

SBI-publ.

SBI-SÆRTRYK
211

UDK 699.844:69.022.5

Byggeindustrien nr. 19, 1970

Jørgen Kristensen:
Indervægges lydisolations

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

I kommission hos Teknisk Forlag
København 1970



Indervægges lydisolations

Civilingeniør Jørgen Kristensen, SBI

SÆRTRYK AF BYGGEINDUSTRIEN NR. 19 · 1970

01140P
Bibliotekseksemplar 1
STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Indervægges lydisolations

I fremtidens boliger vil der formentlig blive krævet en vis mindste lydisolations mellem de enkelte rum, som adskilles af vægge uden dørparti. For byggeriet vil dette betyde krav om øget lydteknisk kvalitet. I denne artikel omtales resultatet af en undersøgelse af indervægges lydisolations i bygninger med forskellige anvendelsesformål. I de fleste tilfælde er de anvendte vægges lydisolations betydelig ringere end svarende til resultaterne fra laboratorium.

Civilingeniør Jørgen Kristensen, Byggeriets Akustiske Målestation

Indervægges lydisolations

Lydisolations er en faktor, som indvirker på bedømmelsen af en boligs eller et arbejdsrumms kvalitet. Der har derfor i flere år i bygningsreglementet været krævet en vis mindste lydisolations mellem boliger. Derimod stilles der ingen krav til indervægges lydisolationssevne, bortset fra de krav, den enkelte bygherre eventuelt måtte stille. Det må antages, at man fra myndighedernes side gerne vil medvirke til en forbedring af lydisolations, især inden for boligområdet ved indførelse af krav om en mindste lydisolations mellem de enkelte rum adskilt af indervægge. En forudsætning for dette er imidlertid, at der foreligger tilstrækkelige erfaringer, hvorpå eventuelle krav kan bygges op. Med hensyn til lydisolations mellem en boligs enkelte rum og mellem kontorrum har Byggeriets Akustiske Målestation indhøstet en del erfaringer, som danner grundlaget for denne artikel. Det må dog fremhæves, at resultaterne ikke nødvendigvis afspejler de faktiske forhold i alt byggeri, idet

resultaterne fra boliger hovedsagelig er fremkommet ved måling af egnede vægge i forbindelse med almindelige, rekvirerede undersøgelser.

Lydisolations som funktionsbetinget egenskab

I forbindelse med fremsættelse af forenkede metoder til vurdering af de mange nye byggevarer, som i dag bringes frem på markedet, anvendes begrebet funktionsbetinget egenskab (1), hvori det fremhæves, at lydisolations er en vigtig funktionsbetinget egenskab. Man har her valgt at udtrykke den funktionsbetingede egenskab ved bygningsdelens reduktions-tal. For ikke bærende indervægge i en bolig foreslås følgende krav: »Vægge uden dørpartier skal have et middelreduktions-tal på mindst 44 dB, desuden må reduktions-tallet som funktion af frekvensen ikke være mindre end angivet ved kurve 1 i figur 1. Afvigelse mod lavere værdier tillades dog, såfremt disse afvigelse overstiger 1,0 dB i gennemsnit for hele frekvensområdet.»

Der kan imidlertid rejses tvivl om, hvorvidt det foreslåede krav er tilstrækkeligt, idet reduktions-tallet udtrykker lydisolations under forudsætning af, at lydenergien alene transmitteres gennem væggen. I praksis vil en meget betydelig del af lydenergien transmitteres ad andre veje (2), d.v.s. at der også må stilles krav om en mindste lydtransmission gennem flankerende bygningsdele og gennem væggenes tilslutninger til disse.

Udenlandske krav til indervægges lydisolations

Der stilles ikke i noget skandinavisk lands bygningsreglement krav til indervægges lydisolationssevne. I enkelte lande stilles krav til lydisolations mellem rum i boliger adskilt med vægge uden dørpartier. I Østrig skal lydisolations mellem boligens rum uden dørpartier i fælles adskillende væg kunne opfylde et krav, der ligger 8 dB lavere end kravet til lydisolations mellem boliger. Kravet er afbildet grafisk som kurve 2 i figur 1. Desuden skal middelrumisolations i frekvensområdet 100–3150 Hz være større end 40 dB. Det må hertil føjes, at i geografiske områder med lavt baggrundsstøjniveau kan kravet i boliger være skærpet med 5 dB. Det almindelige krav til indervægge i boliger er også gældende i kontorhuse.

