

## BYGGFORSKNINGEN

---

Särtryck 15:1963

1. Rumsisolering mot luftljud i bostadshus

av *Tor Kihlman*

2. Aktuella stegljudsisoleringsfrågor

av *Per-Henrik Berglund* och *Tor Kihlman*

---

STOCKHOLM 1963

# RUMSISOLERING MOT LUFTLJUD I BOSTADSHUS

Inverkan av flanktransmission och kantanslutningar

*Av tekn. lic. Tor Kihlman*

# RUMSISOLERING MOT LUFTLJUD I BOSTADSHUS

## Inverkan av flanktransmission och kantanslutningar

Av tekn. lic. Tor Kihlman

DK 699.844

### INLEDNING

Vid projekterandet av ett bostadshus eller vilken annan byggnad som helst, där kraven på ljudisolering är höga, måste man beakta att utformningen av bjälklag, lägenhetsskiljande väggar, rumsskiljande väggar, ytterväggar, planlösning, ventilation, rummens storlek m. m. allt är faktorer som har direkt betydelse för isoleringen mellan olika lägenheter. Det går ej att ställa upp en tabell över skiljekonstruktioner som, även om de utförs korrekt, med säkerhet ger tillräcklig isolering mot luftljud.

I denna artikel skall synpunkter ges på den inverkan som husets konstruktion i stort har på ljudisoleringen genom samspelet mellan lägenhetsskiljande och flankerande konstruktioner. Avsikten är att ge en allmän uppfattning om ljudisoleringsstandarderna i olika hustyper samt ange vissa principiella skillnader i ljudtransmissionshänseende hos olika byggnadssätt. Det sistnämnda är speciellt viktigt i samband med en diskussion om hur man vid olika byggnadssätt skall kunna uppnå optimal ljudisolering.

Underlaget utgörs främst av fältundersökningar utförda med anslag från Statens råd för byggnadsforskning. Vissa av dem har tidigare redovisats mera utförligt i [2].

Vid diskussionen av olika byggnadssätt förutsätts i det följande att alla lägenhetsskiljande konstruktioner är helt fria från läckage och vidare förutsätts ventilationssystemen vara så anordnade att de saknar inverkan på ljudisoleringen. Rumsisoleringen mot luftljud bestäms då enbart av de vibrationer som luftljudet i ett rum förmår försätta väggar och bjälklag i och hur dessa vibrationer utbreder sig i byggnaden. Den sålunda erhållna isoleringen är den övre gränsen för vad byggnadssättet i fråga kan ge i den aktuella byggnaden.

### OLIKA LJUDTRANSMISSIONSVÄGAR

Rumsisoleringen mot luftljud,  $D_{10}$ , definieras som

$$D_{10} = L_S - L_M - 10 \log \frac{A_M}{10} \quad (1)$$

Här betyder:

$L_S$  den medelljudtrycksnivå i dB som råder i sändarrummet

$L_M$  den medelljudtrycksnivå i dB som erhålls i mottagarrummet av det ljud som överförs från sändarrum till mottagarrum

$A_M$  mottagarrummets absorption i  $m^2$

$D_{10}$  varierar med frekvensen. Den mäts i steg om  $1/3$  oktav inom frekvensområdet 100—3 150 Hz (16 olika frekvensband). Genom korrektionstermen  $10 \log A_M/10$  hänförs ljudnivåskillnaden mellan rummen till en normalabsorption av  $10 m^2$ .

BABS 1960 [4] ställer vissa krav på  $D_{10}$ . De strängaste kraven gäller för isoleringen mellan bostadsrum i olika lägenheter. Tabell 23:1 krav 1 i BABS 1960. (Det förutsätts i det följande att BABS kravkurvor jämte tillämpningen av dem, speciellt begreppet summa differenser är kända.) Det ställs däremot inga krav på isoleringen inom lägenheterna.

Om det visar sig att en byggnad ej uppfyller ställda krav räcker det ej att känna storleken av  $D_{10}$  för att kunna ange hur ljudisoleringen skall kunna förbättras i det redan byggda huset eller i framtida liknande byggnader. Om endast  $D_{10}$  är känd är man nämligen mer eller mindre hänvisad till gissningar om orsakerna till en mindre god ljudisolering. Åtgärder föranledda av dylika gissningar leder lätt till att kapital ödslas helt i onödan, utan att husets ljudisolering blir bättre. Det är nödvändigt att skaffa en mer detaljerad kunskap om ljudöverföringen.

Ljudisoleringen mellan två rum bestäms ej endast av hur den skiljande konstruktionen är utformad. Även flankerande konstruktioner och andra närbelägna konstruktioner påverkar isoleringen. Denna påverkan beror dels på s. k. flanktransmission, dels på att de flankerande konstruktionerna inverkar på den skiljande konstruktionens isolering. I fig. 1 visas de viktigaste, principiellt olika ljudtransmissionsvägarna mellan två närbelägna rum. Beträktningsättet förutsätter tämligen idealiserade förhållanden.

De via olika transmissionsvägar överförda ljud-effekterna kan i princip skiljas från varandra. Som mått på de olika vägarna införs delisoleringarna  $D_1, D_2, D_3, D_4$ , och allmänt  $D_i$ . Med  $D_1$  förstås då den rumsisolering mot luftljud, som skulle erhållas mellan två rum, om hänsyn endast togs till den ljudeffekt som överfördes via väg 1. Analogt för de andra vägarna. Index 1, 2, 3, 4 och  $i$  åsyftar alltså respektive transmissionsväg och har ej samma innebörd som index 10 i  $D_{10}$ .

$D_{10}$  bestäms av överföringen via samtliga befintliga transmissionsvägar. Följande samband gäller

$$D_{10} = 10 \log \frac{1}{\frac{D_1}{10} + \frac{D_2}{10} + \dots + \frac{D_i}{10} + \dots} \quad (2)$$

Det vore naturligtvis utmärkt om man kunde ställa upp formler för  $D_1, D_2, D_3$  och  $D_4$  och därmed beräkna var och en av dem för varierande tjocklekar och material hos de olika konstruktions-elementen. Tyvärr kan man för närvarande ej kvantitativt tillfredsställande väl uttrycka delisoleringarna i hanterbara formler. Det är därför nödvändigt att än så länge främst sätta sin tillit till praktiska ljudisoleringmätningar och, i de fall det är möjligt, göra jämförelser med uppställda matematiska modeller. Därur kan man ofta få åtminstone en kvalitativ uppfattning om olika faktorer inverkan.

### FAKTORER SOM INVERKAR PÅ DELISOLERINGARNA

Överföringen via transmissionsväg 1 bestäms av den skiljande konstruktionens reduktionstal samt av dess area. Viktiga faktorer är skiljekonstruktionens massa, styvhet samt inre förluster. Reduktionstalet är emellertid ej en konstant storhet för en given typ av skiljekonstruktion. Även kantanslutningarna har för väggar med små inre förluster en inverkan, främst ovanför den s. k. koincidensfrekvensen. En missanpassning (kraftig diskontinuitet) vid kanterna sänker reduktionstalet [1]. Formellt gäller emellertid sambandet

$$D_1 = R + 10 \log \frac{10}{S} \quad (3)$$

där  $R$  är skiljekonstruktionens reduktionstal och  $S$  dess area.

