oplyste, at sandlaget i etageadskillelser ikke er en ny opfindelse. Professor Bontsen har anvendt sand i træetageadskillelser oven på lerinskuddet for at sikre, at indskuddet forbliver tæt, selv når leret er helt tørt.

Ingerslev svarede, at der i Sverige er opnået gode resultater ved at lægge løst sand mellem strøerne. Lydteknisk Laboratorium har foretaget målinger i Sverige af nogle af disse konstruktioner, og de gav et trinlydniveau mellem 45 og 50 dB. (Den bærende del af disse etageadskillelser var et jernbetondæk på 16-17 cm). Måleresultaterne var bedre end de, der måles under et almindeligt jernbetondæk med samme vægt som jernbeton + sand. Efter disse forsøg blev der i laboratoriet foretaget målinger, ved hvilke man undersøgte forøgelsen af trinlyddæmpningen ved belastning af etageadskillelse med henholdsvis løst sand og jernlodder. Resultatet var, at trinlyddæmpningen var væsentlig højere ved belastning med sand end ved den tilsvarende belastning med jernlodder, og dette er senere blevet bekræftet ved målinger ude i bygninger. Forklaringen på dette fænomen er sandsynligvis, at en del af den energi, der tilføres etageadskillelsen ved slagpåvirkningen forbruges ved gnidningstab imellem sandskornene.

#### D. Nedsættelse af støjen fra tekniske installationer.

Tekniske installationer er kendt for at frembringe støj. Det er derfor nødvendigt at træffe passende foranstaltninger for at sikre, at støjen reduceres så meget, at den ikke giver anledning til klage.

I afsnit A omtaltes det, at man ved udarbejdelse af planløsningen skulle have opmærksomheden rettet mod toiletterne, der bør placeres fjernt fra rum, hvor der kræves ro. Der blev især tænkt på toiletter hørende til andre lejemål, men de anførte betragtninger gælder imidlertid også toilettet hørende til eget lejemål. Figur 10 viser et eksempel på en rædsom placering af toilet og badeværelse i en rækkehusbebyggelse. Alle rummene er samlet omkring toilet og badeværelse som rækkehusets midtpunkt.

Samtidig med, at man ved udformningen af planløsningen stræber efter at opnå de bedst mulige forhold, bør man søge at reducere støjklidens styrke så meget som muligt. Man bør således eksempelvis anvende vandhaner, der støjer mindst muligt. Desværre findes der ikke oplysninger fra fabrikernes side om hanernes egenskaber i så henseende, men måleteknisk støder det ikke mere på vanskeligheder at konstatere styrken af den af en hane frembragte støj (16). Da den af en hane frembragte støj ikke udstråles i nævneværdig grad af vandrørene, men derimod fra de bygningslementer på hvilke vandinstallationen er monteret, kan man teoretisk reducere støjens styrke ved at isolere vandledningerne ved rørbarere og ved gennemføringer gennem mure og etageadskillelser. I praksis er det imidlertid meget omstændeligt og ofte næsten umuligt at gennemføre konsekvent.

Ingerslev nævnte, at det er en almindelig antagelse, at varme- og vandrør kan "opsamle" luftlyd i et rum og udsende den andre steder i bygningen. Dette er imidlertid ikke rigtigt. Den lyd, der synes at komme fra rørene, stammer i virkeligheden fra de utætheder, der findes i etageadskillelser og mure omkring rørene.

Becher omtalte nogle forsøg, der er foretaget på radiohuset for at undersøge dette forhold. Forsøgene bekræftede til fulde, at transmissionen foregår gennem utætheder og ikke gennem rørene.

Støjen fra udskylning af klosetter kan reduceres betydeligt ved at gå over til kombinationsklosetter i stedet for den gammeldags udførelsesform med cisternen anbragt højt oppe på væggen. Vandfyldningen af cisternen bør selvfølgelig også foregå så lydløst som muligt.

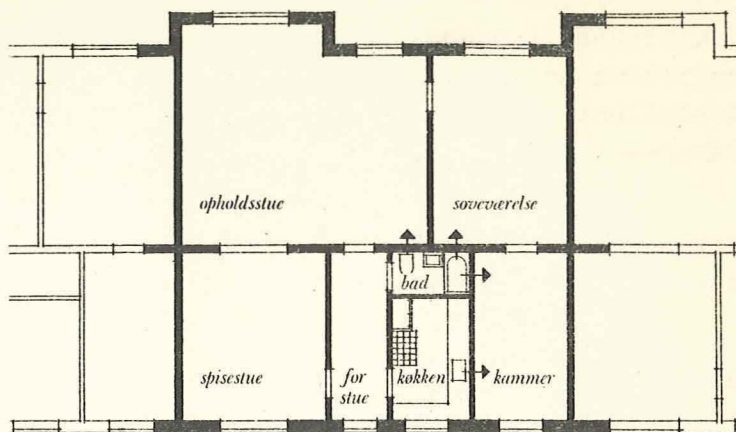
Krog omtalte, at Birch omkring 1935 havde konstrueret en aftapningsregulator "Ro" til montage i vandinstallationer umiddelbart foran hanerne. Krog forespurgte, om laboratoriet havde foretaget målinger på nogle af disse vandinstallationer.