I Sverige stilles i normer for statsbyggede kontorhuse krav til kontorvægges lydisolations (3). Nogle af kra-

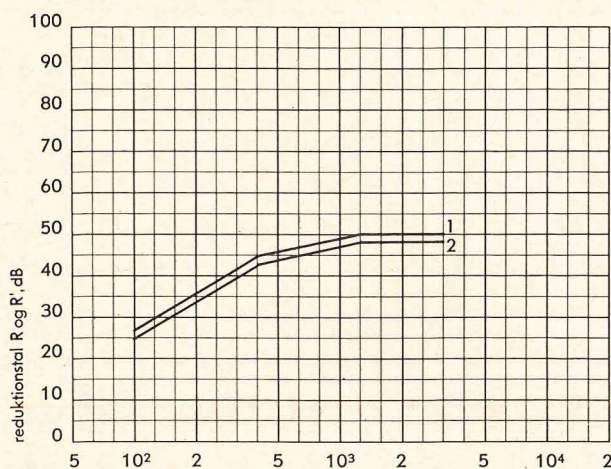


Fig. 1. Reduktionstallet som funktion af frekvensen. Kurve 1: Reduktionstallet R som funktionsbetinget egenskab (1). $R_m=44$ dB. Kurve 2: Reduktionstallet R' som angivet i de østrigske normer. $R_m=40$ dB.

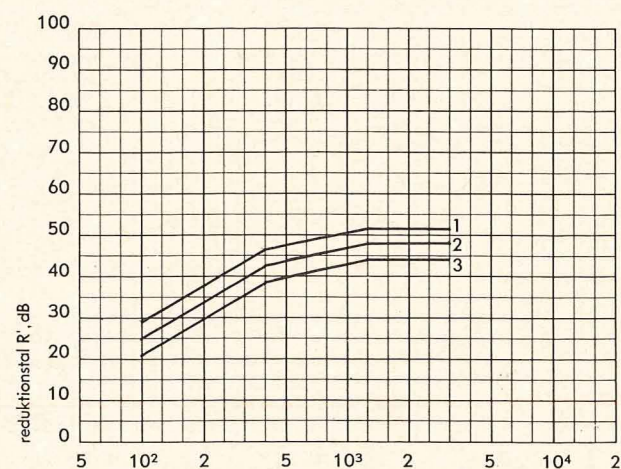


Fig. 2. Reduktionstallet R' som funktion af frekvensen (3). Kurve 1: Vægge til rum med specielle krav. $R_m=48$ dB. Kurve 2: Vægge til chefsrum og konferencerum. $R_m=44$ dB. Kurve 3: Vægge mellem kontorer. $R_m=40$ dB.

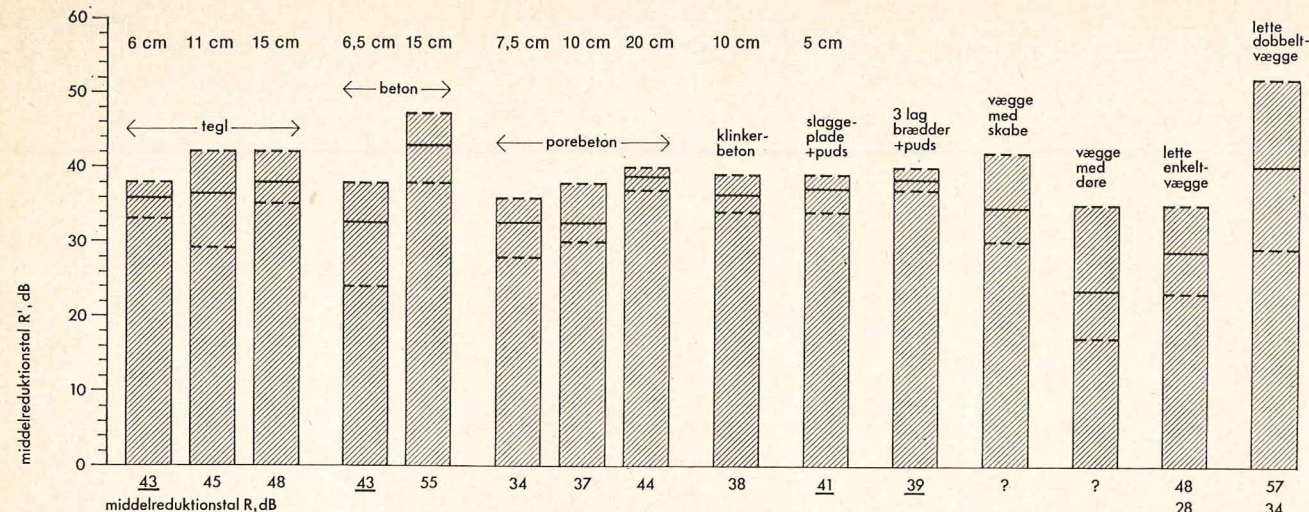


Fig. 3. Middelreduktions-tallet for nogle forskellige vægtyper. I søjlerne er angivet største og mindste middelreduktions-tal R_m samt gennemsnits-værdien af middelreduktions-tallet for samtlige målte vægge af den pågældende type. Under hver søjle er desuden angivet middelreduktions-tallet R_m . Hvis ikke det er kendt fra målinger, er resultatet skønnet, men det er i så fald forsynet med en underregning. Spørgsmålstegnene angiver, at skøn ikke har været muligt. Hvor to tal er angivet, betegner det øverste det største og det nederste det mindste middelreduktions-tal for de i gruppen inkluderede vægge.