En mångfald faktorer inverkar på överföringen via vägarna 2—4. Väsentligt är (se även [2])

1. Hur stora vibrationer luftljudet på sändarsidan primärt ger upphov till i väggar och bjälklag.

I det rum i vilket ljudkällan befinner sig, försätts väggarna och bjälklagen i vibrationer av

Väg 1: Överföring via den skiljande konstruktionen  
 Väg 2: Överföring via de flankerande konstruktionerna.  
 Väg 3: Överföring från de flankerande till den skiljande konstruktionen  
 Väg 4: Överföring från den skiljande till de flankerande konstruktionerna

Path 1: Transmission via the separating construction  
 Path 2: Transmission via the flanking constructions  
 Path 3: Transmission from the flanking to the separating construction  
 Path 4: Transmission from the separating to the flanking constructions

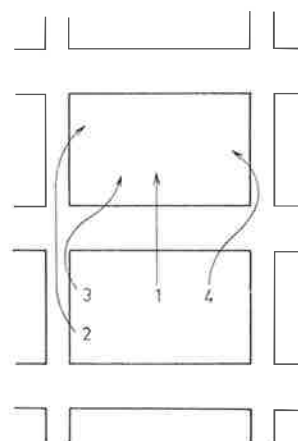


Fig. 1. Olika ljudtransmissionsvägar mellan närläggna rum  
 Fig. 1. Transmission paths between different rooms close to each other

olika slag. Viktigast är höjvsvängningarna. Storleken av dessa sammanhänger nära med respektive konstruktioners reduktionstal för de gällande randvillkoren.

2. Hur vibrationerna utbreder sig i huskroppen.

Svängningarna minskar med avståndet från ljudkällan på grund av reflexioner vid diskontinuiteter, såsom knutpunkter mellan väggar och bjälklag samt inre förluster i byggnadsmaterialet.

För överföringen mellan rum som gränsar till varandra är det huvudsakligen reflexionerna vid diskontinuiteterna som är det för dämpningen avgörande. Denna dämpning beror främst av ingående konstruktioners massa och styvhet samt av hur de är anslutna till varandra. Dämpningen hos en diskontinuitet kan beskrivas genom den skillnad i vibrationsnivå som erhålls på ömse sidor om diskontinuiteten. Denna skillnad beror inte endast av utformningen av diskontinuiteten utan även av de berörda konstruktionernas förluster samt deras anslutningar på övriga sidor.

3. Hur vibrationerna åter utstrålas som luftljud i mottagarrummet.

Ljudutstrålningen från en konstruktion är vid en given frekvens proportionell mot dess svängningshastighet. Olika konstruktioner, vars svängningshastighet är densamma, kan dock utstråla olika mycket ljud. För att en konstruktion skall ha dålig förmåga att utstråla ljud krävs att den är böjsvag. (Jämför användningen av strålningsminskande beklädnad bestående av tunna gipskivor eller liknande monterade på reglar.)

Den totala utstrålade ljudeffekten beror även

av de utstrålade konstruktionernas areor. Ju större area en viss konstruktion har desto mer ljud utstrålas från den och desto lägre blir isoleringen. Det är svårare att uppfylla ljudisoleringskraven mellan stora rum än mellan små. På grund av flanktransmissionen gäller detta ej endast skiljekonstruktionens area, utan även de flankerande konstruktionernas areor.

Ovannämnda faktorer kan ej varieras oberoende av varandra.

#### UNDERSÖKNINGARNAS OMFATTNING, ANVÄND FÖRSÖKSMETODIK

Ett 10-tal olika bostadshus har under de sista åren studerats tämligen ingående. För att få en god uppfattning om ljudisoleringsstandarden i de undersökta husen har rumsisoleringen mot luftljud,  $D_{10}$ , uppmätts för 20—50 objekt i varje byggnad. I de flesta husen har dessutom ett drygt 10-tal av objekten studerats mera ingående, för att så vitt möjligt kunna fastställa de olika ljudtransmissionsvägarnas relativa betydelse. Dessa mätningar har normalt bestått i att i mottagarrummen samtliga väggars och bjälklags vibrationer uppmätts. Därur kan utstrålningen från de olika väggarna och bjälklagen ganska väl beräknas utom för de allra lägsta och högsta frekvenserna. För en mer utförlig beskrivning av försöksmetodiken hänvisas till [2].

Vid vibrationsmätningarna får man reda på ljudutstrålningen från t. ex. den skiljande konstruktionen. Detta ger den sammanlagda inverkan av  $D_1$  och  $D_3$ . För att kunna separera  $D_1$  och  $D_3$  från varandra måste en av transmissionsvägarna avskärmas. Transmissionsväg 1 kan t. ex. avskärmas med en konstruktion av gipsskivor på regler monterad framför skiljekonstruktionen i sändarrummet. En förnyad vibrationsmätning ger en god uppfattning om storleken av enbart  $D_3$ . Dylika försök med avskärmningar har gjorts i flera av de undersökta husen.

#### RESULTAT

Med naturnödvändighet uppvisar olika objekt av till synes samma slag i en och samma byggnad något varierande isoleringsvärden. Det går därför ej att dra en skarp gräns mellan byggnadssätt som uppfyller ett visst krav och sådana som ej gör det. Mätresultaten visar att åtskilliga av de byggnadssätt som för närvarande förekommer bör förbättras i ljudisoleringshänseende.

I byggnader där de lägenhetsskiljande konstruktionerna endast utgörs av homogena enkelväggar och s. k. tunna betongbjälklag utan flytande golv uppfylls oftast ej krav 1 för rumsisolering mot luft-

ljud enligt BABS 1960 av samtliga mätobjekt. Flera av de undersökta byggnaderna var visserligen projekterade och godkända medan BABS 1950 var i kraft, men åtskilliga av de använda konstruktionerna förekommer fortfarande oförändrade.

De underskridanden av BABS krav som konstaterats är i allmänhet tämligen måttliga. Men mätresultaten visar att man måste iaktta mycken omsorg vid såväl projekterandet som utförandet av ett bostadshus. Lägenhetsskiljande konstruktioner av 20 cm massiv platsgjuten betong är ej någon garanti för att en byggnad kommer att uppfylla kraven på rumsisolering mot luftljud mellan bostadsrum i olika lägenheter. Med en väl vald kombination av väggar och bjälklag kan man emellertid ernå högre isolering än BABS 1960 föreskriver med avsevärt mindre betongtjocklek än 20 cm.

Genom en lämpligt utformad planlösning kan man i många fall placera sekundärutrymmen mot angränsande lägenhet i horisontalled och dessutom få måttligt stora transmissionsytor hos lägenhetsskiljande väggar. Mellan ovanför varandra belägna rum står inte dessa medel till buds. De största svårigheterna att uppfylla kraven i BABS 1960 uppstår därför i allmänhet mellan ovanför varandra belägna lägenheter. Speciellt markerat blir problemet mellan ovanför varandra belägna ordinära vardagsrum. Redan vid den normala golvytan på 20 m<sup>2</sup> uppstår problem att uppfylla luftljudsisoleringskraven. I de fall planlösningen gjorts sådan att dörr saknas mellan vardagsrum och tambur och man därigenom fått ytterligare några m<sup>2</sup> större lägenhetsskiljande konstruktion och dessutom fler flankerande väggytor uppfyller de undersökta byggnaderna i allmänhet inte kravet på rumsisolering mot luftljud mellan ovanför varandra belägna vardagsrum.

Mellan ovanför varandra belägna mindre rum av storleksordningen 10 m<sup>2</sup> golvyta är svårigheterna att uppfylla kraven mindre. För dylika mätobjekt gäller i allmänhet att ljudisoleringskraven är uppfyllda. Uppmätta isoleringskurvor ger i allmänhet några få dB i differenssumma.

Otillräcklig luftljudsisolering har konstaterats såväl i vissa byggnader med lätta rums mellanväggar som i sådana med huvudsakligen tunga platsgjutna mellanväggar. I fråga om de mot de olika transmissionsvägarna svarande delisoleringarna är emellertid olika hustyper ganska olika varandra. Om man eftersträvar förhöjd ljudisolering krävs det olika åtgärder i hus med stora ytor lätta rums mellanväggar och hus med huvudsakligen betong mellanväggar.

## BYGGNADER MED STORA YTOR. LÄTTA, ICKE BÄRANDE RUMSSKILJANDE VÄGGAR

Fig. 2 visar hur rumsisoleringen mot luftljud mellan ovanför varandra belägna rum i en av de undersökta byggnaderna beror av strålningsminskande beklädnad på väggarna. De flankerande lättbetongväggarna bidrar alltså avsevärt till ljudöverföringen, om ej utstrålningen från dem minskas. Detta framgår också av delisoleringarna för ljudutstrålningen från bjälklag och väggar (fig. 3).