Ingerslev meddelte, at der er foretaget målinger i et par bygninger med "Ro" regulatorer, i den ene gav de et godt resultat, hvorimod der i den anden ikke kunne påvises nogen særlig virkning af regulatorerne.

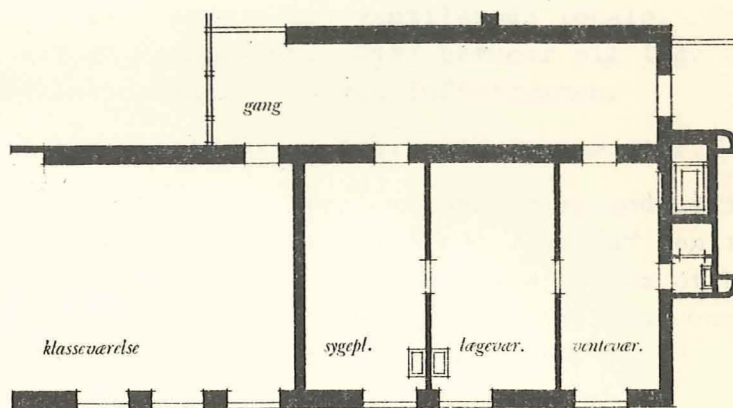
Svanholt ønskede oplyst, om laboratoriet havde foretaget målinger af støjen fra cisterner.

Ingerslev kunne oplyse, at der endnu kun er foretaget et par orienterende målinger af støjen fra cisterner.

Der var enighed om, at installationerne bør underkastes en grundig undersøgelse med en tiltrængt sanering for øje.



figur 10.



figur 11.



Maskinvaskerier i store ejendomme giver uundgåeligt støj. Maskinvaskerier bør placeres i kælderen og ikke oppe i bygningen. De enkelte maskiner skal anbringes på isolerede fundamenter. Betydelige vanskeligheder opstår især, hvor der går stive rørforbindelser til maskinen, f.eks. en gasstrygemaskine, idet en stiv rørforbindelse let kan reducere den gunstige indflydelse, som kan opnås ved isolering af fundamentet. Undersøgelser bør iværksættes for at finde frem til passende isolationsforanstaltninger.

Køreskinnen til centralvarmefyr bør ikke boltes fast til etageadskillelsen over fyret. Enten bør den ophænges i isolerede stropper eller den boltes til søjler, der er fastgjort i gulvet.

Elevatorspil skal anbringes på isolerede fundamenter anbragt i bunden af skakten; ikke destomindre træffer man stadig eksempler på elevatorspil anbragt ved toppen af elevatorskakten, og det giver ikke sjældent anledning til velbegrundede klager over støj.

Endelig bør det påpeges, at ventilationsanlæg kan afstedkomme alvorlige akustiske vanskeligheder. De fleste er klar over, at ventilationskanalen til et anlæg, der presser luft ind i et lokale, bør dæmpes for at undgå, at støjen frembragt af blaseren bliver generende i det ventilerede lokale. Men det er lige så vigtigt at dæmpe udsugningskanalen. Støj bevæger sig lige så godt mod luftstrømmen i en ventilationskanal som med luftstrømmen.

Ventilatoren og dens motor bør anbringes på isolerede fundamenter.

Anvendes ventilationsanlæg i en bygning, hvor man ønsker en god lydisolation mod luftlyd, må det påses, at lydisolationen ikke ødelægges af ventilationskanalerne. Disse må f.eks. ikke forbinde to rum direkte gennem et kort stykke udæmpet kanal. Indbygges ventilationskanaler i et skillerum, kan kanalerne eventuelt også nedsætte selve skillerummets isolationsevne.

#### E. Dæmpning af lokale ved opsætning af lydabsorberende materialer.

Støj i et rum kan reduceres ved at opsætte lydabsorberende materiale. I beboelsesejendomme vil man kun dæmpe i ganske enkelte rum, hvorimod dæmpning udføres i stor udstrækning i skoler og kontorbygninger.