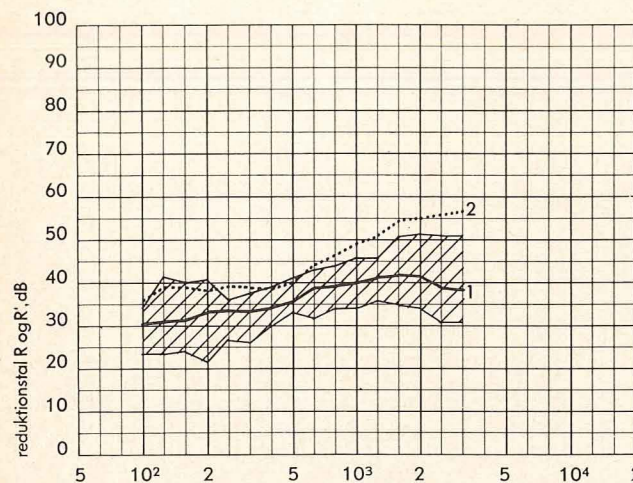


Fig. 4. Reduktionstallet som funktion af frekvensen for 11 cm tegl med puds. Kurve 1: Gennemsnitsværdien af R' for samtlige målinger på denne vægtype. Det skraverede område angiver spredningsområdet. Kurve 2: Reduktionstallet R målt i laboratorium. $R_m=45$ dB.

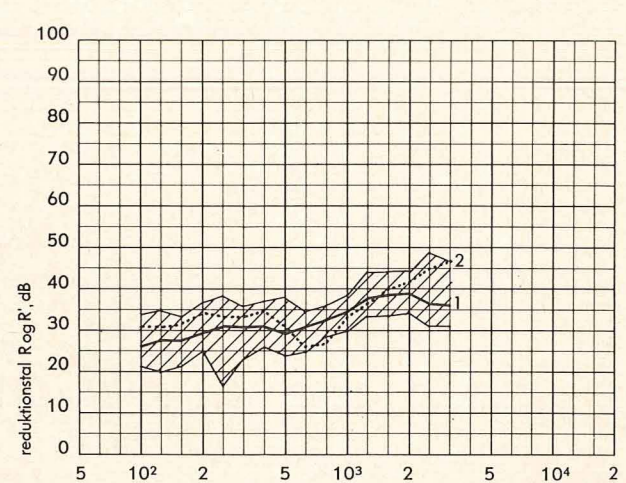


Fig. 5. Reduktionstallet som funktion af frekvensen for 7,5 cm porebeton. Kurve 1: Gennemsnitsværdien af R' for samtlige målinger på denne vægtype. Det skraverede område angiver spredningsområdet. Kurve 2: Reduktionstallet R målt i laboratorium. $R_m=34$ dB.

vene er angivet i figur 2. Både i Sverige og i Østrig benyttes terminologien reduktions-tal, som betegnes R'. Den anførte apostrof betegner, at målingen er foretaget i en bygning eller i et laboratorium, hvis målerum har fælles flankerende vægge. Reduktions-tallet målt under betingelser, hvor flanketransmission er udelukket, betegnes med bogstavet R uden apostrof. Reduktions-tallet R kaldes også det tilsyneladende reduktions-tal, fordi beregningen af reduktions-tallet foretages, som om al lydenergi alene transmitteres gennem den adskillende flade.

Undersøgelsen og dens resultater Indervægges lydisolations

Målingerne er udført i etageboliger, rækkehuse, parcelhuse og

kontorhuse. I mange bygninger er målebetingelserne således, at det i realiteten ikke er muligt at måle indervægges lydisolations, enten fordi dørene til fælles tredie rum lydteknisk set er for dårlige, eller fordi de adskillende vægge er forsynet med dørparti. Uanset i hvilken vægtype, der anbringes et dørparti, så er måleresultatet i hovedsagen bestemt af døren og ikke af væggen.

Vægges tilslutninger til lofter er i almindelighed ret forskellige i etageboliger og i række- eller parcelhuse. I praksis giver samme vægge med relativt uens tilslutningsbetingelser og måske tillige med ringe muligheder for tæt udførelse temmelig varierende måleresultater. I figur 3 er vist måleresultater for de enkelte vægtyper. Resultaterne er angivet ved det tilsyne-

ladende R' - og ikke ved rumisolations $D_{0,5}$. Årsagen hertil er blandt andet, at modtagerrummets rumfang og skillefladens areal er faktorer, som influerer på rumisolations størrelse, medens reduktions-tallet R' i højere grad er et udtryk for komponentens - den adskillende bygningsdelens - lydisolationssevne som funktion af de omgivende bygningsdele. Mellem R' og $D_{0,5}$ består følgende relation:

$$R' = D_{0,5} - 10 \log \frac{0,32 V}{S}$$

hvor V er modtagerrummets volumen og S skillefladens areal (2). For hver vægtype er i figur 3 angivet mindste og største værdi af middelreduktions-tallet R_m , samt gennemsnitsværdien af middelreduktions-tallet for samtlige målinger. Under hver søjle er an-