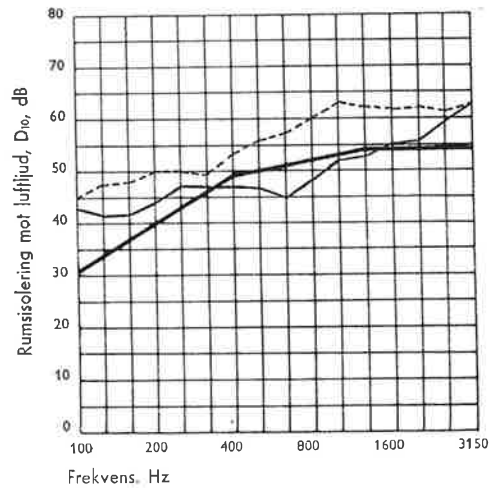
Fig. 3 gäller för byggnaden i sitt normala utförande utan strålningsminskande beklädnad på väggarna. Flanktransmissionen bestämmer nästan helt ljudisoleringen mellan rummen i vertikal led. Sammanfattningsvis gäller följande: Ljudtransmissionsväg 2 är helt dominerande inom större delen av det aktuella frekvensområdet. Då väggarna i sändarrummet förses med strålningsminskande beklädnad minskar dessutom bjälklagets vibrationer så mycket att man kan sluta sig till att väg 3 överför mer ljud än väg 1. Direkttransmissionen, väg 1, är alltså den som har minst betydelse.

Dessa och andra mätningar visar att i hus med stora ytor av lätta rumsskiljande väggar är det flanktransmissionen som är det stora problemet för isoleringen mellan ovanför varandra belägna rum. Om flanktransmissionen helt förhindras bestäms isoleringen av väg 1. Med en lägenhetsskiljande enkelkonstruktion av 15 cm betong erhålls då i en sådan byggnad en luftljudisolering som med marginal uppfyller krav 1 i BABS 60.

För att verkligen utnyttja den goda isolering som skiljebjälklaget har måste rumsmellanväggarna utformas så att flanktransmissionen blir starkt reducerad. För att få ringa flanktransmission från lätta mellanväggar finns följande principiella möjligheter:

1. Att använda väggar av typ lättbetongplank men minska vibrationsutbredningen genom att isolera mellanväggarna från byggnadsstommen
2. Att använda väggar med så gynnsamma egenskaper att de även normalt monterade ger ringa flanktransmission på grund av dålig ljudutstrålning förmåga eller hög dämpning vid övergången mellan väggar och bjälklag eller en kombination av båda egenskaperna.

Försök har gjorts att på olika sätt realisera dessa alternativ. Tidigare erfarenhet hade visat att mellanlägg av kork, korksmulepapp och liknande ej är särskilt effektiva för att minska flanktransmissionen via lättbetongplank. I en försöksmodell (jämför [3]), bestående av ett »16 cm bjälklag» och till detta anslutna mellanväggsselement undersöktes

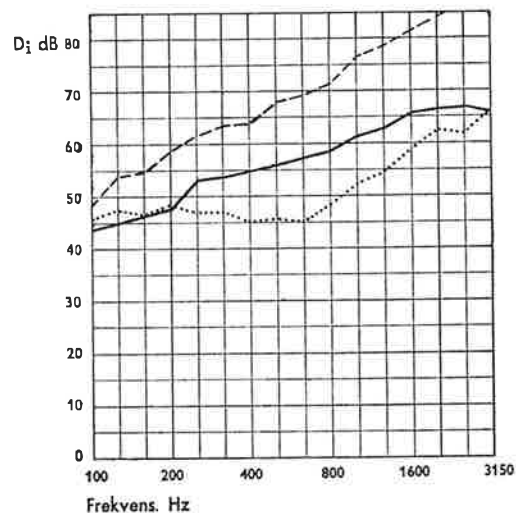


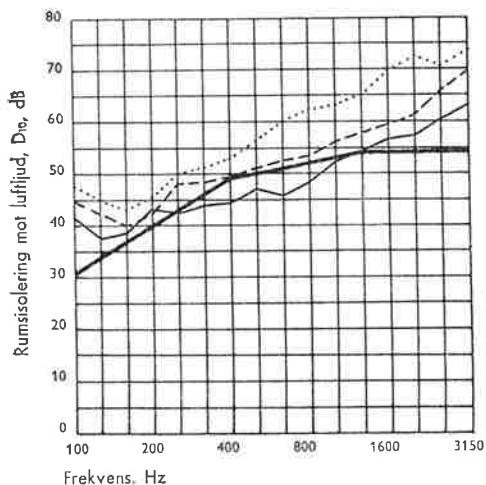
Ovan: Fig. 2. Rumsisoleringen mot luftljud mellan ovanför varandra belägna rum i ett bostadshus. Golvarean är ca 11 m<sup>2</sup>. Bjälklaget består av 18 cm platsgjuten betong och ovanpå detta 5 cm Tretong. Den i vertikal led bärande konstruktionen utgörs av betongpelare. Samliga väggar i de aktuella rummen utgörs av 7 cm lättbetongplank, som på normalt sätt inspänns mellan bjälklagen. Den totala arean av lättbetongplank är ca 28 m<sup>2</sup> i varje rum. Helt dragen kurva visar isoleringen med rummen normalt utförda. Streckad kurva visar isoleringen, när lättbetongväggarna förses med en beklädnad av gipsskivor på reglar, varigenom utstrålningen från dem kraftigt minskats [2]. I detta diagram liksom i flera av de följande har även angett kravkurvan enligt [4]

Above: Fig. 2. Normalized sound pressure level difference (eq. 1 in text) between rooms above each other in a dwelling house. The floor area is about 11 m<sup>2</sup>. The floor slabs are of 18 cm in situ concrete with a 5 cm topping of "Tretong". The vertical load-bearing construction consists of concrete columns. All walls in the rooms in question were of 7 cm light-weight concrete planks which were fixed to the floor slabs in the normal way. The total area of light-weight concrete in each room was about 28 m<sup>2</sup>. The solid line shows the insulation of the building in its original condition. The broken line shows the insulation after the light-weight concrete wall has been complemented with a covering of gypsum board on laths, through which the sound radiation from them has been greatly reduced [2]. In this figure as in many others of the following the grading curve after [4] has been shown

Nedan: Fig. 3. Isoleringen mot luftljud mellan ovanför varandra belägna rum för samma objekt som redovisats i fig. 2. Här är isoleringen uppdelad på olika utstrålning ytor och gäller byggnaden i dess normala utförande. Helt dragen kurva: skiljande bjälklag. Streckad kurva: det andra bjälklaget (»bakre bjälklag»). Prickad kurva: samtliga väggar (alla av lättbetong) [2]

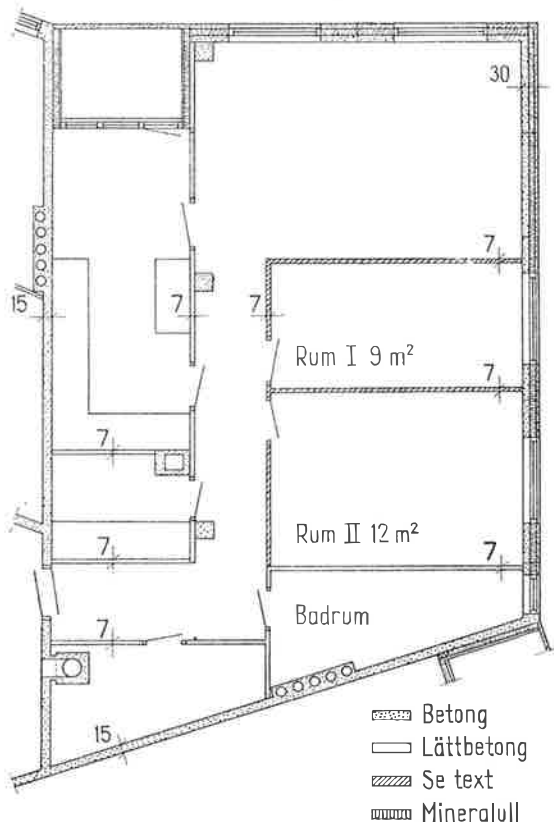
Below: Fig. 3. Insulation against air-borne sound between rooms situated in vertical contiguity for the same object as shown in fig. 2. Here the insulation is split up in parts representing the radiation from different surfaces and is for the building in its normal manner. Solid line: floor slab separating dwellings. Broken line: the other floor slab ("rear slab"). Dotted line: all walls (all of light-weight concrete) [2]