Trapperum i beboelsesejendomme er meget hårde rum med lang efterklangstid. Dette forhold bevirker, at støj frembragt i rum, f.eks. ved færdsel på de hårde stentræpper, antager en anselig styrke. Da lydisolationen for luftlyd mellem trapperum og lejlighederne som regel ikke er særlig stor, vil støjen fra trapperum tit være generende, især hvor soveværelser støder op til trapperummene. De hårde trapperum er imidlertid yderligere uheldige, derved at de animerer børn til at råbe og skrig, idet de får "noget ud af det". Dæmpning af trapperummene kan udføres ved at sætte lydabsorberende plader på undersiderne af reposerne. Støjniveauet nedsættes, og børnene er roligere, da der ikke er så megen morskab ved at råbe i et lydæmpet rum. Forsøg med dæmpning er udført i en beboelsesejendom med gunstigt resultat (17). Almindelige perforerede plader eller træuldbeton kan benyttes som lydabsorberende materialer.

I store, moderne boligkomplekser indrettes undertiden et fritidslokale. Et sådant fritidslokale bør betragtes som et støjcentrum og bør derfor placeres på et hensigtsmæssigt sted i bygningen, d.v.s. så afsides som muligt. I en ejendom, hvor støjen fra fritidslokalet gentagne gange gav anledning til alvorlige klager fra flere beboere, besluttede man at nedsætte støjens styrke ved at opsætte lydabsorberende materialer. Trældbeton blev opsat på hele 1 loftet. Det er et billigt materiale, og man opnåede en ikke uvæsentlig nedsættelse af støjstyrken, selvom man ikke kunne nå det helt ideelle resultat. Arkitekten fandt imidlertid, at loftets udseende ikke var så smukt, som man kunne ønske, hvorfor han beordrede det pudset. Virkningen heraf udeblev ikke, de akustiske forhold var efter pudningen praktisk talt, som før man satte trældpladerne op!

I moderne skoler dæmper man nu meget ofte klasselokaler, gange og aulaer ved opsætning af lydabsorberende materialer. Man bør imidlertid gå nogenlunde systematisk til værks og undersøge grundigt, hvor det er nødvendigt, og hvor man kan spare. Som eksempel på en uheldig sparsommelighed vises i figur 11 et udsnit af planen for en skole (18). Man har dæmpet sygeplejerskens og skolelægens værelser, medens venteværelse og gang udenfor er udæmpede. Dette har givet anledning til klage senere, idet børnene, der venter i venteværelse og på gang, laver en del spektakel, som runger særlig meget på grund af, at rummene er hårde.

Banklokaler, restauranter, marketenderier o.s.v. bør dæmpes. Der findes ofte mange mennesker i disse lokaler, og støjen er kraftig.

Der henvises til speciallitteraturen (6) med hensyn til de forskellige typer af lydabsorberende materialer, der kan anvendes. Lydabsorberende materialer må ikke tapetseres, ligesom hullerne ikke må lukkes med maling.

#### Afsluttende bemærkninger.

De her fremdragne eksempler på uheldige løsninger af akustiske problemer viser forhåbentligvis, at det er nødvendigt at studere det akustiske fagområde grundigt, inden man projekterer og udfører en bygning, thi kun ved at tage tilbørligt hensyn til akustikkens love, har man mulighed for at skaffe menneskeheden en stille og frodfyldt tilværelse på kontoret og inden for hjemmets fire vægge.

#### Litteraturfortegnelse.

1. Arkitekten. Ugehefte 1947. p. 117-119.
2. Arbejdernes Andels-Boligforening Afdeling 38.
3. K.A.B. Koncernens Bygge og Bolig Virksomhed 1920-1945. p.296-97.
4. Arkitekten. Ugehefte 1946. p. 162-63.
5. Arkitekten. Ugehefte 1952. p. 92-95. Fritz Ingerslev og Jørgen Petersen: Bedre lydisolations ved hensigtsmæssig planløsning.

6. Fritz Ingerslev: Akustik 1949.
7. Byggebogen. Nyt Nordisk Forlag.
8. Arkitekten. Ugehefte 1935. p. 125-27.
9. Arkitekten. Månedshäfte 1935. p. 191-96.
10. Arkitekten. Månedshäfte 1939. p. 161-62.
11. P.V.Brüel. Lydisolation og rumakustik.
12. Arkitekten. Ugehefte 1952. p. 49-56. Eske Kristensen. Værdsætter lejerne moderne boligudstyr, og hvilke goder lægger de mest vægt på?
13. Statens Byggeforskningsinstituts rapport nr.8. Fritz Ingerslev og V.E.Ranfelt: Trinlyd i beboelsesejendomme.
14. Arkitekten. Månedshäfte 1935. p. 109-23.
15. Arkitekten. Ugehefte 1935. p. 125-27.
16. Ingeniøren nr.52, 1950. p. 1057-64. Fritz Ingerslev og Jørgen Petersen. Støj fra vandinstallationer.
17. Boligen, 19.årgang. p. 50-52. Fritz Ingerslev. Støj fra trappegange.
18. Arkitekten. Månedshäfte 1944. p. 37-44.