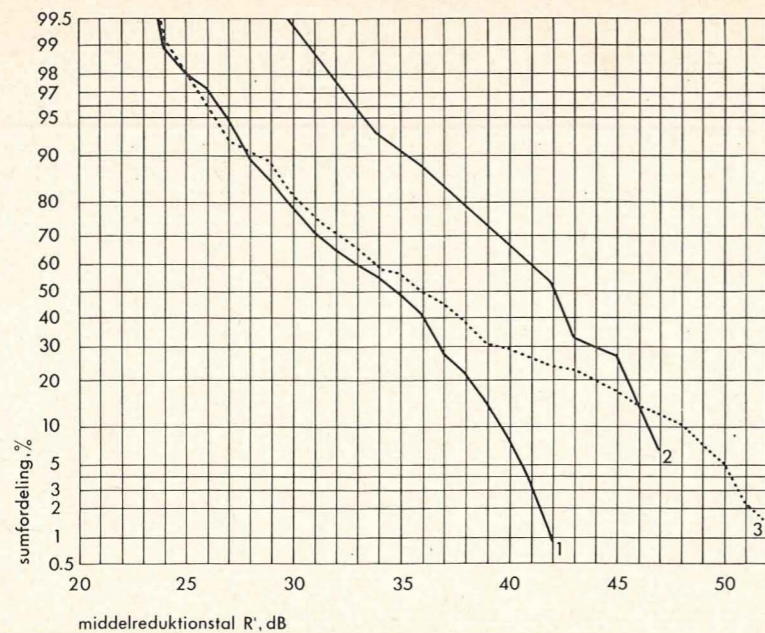


Fig. 6. Den procentiske fordeling af måleresultaterne som funktion af reduktionstallet R_m .
 Kurve 1: Indervægge i parcel- og rækkehuse.
 Kurve 2: Indervægge i etageboliger.
 Kurve 3: Indervægge i kontorhuse og institutionsbyggeri.

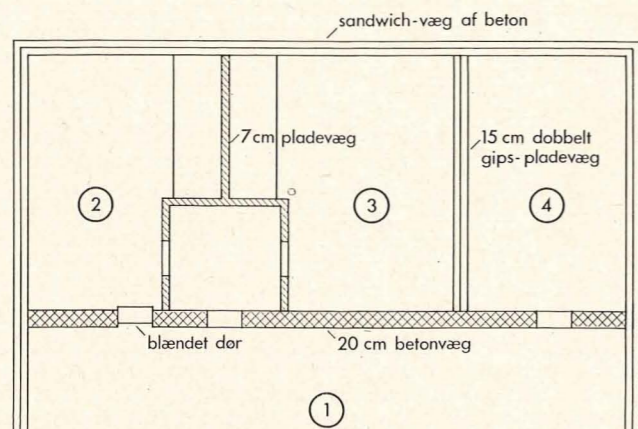


Fig. 7a. Skitse af en del af en bolig. Væggen mellem rum 1 og rummene 2, 3 og 4 er af 20 cm beton. Væggen mellem rummene 3 og 4 er en 15 cm dobbelt gipsvæg opstillet på et gennemgående trægulv. Dørhul mellem rummene 1 og 2 er blændet.

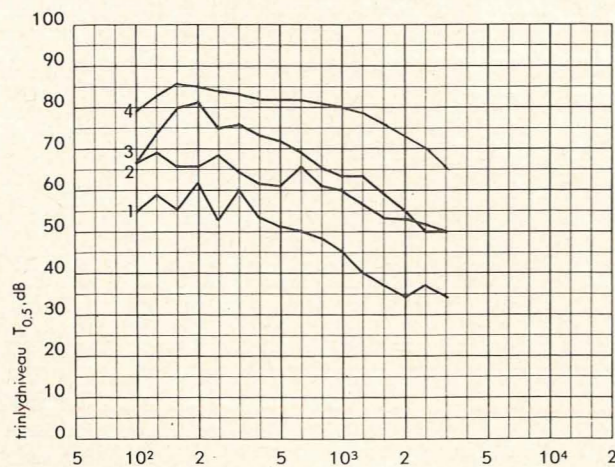


Fig. 7b. Trinlydniveauet som funktion af frekvensen ved horisontal transmission.
 Kurve 1: Senderum 1, modtagerum 3.
 Kurve 2: Senderum 1, modtagerum 2.
 Kurve 3: Senderum 4, modtagerum 3.
 Kurve 4: Senderum 4, modtagerum 4.