Ovan och nedan: Fig. 4 a och b. Rumsisolering mot luftljud mellan ovanför varandra belägna rum i ett bostadshus. Rum I i planritningen. De prefabricerade bjälklagen är 22 cm tjocka och försedda med cylindriska ursparingar. Vikten är ca 400 kg/m<sup>2</sup>. Någon golvbeläggning var vid mätningarna inte inlagd i lägenheterna. Den i vertikal led bärande konstruktionen utgörs dels av pelare och balkar dels av lägenhetsskiljande väggelement av som regel 15 cm betong, dels av fasadelementens inre 12 cm tjocka betongskiva. De med streckskräfering markerade väggarna gavs följande olika utföranden. Hel-dragen kurva: 7 cm lättbetongplank limmade i ovankant och sidled samt uppkilade och undergjutna i underkant. Streckad kurva: 7 cm lättbetongplank tämligen löst pressade mot taket i U-formade plåtskenor med 5 cm mineralull, limmade i sidled samt undergjutna. Prickad kurva: väggar av mineralullsskivor och hyvelspån enligt beskrivning i texten. Plan i skala 1:125

Above and below: Fig. 4 a and b. Normalised sound pressure level difference between rooms situated in vertical contiguity in a dwelling house. Room I on plan. The pre-fabricated floor slabs are 22 cm thick and are equipped with cylindrical holes. The weight is 400 kg/m<sup>2</sup>. No floor covering had been laid in the dwellings. The vertical load-bearing construction is made up of columns and beams, walls separating dwellings of, as a rule, 15 cm concrete and by the inner skin of the facing units which is of 12 cm concrete. The shaded walls were of the following different constructions. Solid line: 7 cm light-weight concrete planks glued along the top edge and sides and wedged and grouted along the base. Broken line: 7 cm light-weight concrete planks fairly lightly pressed against the soffit in a U-section steel channel with 5 cm mineral wool, glued at sides and grouted at base. Dotted line: walls of mineral wool boards and wood shavings. Plan in scale 1:125



andra typer av vibrationsisoleringar. Den bästa av de provade utgjordes av en U-formad plåtskena med mineralull i, i vilken lättbetongplanken monterades. Denna konstruktion provades därför i en byggnad där den jämfördes med på ordinarie sätt fast monterade lättbetongplank. Den aktuella byggnadens bjälklag har en tämligen speciell utformning. De är försedda med ursparingar och är därför förhållandevis lätta. Detta gör att flanktransmissionsproblemet blir accentuerat. I byggnaden provades även mellanväggar uppbyggda av helt andra material. En typ bestod av 13 mm hårdpressade mineralullsskivor på ömse sidor om en gles fyllning av tvärställda hyvelspån. Väggens totala tjocklek var ca 7 cm. Dessa väggar tillverkades i ca 1 m breda element och monterades på ungefär samma sätt som lättbetongplank; de klistrades i ovankant och kilades upp i underkant. Någon undergjutning förekom normalt inte, men särskilda prov har visat att detta förhållande ej nämnvärt kan ha påverkat resultatet.

Rumsisoleringen mot luftljud mellan ovanför varandra belägna rum studerades.

Resultatet framgår av fig. 4. Förhållandena i de tämligen små rummen (rum I) är särskilt gynnsamma tack vare att samtliga rumsmellanväggar har kunnat varieras. I de större rummen utgjordes hela tiden en vägg av 7 cm lättbetongplank fast monterade i såväl ovan- som underkant. Renodlade jämförelser försvåras därför och resultaten blev ej heller lika entydiga där. Ytterligare mätningar visade att isoleringen ej allvarligt påverkades av att lättbetongplankväggarna i sidled var fast förenade med varandra och med ytterväggarna. Att plåtskenan har möjlighet att åstadkomma en så god förbättring av rumsisoleringen mot luftljud beror på att transmissionsväg 2 klart dominerar över vägarna 3 och 4, när väggarna är fast anslutna till bjälklagen. Fler praktiska prov med lättbetongplank monterade på detta sätt är synnerligen önskvärda.

Ett mycket intressant resultat av undersökningen är den höga ljudisolering som erhållits när samtliga väggar utgörs av »mineralullsskiveväggar». Detta visar att flanktransmissionen via de använda mellanväggarna är mycket låg. Isoleringen närmar sig vad transmissionsväg 1 ensam bör ge upphov till i ett sådant hus.

De i fig. 4 redovisade mätningarna är alla utförda mellan samma lägenheter i en och samma byggnad. De olika kurvorna är medelvärden av vardera två objekt. För att erhålla en ytterligare verifikation av de gynnsamma resultaten med väggar uppbyggda av mineralull och hyvelspån utfördes flera mätningar

på andra ställen i en likadan byggnad (fig. 5). Att isoleringen ej blir högre mellan de ovanför varandra belägna större rummen beror på att väggen mot badrummen utgörs av fast monterade lättbetongplank.

Mätningar utfördes även sedan bjälklagen hade kompletterats med flytande golv bestående av parkett lagda i sand ovanpå ett fjädrande underlag av två lag Peripac. Det flytande golvet försvagar ytterligare transmissionsväg 1 och tack vare den ringa flanktransmissionen steg därför isoleringen ytterligare.

De gynnsamma resultaten med denna typ av mellanväggar har flera orsaker, vilka skall något beröras. En jämförelse av lättbetongväggen och mineralullskiveväggen visar följande. Lättbetongväggens vikt är drygt 40 kg/m<sup>2</sup> medan den andra väggen väger något mindre än 20 kg/m<sup>2</sup>. De inre förlusterna är 1—2 % respektive ca 5 %. Lättbetongväggen har större statisk böjstyvhet än mineralullskiveväggen. På grund av mineralullskiveväggens sandwichkonstruktion torde böjsvängningarna i den vid högre frekvenser få en annan karaktär än om väggen varit homogen. Detta medför en ytterligare något sänkt böjstyvhet [5].

Tidigare har nämnts att en väggs flanktransmissionsegenskaper beror av dess reduktionstal samt av den nivåskillnad som erhålls för böjvågorna i väggen på ömse sidor om bjälklaget. Väggens reduktionstal bestäms bl. a. av dess ytvikt och inre förluster. Lättbetongväggens högre ytvikt kompenseras i viss mån av den andra väggens större förluster, varför skillnaden i reduktionstal ej är särskilt stor. Skillnaden i vibrationsnivå på ömse sidor om bjälklaget är emellertid väsentligt större för mineralullskiveväggen än för lättbetongväggen. Detta beror dels på den lägre böjstyvheten dels på de högre förlusterna. Den lägre böjstyvheten medför att en mindre del av energin i böjvågen transmitteras från väggen i sändarrummet över till väggen i mottagarrummet. Vibrationsnivån hos väggen i mottagarrummet bestäms emellertid ej endast av hur mycket energi som tillförs utan även av hur denna energi åter bortförs. Det byggs upp ett efterklangsfält i väggen. Ju sämre energin bortförs desto högre blir vibrationsnivån och följaktligen desto mer ljud strålar ut. Mineralullskiveväggens inre förluster gör att dess efterklangstid blir förhållandevis kort, vilket är en fördel.

Inverkan av efterklangsfältets storlek på flanktransmissionen har studerats i den modell som tidigare omnämnts. Till modellbjälklaget anslöts två lättbetongskivor, en på vardera sidan. Lättbetong-

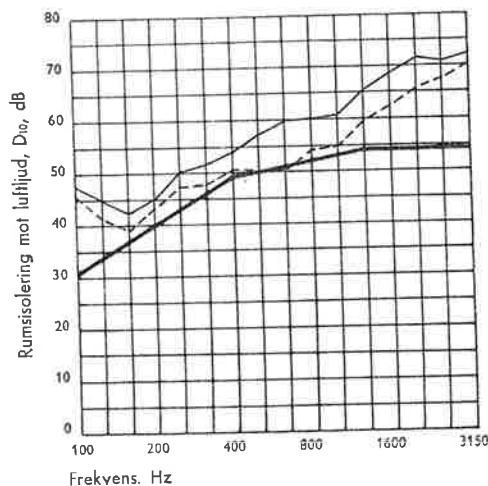


Fig. 5. Rumsisolering mot luftljud mellan ovanför varandra belägna rum i ett bostadshus enligt beskrivningen i fig. 4. De med streckskräfer markerade mellanväggarna är utförda av mineralullskivor och en fyllning av hyvelspån. Väggen mot badrummet är utförd av 7 cm lättbetongplank fast monterad. Heldragen kurva: rum I medelvärde av 10 objekt. Streckad kurva: rum II medelvärde av 10 objekt. Standardavvikelse 1—2 dB utom för de allra lägsta frekvenserna

Fig. 5. Normalized sound pressure level difference between vertically contiguous dwellings in a dwelling house as described in fig. 4. The shaded partition walls are of mineral wool boards with a filling of wood shavings. The wall against the bathroom is of 7 cm light-weight concrete plank rigidly fixed. Solid line: room I being the mean value of 10 objects. Broken line: room II being the mean value of 10 objects. Standard deviation 1—2 dB except for the very lowest frequencies

skivorna var inspända mellan modellbjälklaget och väggarna i laboratorierummet. Den ena skivan exciterades med en vibrator och vibrationsnivåskillnaden mellan sändar- och mottagarsida mättes. Mottagarsidans lättbetongskiva dämpades därefter med sand närmast väggen i laboratorierummet. Dess efterklangstid förkortades då avsevärt. Vibrationsnivåskillnaden steg genomsnittligt 7 dB i frekvensområdet 100—3 150 Hz.

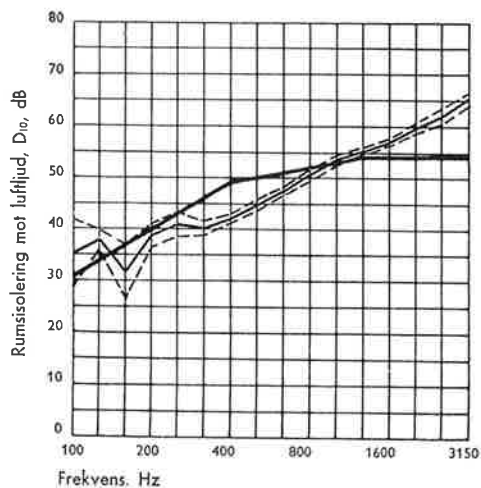
Här skall till sist tilläggas att ökade förluster hos en vägg även medför att dess utstrålningsförmåga för fria svängningar under koincidensfrekvensen ökar, vilket ju är en nackdel. För mineralullskiveväggens del kompenseras dock denna nackdel väl av övriga faktorer.

#### BYGGNADER MED FLERTALET RUMSSKILJANDE VÄGGAR AV BÄRANDE BETONG

Åtskilliga moderna bostadshus kan karaktäriseras av att så gott som samtliga väggar, såväl lägenhets-skiljande som rumsskiljande, består av platsgjuten betong utan puts med en normal tjocklek av 15 cm. Bjälklagen består vanligen av 16 cm betong eller något mer och där ovanpå en tunn beläggning. Även denna byggnadstyp har studerats.

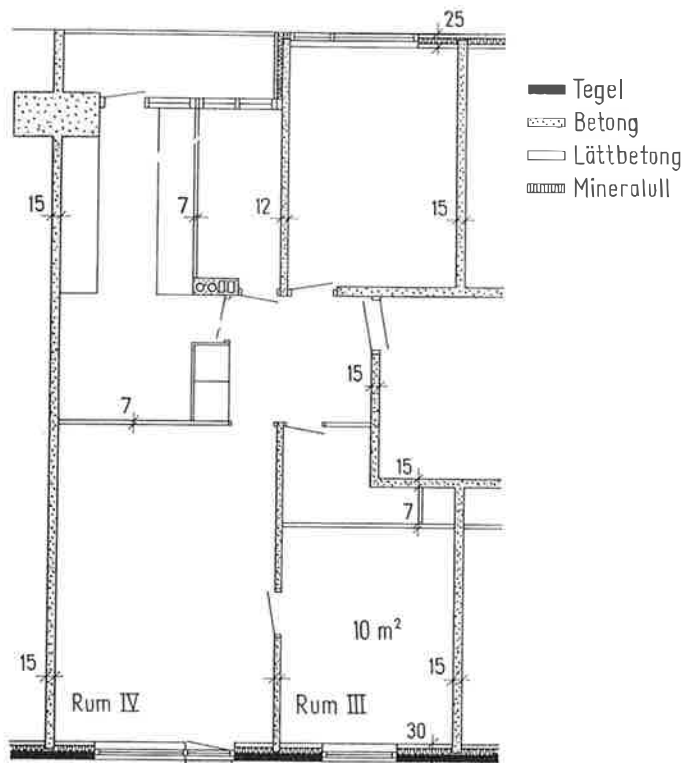
I fig. 6 visas först medelvärden av rumsisolering mot luftljud mellan ovanför varandra belägna rum,





Ovan och nedan: Fig. 6 a och b. Rumsisolering mot luftljud mellan ovanför varandra belägna rum i ett bostadshus. Mätningarna utförda mellan rum som i planritningen markerats med III. Bjälklaget består av 16 cm betong med en tunn beläggning. Medelvärde och standardavvikelse för 6 objekt. Mätningarna mellan de rum som markerats med IV gav likartat resultat. Plan i skala 1:125

Above and below: Fig. 6 a and b. Normalized sound pressure level difference between vertically contiguous dwellings in a dwelling house. Measurements made between rooms which on the plan are marked with III. Floor slab is of 16 cm concrete with a thin covering. Mean values and standard deviation for 6 objects. Measurements between rooms marked with IV gave similar results. Plan in scale 1:125



som erhållits i en byggnad med bärande betongväggar men med dessutom ganska stora ytor lätta väggar. Fig. 7 visar isoleringen uppdelad på olika utstrålande ytor.

Kurvorna visar att luftljudsisoleringen är otillräcklig. Resultatet förklaras ej av någon särskilt stor ljudöverföring via läckage eller ventilationssystem utan sammanhänger med byggnadsättet. Detta framgår av den överensstämmelse som erhålls mellan direkt uppmätt ljudisolering och den som enligt ekv. (2) kan beräknas ur gjorda vibrationsmätningar.

Det ogynnsamma resultatet beror på flera orsaker. Lättbetongväggarna ger en ganska kraftig flanktransmission via väg 2 samt dessutom en överföring till det skiljande bjälklaget. Härtill kommer att bjälklagets reduktionstal blir oförmånligt lågt för de gällande randvillkoren. Även överföring via väg 1 blir av betydelse.