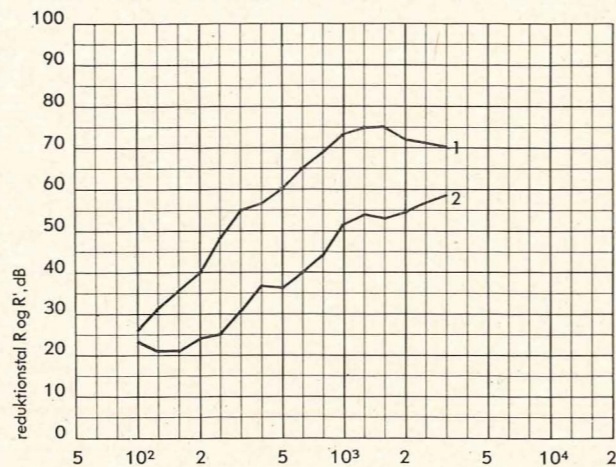


Fig. 7c. Reduktionstallet R og R' som funktion af frekvensen.
 Kurve 1: Let dobbeltvæg målt i laboratorium. $R_m=57$ dB.
 Kurve 2: Let dobbeltvæg målt i bygningen 7 a mellem rum 3 og 4. $R'_m=39$ dB.

givet skønnede eller kendte middelreduktionstal R_m . For to søjlers vedkommende er anført spørgsmålstegn, hvormed der udtrykkes en usikkerhed med hensyn til disse vægges reduktionstal. I to tilfælde er angivet to værdier, der betegner den øvre og nedre værdi af reduktionstallene for de forskellige vægkonstruktioner, som er medtaget i de pågældende grupper.

I figurerne 4 og 5 er vist reduktionstallet fra laboratorium og fra praksis som funktion af frekvensen for henholdsvis en 11 cm teglvæg med puds og en 7,5 cm porebetonvæg.

En sammenstilling af samtlige måleresultater baseret på grundlag af middelreduktionstal er foretaget i figur 6, hvor den procentiske fordeling af måleresultaterne er angivet som funktion af reduktionstallet henholdsvis for vægge i række- og parcelhuse, etagehuse samt kontorhuse.

Flankerende bygningsdeles indvirkning på lydisolationen

Flanketransmission inden for boliger knytter sig navnlig til gulve og lette lofter, forudsat de adskillende vægges tilslutninger er udført lydteknisk tilfredsstillende. I alt for mange byggerier er tilslutninger til omgivende bygningsdele set fra et lydteknisk synspunkt udført utilfredsstillende

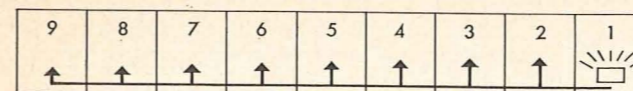


Fig. 8a. Lodret snit i en del af en etage i et kontorhus, hvor lyden fra senderummet transmitteres gennem et svømmende betongulv til naborummene. Væggene mellem rummene er 12 cm gipsvægge, som er opstillet på det svømmende gulv.

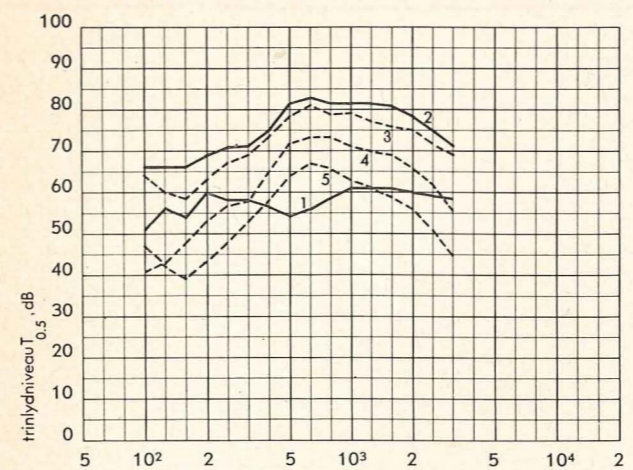


Fig. 8b. Trinlydniveauet som funktion af frekvensen målt i horisontal retning mellem rum 1 og 2.
 Kurve 1: Senderum 1, modtagerum 2 adskilt med en 12 cm let væg opstillet på 18 cm betondæk.
 Kurve 2: Senderum 1, modtagerum 2 adskilt med en 12 cm let væg opstillet på gennemgående, svømmende gulv.
 Kurve 3-5: Senderum 1, modtagerum i henholdsvis rum 3, 6 og 9. Adskillende lette, 12 cm tykke vægge opstillet på gennemgående, svømmende gulv.