För att kunna göra en mer renodlad jämförelse av byggnader med bärande konstruktion av pelare och byggnader med enbart väggar som bärande element utfördes mätningar i en byggnad där problemet med ljudöverföring via lättbetongplank nästan helt saknades. Dess planlösning är snarlik den som redovisas i fig. 6. Trapphuset är emellertid förskjutet, så att det gränsar till rum III. Innerväggarna i detta rum består alltså av betong, 15 cm utan puts. Ytterväggens inre tunna skiva är av gips, som knappast kan ge någon ljudöverföring till bjälklagen. Dessa utgörs av 16 cm betong. I denna byggnad utfördes ljudisoleringsundersökningar med vibrationsmätningar. Mätningar gjordes dels med rummen normalt utförda, dels med strålningsminskande beklädnad på skiljande bjälklag i två av rummen med golvytan 10 m<sup>2</sup>.

Fig. 8 visar i en sammanställning vilken betydelse transmissionsväg 1 har i olika byggnader med bjälklag utan flytande golv. Det framgår, att bjälklaget överför mer ljud i byggnader med bärande väggar av betong än i sådana med bärande pelare. (Liknande resultat har konstaterats i en byggnad med bärande väggar av 14—20 cm tegel.)

I fråga om övriga transmissionsvägars storlek i byggnaden med bärande betongväggar erhöles som resultat inom ett brett medelfrekvent område, mellan ovanför varandra belägna rum med golvytan 10 m<sup>2</sup>.

$$D_2 = D_1 + 8 \pm 2 \text{ dB}$$

$$D_3 = D_1 + 6 \pm 1 \text{ dB}$$

$$D_4 = D_1 + 6 \pm 1 \text{ dB}$$

$D_2$ ,  $D_3$  och  $D_4$  är alltså alla av samma storleksord-

ning. Den resulterande rumsisoleringen mot luftljud kan skrivas

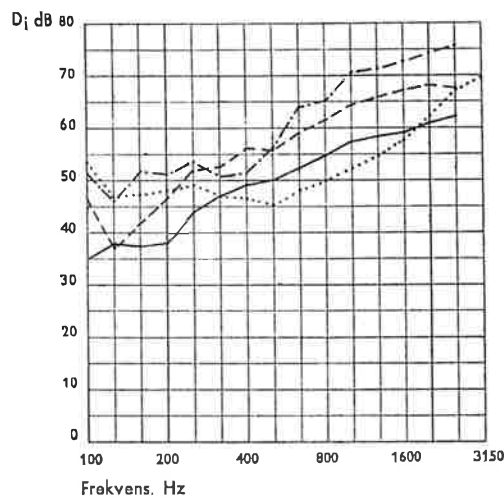
$$D_{10} \cong D_1 - 2 \text{ dB}$$

Mätningarna visar att det är ganska stora skillnader mellan ljudöverföringsegenskaperna i byggnader med bärande pelare och sådana med bärande väggar. De konstaterade olikheterna sammanhänger med de högst olika förhållandena, där väggar och bjälklag ansluts till varandra. I hus med lätta väggar sker en mycket ringa dämpning av de böjvågor som uppkommit i bjälklagen, när de når anslutande lätta väggar, medan däremot de vibrationer, som exciteras i de lätta väggarna kraftigt reflekteras, då de träffar bjälklagen. I en byggnad med likartat utformade väggar och bjälklag, reflekteras böjvågorna i bjälklagen kraftigare vid de anslutande väggarna än om väggarna varit förhållandevis lätta. Reflexionen blir ungefär densamma då vibrationerna i väggarna träffar bjälklagen. Väggarnas och bjälklagens randvillkor är därför högst olika varandra i de olika byggnadstyperna. Resultatet blir, att i en byggnad med betongväggar försvinner ej vibrationsenergin i samma grad vid kanterna i de bjälklag, som skiljer två rum. Därmed höjs vibrationsnivån och reduktionstalet hos bjälklaget sänks. I en byggnad med lätta mellanväggar fördelar sig den vibrationsenergi som ljudfältet i ett rum ger upphov till i bjälklagen på en mycket större yta och därmed blir vibrationerna lägre; reduktionstalet högre. Ju större yta utöver skiljeytan som vibrationsenergin kan fördela sig på, desto bättre blir bjälklagens reduktionstal.

Ur mätningarna finner man, att byggnader, där så gott som samtliga väggar består av 12–15 cm betong och bjälklagen av 16 cm betong med en tunn beläggning, nätt och jämnt uppfyller kraven enligt BABS 1960 vid lägenhetsskiljande konstruktioner upp till ca 20 m<sup>2</sup>, om ej någon ytterligare transmissionsväg såsom t. ex. ytterväggen påverkar resultatet. Luftljudsisoleringen mellan ordinära vardagsrum ovanför varandra har alltså ingen som helst marginal relativt ställda krav. Det kan därför vara önskvärt att söka förbättra isoleringen.

Den åtgärd som i första hand bör tillgripas är att i möjligaste mån avskära transmissionsväg 1. Detta kan göras med hjälp av flytande golv ovanpå bjälklagen. Då löses samtidigt stegljudsisoleringsproblemet. För att ett flytande golv skall ha åsyftad verkan krävs det, att det mjuka mellanskiktet är tillräckligt elastiskt, och att övergolvet helt saknar stel kontakt med byggnadsstommen. Detta kräver i praktiken en ytterligt stor omsorg på byggnadsplatsen.

Ett fullständigt korrekt utfört flytande golv minskar mycket kraftigt luftljudsöverföringen via vägar-

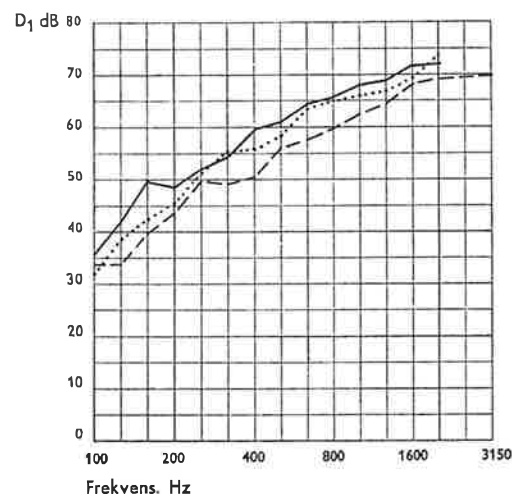


Ovan: Fig. 7. Isoleringen mot luftljud mellan ovanför varandra belägna rum. Mätningarna utförda i samma hus som beskrivits i fig. 6 och är gjorda i rum III; dock ej samma objekt som omfattas av medelvärdeskurvan i fig. 6. Kurvorna representerar medelvärden från två objekt. Isoleringen är här uppdelad på olika utstrålade ytor. Heldragen kurva: skiljande bjälklag. Streckad kurva: det andra bjälklaget (»bakre bjälklag»). Prickad kurva: väggar av lättbetongplank totalt 12 m<sup>2</sup>. Streckprickad kurva: betongväggar, totalt 16 m<sup>2</sup>.

Above: Fig. 7. Insulation against air-borne sound between vertically contiguous dwellings. Measurements made in the same house as is described in fig. 6 and are made in rooms III. They are not, however, the same objects as shown in the mean value curve in fig. 6. The curves represent the mean values for two objects. The insulation is split up in parts representing the radiation from different surfaces. Solid line: floor slabs separating dwellings. Broken line: the other floor slab ("rear slab"). Dotted line: walls of 7 cm light-weight concrete, total 12 m<sup>2</sup>. Broken and dotted line: concrete walls, total 16 m<sup>2</sup>.

Nedan: Fig. 8. Ljudöverföring direkt via skiljebjälklaget (D<sub>1</sub>) i några olika byggnader, bestämd genom vibrationsmätningar. Samtliga kurvor är uppmätta i rum med ca 10 m<sup>2</sup> golvyta. Heldragen kurva: mätningar i den byggnad som beskrivs i fig. 2. Bjälklagets vikt ca 525 kg/m<sup>2</sup>. Flanktransmissionsväg 3 hindrad med hjälp av strålningsminskande beklädnad av väggarna i sändarrummet. Prickad kurva: mätningar i den byggnad som beskrivs i fig. 4. Bjälklagets vikt ca 400 kg/m<sup>2</sup>. Väggarna ger mycket ringa flanktransmission. Streckad kurva: mätningar i ett rum med alla innerväggar av ca 15 cm betong. Bjälklagets tjocklek 16 cm och vikt ca 400 kg/m<sup>2</sup>. En särskild mätning visade att transmissionsväg 1 klart dominerar över 3.

Below: Fig. 8. Sound transmission directly through the floor slab separating dwellings (D<sub>1</sub>) in different buildings determined by measurement of vibrations. All curves are measured in rooms with about 10 m<sup>2</sup> floor area. Solid line: measurements in the building described in fig. 2. Weight of floor slab about 525 kg/m<sup>2</sup>. Flanking transmission via path 3 damped by means of covering walls of source room with gypsum board on laths. Dotted line: measurements in the building described in fig. 4. Weight of floor slab about 400 kg/m<sup>2</sup>. The walls give very little flanking transmission. Broken line: measurements in a room with all walls of 15 cm concrete. Floor slab 16 cm thick and weight about 400 kg/m<sup>2</sup>. A special measurement showed that the transmission path 1 absolutely dominated path 3.



na 1 och 3. Med utgångspunkt från ovan angivna värden på de olika transmissionsvägarnas relativa storlek kan man beräkna den maximala förbättring av rumsisoleringen mot luftljud, som flytande golv i en byggnad av detta slag kan ge inom det medelfrekventa området till ca 6 dB. En granskning av mätta delisoleringar i även andra liknande byggnader leder till ungefär samma slutresultat.

Även isoleringsproblemet mellan bredvid varandra belägna bostadsrum i olika lägenheter måste uppmärksammas. Ljudisoleringsförhållandena liknar där dem, som gäller mellan ovanför varandra belägna rum utan flytande golv. Vid mycket stora transmissionsytor kan det bli svårt att uppfylla kraven. Man bör som ovan påpekats eftersträva planlösningar med sekundärutrymmen placerade mot de lägenhetsskiljande väggarna.

### SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

Mätningar har visat att i många vanliga typer av bostadshus ej alla objekt fyller luftljudsisoleringskrav 1 enligt tabell 23:1 i BABS 1960 även om konstruktionerna är fullgott utförda. Det är därför nödvändigt att ägna ljudisoleringsfrågorna ännu större uppmärksamhet vid projekterandet och byggandet av bostadshus.

Speciellt accentuerade blir problemen mellan ovanför varandra belägna rum med en golvyta av storleksordningen 20 m<sup>2</sup> eller däröver. Särskilda studier har visat, att såväl flanktransmission som lägenhetsskiljande konstruktioners randvillkor är betydelsefulla faktorer.

Vissa konstruktioner som prövats uppfyller å andra sidan med marginal ställda krav. Det är emellertid nödvändigt att med omsorg välja varje byggnads konstruktioner. Enkla lägenhetsskiljande väggar och bjälklag av 15—20 cm betong ger ej generellt tillräcklig luftljudsisolering.

Man bör undvika att få stora ytor av lättbetongplankväggar fast anslutna till bjälklagen i ovan- och underkant. Ej heller bör man i alltför stor utsträckning ha bärande väggar som rumsskiljande väggar inom lägenheterna.

Stora möjligheter att uppnå hög luftljudsisolering mellan olika lägenheter har man i byggnader med bjälklag av 16 cm betong eller mer, bärande pelare samt lätta väggar med ringa flanktransmission. Att uppfylla villkoret ringa flanktransmission kräver mycket speciella konstruktioner. För dylika byggnader bör man även söka finna lämpliga lätta lägenhetsskiljande väggar med högt reduktionstal. Tättningsproblemen kan bli besvärliga. Flanktransmissionen i sidled via bjälklagen är emellertid ett problem som måste uppmärksammas. Tack vare

bjälklagens höga reduktionstal vid de aktuella randvillkoren är det dock möjligt att flanktransmissionen ej blir något allvarligt problem om transmissionsytorna är måttligt stora.

De lätta rumsskiljande väggarnas reduktionstal kan fås så högt, att isoleringen inom lägenheterna, som i regel bestäms av dörrarna, ej ytterligare försämras av väggarna. Problem som speciellt måste uppmärksammas är vissa stomljudsfrågor, bl. a. den eventuella risken av höga brusnivåer från vvs-installationerna. Detta är egentligen främst ett kranproblem, men så länge kranar med ringa ljudalstring ej finns i marknaden, måste man undvika att fästa rörledningar i lätta väggar, som försätts i kraftiga svängningar och då kan stråla ut mycket ljud.

I byggnader med bärande väggar bör man åtminstone undvika att utföra väggarna inom lägenheterna bärande. I stället bör man där i så hög grad som möjligt välja lätta väggar med ringa flanktransmission. Ofta är det nödvändigt att komplettera bjälklagen med flytande golv för att få tillfredsställande luftljudsisolering. För att dra maximal nytta av det flytande golvet får ingen av de lätta väggarna ge nämnvärd flanktransmission. För de lägenhetsskiljande betongväggarna bör små transmissionsytor eftersträvas.

Mycket god luft- och stegljudsisolering har erhållits i byggnader med rumsskiljande väggar utförda som regelväggar ställda ovanpå flytande golv. Ett exempel har tidigare redovisats i [2]. I ett annat utgjordes den vertikalt bärande konstruktionen av 15 cm tjocka lägenhetsskiljande betongväggar samt pelare. Mellan ovanför varandra belägna rum erhöles där mycket hög luftljudsisolering; även vid ca 25 m<sup>2</sup> golvyta låg i regel hela isoleringskurvan ovanför normkurvan. Isoleringen mellan bredvid varandra belägna lägenheter var dock ej lika god.

### LITTERATUR

- [1] Heckl, M: *Die Schalldämmung von homogenen Einfachwänden endlicher Fläche*. Acustica vol 10 (1960) s. 98
- [2] Kihlman, T: *Flanktransmissionens inverkan på rumsisolering mot luftljud. Speciell tillämpning på byggnader med innerväggar av lättbetongplank*. Chalmers Tekniska Högskola. Handling 254. Göteborg 1961. (Även Byggforskningen. Handling 39. Stockholm 1962)
- [3] Kihlman, T: *En förenklad metod att mäta flanktransmission*. Lättbetong 1961: 3
- [4] Kungl. Byggnadsstyrelsens Anvisningar till Byggnadsstadgan. Stockholm 1960. (BABS 1960)
- [5] Kurtze, G and Watters, B G: *New Wall Design for High Transmission Loss or High Damping*. The Journal of the Acoust. Soc. of Am. vol 31 (1959) s. 739

## ENGLISH SUMMARY

### Insulation against air-borne sound in dwelling houses

#### *Influence of flanking transmission and edge connections*

By T Kihlman

Measurements have shown that in many ordinary types of dwelling houses all objects do not fill the requirements of BABS 1960 23:1, grade for air-borne sound insulation even if the construction is well carried out.

The problems become especially accentuated between rooms above each other with a floor area of 20 m<sup>2</sup> and more. Special studies have shown that both the flanking transmission and the edge conditions of constructions separating dwellings are significant factors.

Simple walls and floor slabs which separate dwellings of 15–20 cm concrete do not always assure satisfactory sound insulation.

Large areas of light-weight concrete plank walls firmly fixed to the floor slabs along the top and bottom edges should be avoided. Nor should load-bearing walls be used to any large extent as room separators within dwellings.

There are good possibilities for achieving high sound insulation between dwellings in buildings with floor slabs of 16 cm concrete or more, load-bearing columns and light walls with low flanking transmission. Very special designs are called for to achieve low flanking transmission. In such buildings suitable light constructions with high reduction indices should be sought for walls separating dwellings. The flanking transmission horizontally via the floor slabs is, however, a problem to which attention must be paid. Owing to the high reduction index of the floor slabs at the edge conditions in question it is possible that flanking transmission does not become a serious problem if the transmission areas are small.