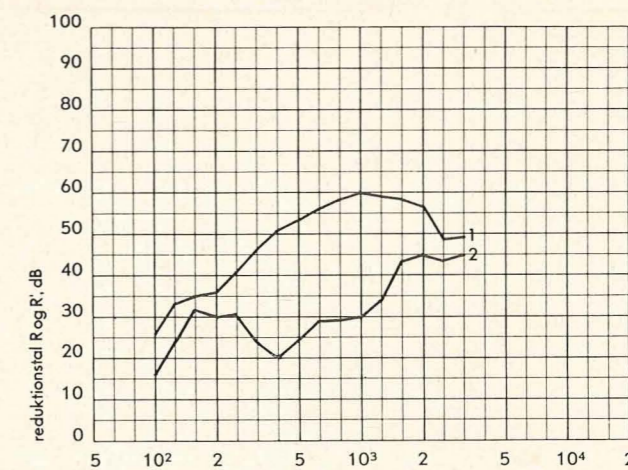


Fig. 8c. Reduktionstallet R og R' som funktion af frekvensen.
 Kurve 1: Let væg målt i laboratorium. $R_m=48$ dB.
 Kurve 2: Let væg målt i bygning mellem rum 1 og 2 på gennemgående, svømmende gulv. $R'_m=31$ dB.

både med hensyn til konstruktions- og arbejdsudførelse. Det har kun i få tilfælde været muligt at påvise de vigtigste transmissionsveje gennem omgivende bygningsdele, fordi transmission gennem utætte samlinger i de fleste tilfælde enten er bestemmende eller i væsentlig grad medbestemmende for den resulterende lydisolation.

I mange tilfælde vil lydtransmissionen gennem gulvfladen være en af de betydeligste transmissionsveje, fordi der ad denne sker en betydelig transmission af bygningslyd. Det gælder ikke blot trinlyd, men også fra lydkilder, der traditionelt anses for kun at udsende luftlyd – radioer, fjernsyn, båndoptagere, visse musikinstrumenter m. fl. – udsender en væsentlig del af lydenergien som bygningslyd, hvis de ikke er opstillet på specielt underlag.

Ved gennemgående gulvflader bestående af trægulve på strøer og af betonplader på blødt underlag kan lydtransmissionen af bygningslyd betyde, at der end ikke kan opnås en rimelig lydisolation mellem to rum med et eller flere mellemliggende rum.

I figur 7 er vist en planskitse af en del af en bolig, samt resultater af luft- og trinlydmålinger mellem nogle af boligens rum. Gulvbelægningen består af trægulv på strøer, og gulvbe-

lægningen er sandsynligvis delvis sammenhængende gennem dørhullerne. Desuden er gulvbelægningen gennemgående under væggen mellem rum 3 og 4, hvor strøerne ligger vinkelret på væggen. Væggen mellem rummene 2, 3 og 4 og rum 1 har et reduktionstal R_m på væsentlig over 50 dB. Væggen mellem rummene 1 og 2 er blændet ved en udførelse, som er lydteknisk korrekt. I figurerne 7b og 7c er vist resultater fra målinger af henholdsvis trinlydniveau og luftlydisolation i og mellem rummene.

I figur 8 er vist en skitse af et lodret snit i en del af en etage i et kontorhus, samt resultater af luft- og trinlydmålinger. Gulvbelægningen består af et gennemgående, svømmende betongulv, hvorpå de rumadskillende vægge er opstillet. I figurerne 8b og 8c er vist resultater fra målinger af henholdsvis trinlydniveau og luftlydisolation.

I figur 9 er vist en skitse af et lodret snit i en bolig, samt resultater af luft- og trinlydmålinger. Gulvbelægningen består af trægulv på et bjælkelag over en krybekælder med en højde på ca. 1 meter. Afstanden mellem sender- og modtagerum, rum 5, er ca. 12 meter. I figur 9b er vist resultater fra målinger af henholdsvis trinlydniveau og luftlydisolation.

Kommentarer

Middelreduktionstal

Sammenlignes reduktionstallene R_m fra figur 3 med middelreduktionstallet 44 dB svarende til kurve 1, figur 1, viser det sig, at kun enkelte af de anvendte indervægge kan opfylde de foreslåede specifikationer. Sammenlignes de målte reduktionstal R'_m i figur 3 med middelreduktionstallet 40 dB svarende til det østrigske krav, som gælder for målinger i bygninger, bemærkes det, at kun få af de målte vægge kan opfylde dette krav.

Resultaterne i figur 3 for diverse vægge med skabe omfatter næsten alle typer af de i figurerne angivne vægge helt eller delvis tildækket med skabspartier, men der findes også egentlige skabsvægge, bestående af to sæt skabspartier opsat ryg mod ryg, i enkelte tilfælde endog uden bagklædning i skabene. Ved målinger af vægge med skabspartier var alle skabsdøre omhyggeligt lukket.