The reduction index for the light partition walls can be made so high, that the insulation within the dwellings, which as a rule is determined by the doors, is not further reduced by the walls.

In buildings with load-bearing walls one should avoid making the walls within the dwellings load-bearing. Instead one should as far as possible choose light walls having low flanking transmission. It is often necessary to complement the floor slabs with a floating floor in order to achieve satisfactory sound insulation. In order to obtain the maximum value of the floating floor none of the light walls should give any appreciable flanking transmission. For the concrete walls separating dwellings horizontally small transmission areas should be sought.

**Särtryck** Utgivare: Statens råd för byggnadsforskning

- 1959:** 1. *Höglund, Ingemar m. fl.* Invändig ytbehandling i betonghus. 11 s. Kr. 1:—.  
2. *Backmark, Lennart, Blomgren, Boris, Jacobsson, Mejse och Månsson, Kurt.* Byggnadsverksamhet och bostadsförhållanden i Sovjetunionen. (Fyra artiklar.) 48 s. Kr. 4:—.  
5. *Eneborg, Ingemar.* Driftundersökningar på små oljeeldade värmeanläggningar. 7 s. Kr. 1:—.
- 1960:** 2. *Jacobsson, Mejse.* Monteringsbyggeri i Europa. 8 s. Kr. 1:50.  
3. *Mandorff, Sven.* Förinställningsberäkning — ett viktigt led i värmeanläggningens projektering. 16 s. Kr. 3:—.  
4. *Eneborg, Ingemar.* Värmeutbytet vid sopeldning. (Två artiklar.) 11 s. Kr. 3:—.  
5. *Westin, Olle.* Markexploatering. 7 s. Kr. 1:50.  
6. *Saare, Erik.* Åldringsbeständighet hos byggnadsmaterial av plast. 8 s. Kr. 1:50.  
7. *Jacobsson, Mejse.* Byggnaders underhåll — ett viktigt forskningsområde. 8 s. Kr. 2:—.  
8. *Tynelius, Sven.* Kan det äldre villabeståndet förnyas? 4 s. Kr. 1:50.  
9. *Eneborg, Ingemar och Nilsson, Stig.* Problem kring soporna. 7 s. Kr. 2:—.
- 1961:** 2. *Nyquist, Ingemar resp. Jansson, Ingvar.* Den III internationella betongvarukongressen, Stockholm, 16—22 juni 1960. RILEM:s lättbetongsymposium, Göteborg, 20—23 juni 1960. (Två sammanfattningar.) 8 s. Kr. 2:—.  
3. *Dirke, Lars.* Varmvattenförbrukning i lägenheter med och utan varmvattenmätare. 12 s. Kr. 3:—.  
4. *Brandt, Ove.* Luft- och stegljudsisolering i monteringsbyggda bostadshus. 8 s. Kr. 12:—.  
5. *Pleijel, Gunnar.* Fönsterglasens transmission av strålning från sol och himmel. 8 s. Kr. 2:—.  
6. *Blomberg, Clas.* Matematisk-statistisk behandling av en stadsplaneprognoz. 4 s. Kr. 1:—.  
7. *Rasmussen, Poul.* 1. Försök med nersotning av en värmepanna. 2. Hur ofta lönar det sig att sota en värmepanna? — Nomogram för bestämning av optimala sotningsintervaller. 5 + 7 s. Kr. 3:—.  
8. *Löfstedt, Börje.* Vertikal temperaturgradient och väggtemperatur — modellförsök i klimat-kammare. 8 s. Kr. 2:—.  
9. *Holm, Lennart.* Ett svenskt institut för byggnadsforskning. 8 s. Kr. 1:—.  
11. *Brandt, Ove och Bring, Christer.* Stegljudsisolering och beständighet mot intryck hos golvbeläggningar på massivbjälklag av betong. 15 s. Kr. 2:—.  
12. *Löfstedt, Börje och Ronge, Hans.* Strålningsdrag från en kall fönsteryta. Experimentell undersökning med värmeflödesmätning. 7 s. Kr. 2:—.  
13. *Trägårdh, Uno.* Korrosion på varmvattenrör inbäddade i betong. 4 s. Kr. 2:—.
- 1962:** 1. *Holm, Lennart.* Konsumtionsanpassade bostäder. 11 s. Kr. 2:—.  
2. *Löfstedt, Börje.* Varma rumsklimats inverkan på människans komfort och prestationsförmåga. 11 s. Kr. 2:—.  
4. *Bring, Christer.* Avtorkningsanordningar i entréer. 8 s. Kr. 2:—.  
5. *Brown, Gösta.* Nya metoder vid beräkning av byggnaders värme- och kylbehov. 15 s. Kr. 3:—.  
6. *Bildmark, Knut.* Byggnadselementens uppskattade ekonomiska varaktighet och tidsintervaller för underhåll. 67 s. Kr. 7:—.  
7. *Saare, Erik och Jansson, Ingvar.* Measurement of Thermal Conductivity of Moist Porous Building Materials with Particular Emphasis on the Thermal Conductivity of Cellular Concrete. 17 s. Kr. 3:—.  
8. *Jacobsson, Mejse.* Utvecklingsgruppen — ett medel för bättre byggnadsplanering. 7 s. Kr. 2:—.  
9. Aktuella värmeisoleringsproblem. Några undersökningar vid Institutionen för byggnadsteknik, KTH. 76 s. Kr. 10:—.  
10. *Hanson, Rune.* Taktarrasser och plana industritak — tre artiklar. 16 s. Kr. 3:50.  
13. *Saretok, Vitold.* Mur- och putsbruk i teori och praktik. 11 s. Kr. 3:—.  
14. *Rasmussen, Poul.* Termiskt drag hos oljeeldade villapannor. 12 s. Kr. 3:—.  
15. *Bring, Christer.* Värmebehaglighet hos golv. 11 s. Kr. 3:—.
- 1963:** 1. *Högberg, Erik.* Vidhäftningsundersökningar. 12 s. Kr. 3:—.  
2. *Bring, Christer och Wallén, Ingvar.* Avjämningsmassor för undergolv. 8 s. Kr. 3:—.  
3. *Pusch, Roland.* On the Deformation Processes in Stressed Clay. 8 s. Kr. 3:—.  
6. *Fischer, Hans Christian och Hellman, Lars.* Påslagningen och stötvågsteorin. 8 s. Kr. 3:—.  
7. *Eriksson, Folke och Jonson, Jan-Ake.* Betongväggar gjutna vid kall väderlek. 4 s. Kr. 3:—.  
8. *Sablin, Sven.* Gränslastmetodens tillämpbarhet på cylinderskal. 27 s. Kr. 4:—.  
9. *Rasmussen, Poul.* Bedömning av oljeeldade pannor. 4 s. Kr. 3:—.  
10. *Höglund, Ingemar och Lyng, Odd resp. Georgescu, Vincent och Hagman, Folke.* Nya fasader på gamla hus — tilläggsisolerade ytterväggar. 1. Värmetekniska undersökningar. 2. Kostnader och lönsamhet. 19 s. Kr. 4:—.  
11. *Jacobsson, Mejse.* Dörrtillverkning i långa serier. 8 s. Kr. 3:—.  
12. *Ödeen, Kai.* Teoretisk bestämning av temperaturförloppet i några av brand påverkade konstruktioner. 12 s. Kr. 4:—.  
13. *Brosenius, Hilding och Nuder, Ants.* Vertikalkommunikationer i höga bostadshus — en kostnadsundersökning. 14 s. Kr. 4:—.  
14. *Bring, Christer.* Badrumsgolv av vinylplastmattor — en inventering. 4 s. Kr. 3:—.

**Pris kr. 6:—**

Distribueras av  
AB Svensk Byggtjänst  
Stockholm C · Pg. 540 33