Vægge med dørpartier giver ret varierende resultater. Det må dog tilføjes, at der ikke i almindelighed er udført målinger i boliger. En væsentlig del af resultaterne er fra kontorhuse og institutionsbyggerier, hvor der i nogle tilfælde er anvendt lydteknisk set meget gode døre, hvilket også fremgår af resultaterne. I almindelighed

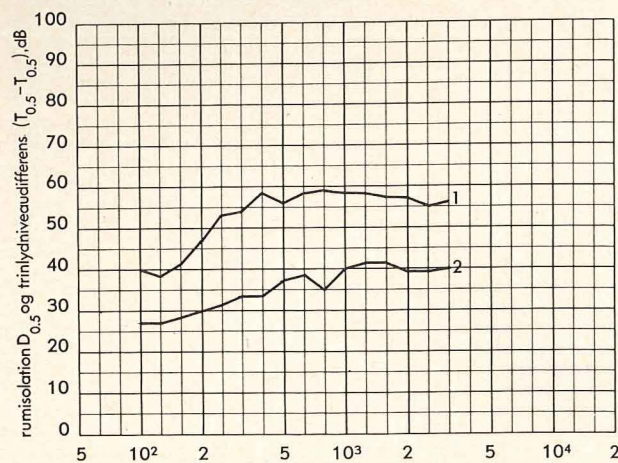
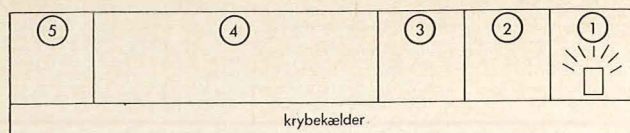


Fig. 9a. Lodret snit i en bolig. Væggene mellem de enkelte rum er lette med reduktionstal på ca. 28 dB, og væggene er opstillet på et gennemgående trægulv.

Fig. 9b. Rumisolationen og trinlydniveaudifferensen som funktion af frekvensen målt mellem rum 1 og rum 5.
Kurve 1: Rumisolationen. $D_{0,5} = 53$ dB.
Kurve 2: Differensen mellem trinlydniveauet målt i rum 1 og rum 5.

må det påregnes, at resultaterne for vægge i boliger ligger mellem den angivne middelværdi og laveste værdi.

De ikke specificerede enkelt- og dobbeltvægge i figur 3 omfatter en række forskellige vægge, hvis øvre og nedre grænse for reduktionstal er som angivet i figuren. Resultaterne fra praksis og laboratorium svarer ikke særlig godt sammen; især for de bedste enkeltvægge er overensstemmelsen mellem resultaterne fra bygnings- og laboratoriemålinger dårlig, hvilket først og fremmest skyldes transmission gennem omgivende bygningsdele.

Måleresultaternes procentiske fordeling efter størrelse

I parcel- eller rækkehuse har ca. 50 % af de målte vægge et reduktionstal R'_m på 35 dB eller derover, mindre end 10 % 40 dB og derover. I kontorhus- og institutionsbyggeri har ca. 50 % af de målte vægge reduktionstal R'_m på 36 dB og derover, mindre end 10 % 48 dB og derover. I boliger i etagebyggeri har ca. 50 % af de målte vægge reduktionstal R'_m på 42 dB og derover, mindre end 10 % 46 dB og derover. Resultaterne for lydisolering i etageboligbyggeri bygger på et relativt lille antal målinger, men resultaterne stemmer ganske godt overens med en subjektiv vurde-

ring af lydisoleringen i etageboliger i relation til parcel- og rækkehusboliger.

Resultaterne i figur 3 for vægge af 5 cm slaggeplader med puds, 3 lag forskallingsbrædder med rørvæv og puds, samt delvis 11 cm tegl med puds, synes ikke at afkræfte et ofte fremsat postulat om, at lydisoleringen i nyere parcelhuse er dårligere end i ældre, traditionelt byggede huse.

Vægge anvendt i kontorhus- og institutionsbyggeri udgør lydteknisk set en meget inhomogen gruppe, hvor de bedste resultater er opnået med akustisk set vel udførte dobbeltvægge og de dårligste resultater med enkeltvægge udført af elementer, hvis indbyrdes samlinger og tilslutninger til omgivende bygningsdele er af en akustisk set meget ringe kvalitet. Det er ikke ualmindeligt at se kontorvægge, for hvilke der i praksis opnås meget lave reduktionstal R'_m , medens der fra fabrikanten foreligger måleattester, som viser, at væggen har et meget højt reduktionstal R_m . Der forekommer tilfælde, hvor differensen $R_m - R'_m$ er omkring 20 dB.

Reduktionstallet som funktion af frekvensen

En sammenligning mellem reduktionstallene R og R' som funktion af frekvensen burde efter teorien føre

til, at reduktionstallet R udgør den øvre grænse for reduktionstallet R' . Ved lave frekvenser kan der ventes nogen uoverensstemmelse, fordi reduktionstallet R ved lave frekvenser ikke kan siges at være helt uafhængig af afprøvningsbetingelserne. Resultaterne i figur 4 viser, at denne antagelse i det store og hele er rigtig for 11 cm teglvægge, derimod viser resultaterne i figur 5 for 7,5 cm porebetonvægge, at antagelsen passer relativt dårligt for denne vægtype. Årsagen hertil er utvivlsomt, at der for porebetonvægge og andre tilsvarende lette vægge ikke er nogen god overensstemmelse mellem opsætningsbetingelser i praksis og laboratorium. Ved opsætning i laboratoriet opnår væggen formentlig en større stivhed end ved de fleste opsætninger i praksis, det gælder især ved opsætning af vægge i parcelhuse.

Flanketransmission gennem gulve

Flanketransmission via gennemgående gulve er i flere tilfælde årsag til, at lydteknisk set gode vægge ved måling i praksis giver relativt dårlige resultater. Det i figur 7c viste reduktionstal, der stort set svarer til rumisolationen giver imidlertid næppe det rigtige billede af lydisoleringen mellem de i figur 7a viste rum 3 og 4. Ved en subjektiv bedømmelse synes lydisoleringen mellem rum 3 og 4 nærmere at svare til differensen mellem trinlydniveauet i rum 4 og 3, d. v. s. differensen mellem kurve 4 og 3 i figur 7b. Den ved kurverne 2 i henholdsvis figur 7c og 8c angivne lydisolering må derfor opfattes som den største luftlydisolation, der kan forventes ved opsætning af lette vægge på de nævnte gulve. Erfaringer fra de boliger, hvorfra resultaterne i figur 9 er hentet, bekræfter denne opfattelse, idet isolationen mellem de i figur 9a viste sende- og modtagerum mere svarer til differensen mellem trinlydniveauerne end til rumisolationen.

I et gennemgående, svømmende gulv transmitteres trinlyden næsten udæmpet til de nærmeste rum. I figur 8b ses, hvorledes niveauet i endog meget fjerntliggende lokaler er højere, end det forlanges mellem boliger. Sammenligningen kan virke irrelevant, men ofte anvendes svømmende gulve, fordi der med denne gulvbelægning

kan opnås et trinlydniveau i de underliggende rum, som er betydelig lavere, end de i bygningsreglementet stillede krav til isoleringen mod trinlyd i boliger.

Resultaterne for svømmende træ- og betongulve gælder ikke for svømmende asfaltgulve. I mange tilfælde kan det lade sig gøre at erstatte det bløde materiale under den adskillende væg med pulverasfalt, uden at de derved frembragte lydbroer er ødelæggende for isoleringen mod trinlyd.

Transmission via gennemgående lofter er ikke som gulve udsat for en formindskelse af lydisolationssevnen på grund af bygningslydtransmission. Det kan derfor antages, at lydtransmissionen via et let, gennemgående loft ikke i væsentlig grad gør sig gældende for vægge med reduktionstal under ca. 40 dB.

Konklusion

Der kan på grundlag af de udførte målinger og deres resultater udtrages følgende:

Trægulve på strøer eller svømmende betongulve bør ikke udføres sammenhængende over flere rum.

Reduktionstallet R_m for vægge opstillet på sammenhængende, svøm-

mende træ- eller tynde betongulve kan ikke med fordel vælges over ca. 35 dB.

Indervægges lydisolering er i almindelighed væsentlig ringere end svarende til det i figur 1 viste forslag til minimumslydisolation.

Ca. 90 % af samtlige målte inder-vægge i boliger, parcelhuse, rækkehuse eller etagehuse har reduktionstal R'_m , som er mindre end 40 dB.

Det er en nødvendig betingelse, at vægges tilslutninger til omgivende bygningsdele og at eventuelle elementers indbyrdes samlinger udføres helt tætte, for at der kan opnås en luftlydisolation, som svarer til reduktionstallet R .

Litteraturliste:

1. Georg Christensen og Klaus Blach: Udvikling og vurdering af ny byggevarer. SBI - Særtryk 171. (Byggeindustrien nr. 7 og 8, 1967).
2. SBI-rapport 64: Lydisolation mellem rækkehuse og lignende bebyggelser. 1970.
3. KBS-anvisning nr. 10: Normer för Kontorsbyggnader.
4. Jørgen Kristensen: Skillevægges luftlydisolation. SBI - Særtryk 195. (Byggeindustrien 18/69).

5. Jørgen Kristensen: Lette indvendige skillevægge. SBI - Særtryk 194. (Byggeindustrien 16/69).

Summary

The article deals with an investigation of sound insulation of partitions. Measurements were carried out in apartments, one-family houses and terrace houses and also in office buildings. The results show that in general the sound insulation is substantially lower than that corresponding to proposals made for the sound insulation of partitions evaluated as a performance specification. The results show that sound insulation in one-family houses and terrace houses is, as a rule, less good than in apartments, that wooden floors on joists or floating concrete floors should not be made as continuous floors covering a number of rooms, that the sound level index measured in the laboratory for partitions erected on continuous, floating floors of wood or concrete cannot advantageously be chosen higher than about 35 dB, and that this is a necessary condition to make the connections between partitions and the enclosing construction members and the joints of partition panels completely tight to obtain an insulation against air-borne sound corresponding to the sound level index.