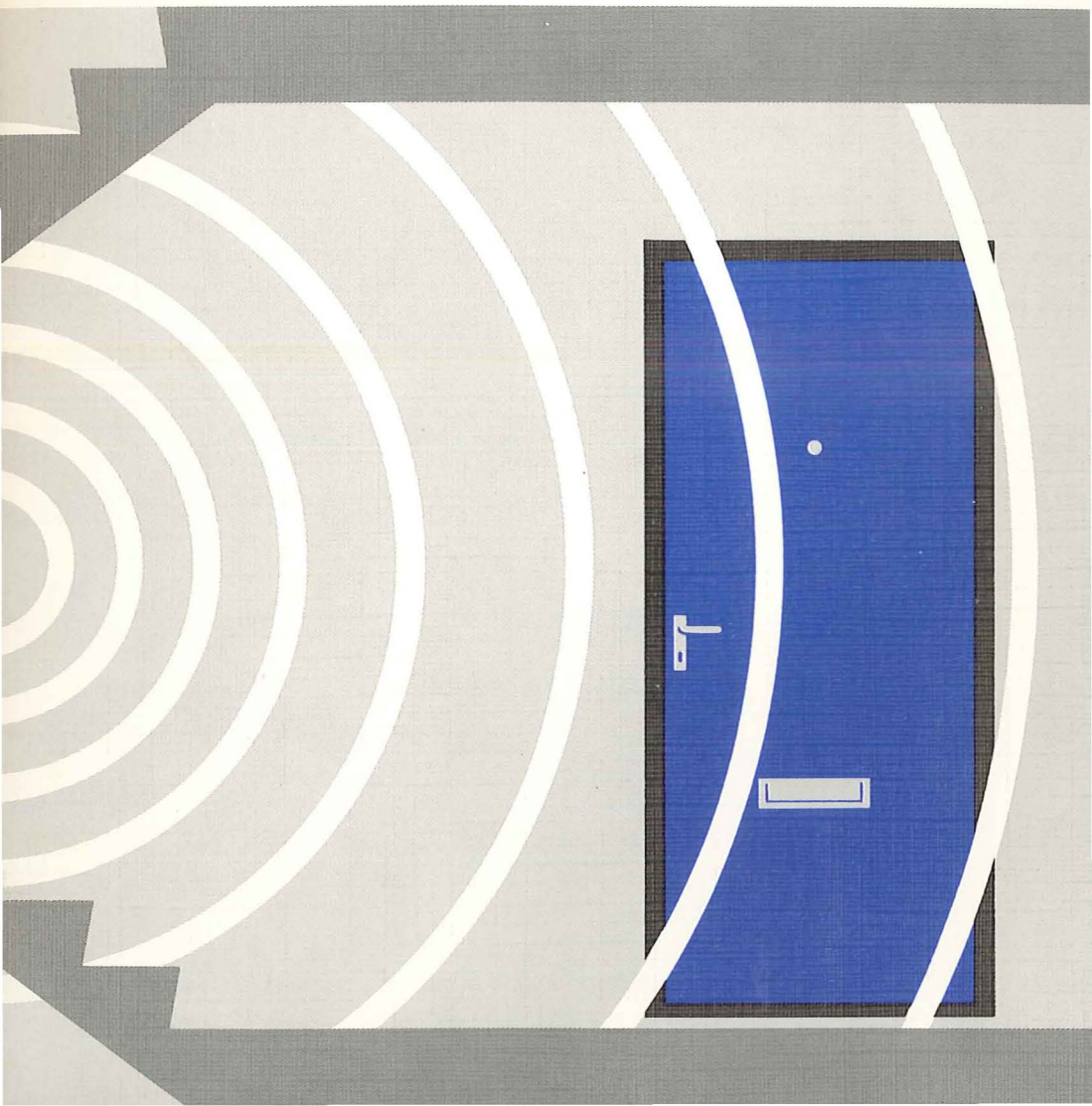


Entrédøres lydisolations



Undersøgelsesresultater og erfaringer fra praksis

SBI-RAPPORT 124 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1981



Entrédøres lydisololation

Undersøgelsesresultater og erfaringer fra praksis

JØRGEN KRISTENSEN
LEONARD JUUL PETERSEN

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

^{EX. 5}
- 9 NOV. 1992

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

^{EX. 3}
11 JUNI 1981



SBI-publikationer

Statens Byggeforskningsinstituts publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Landbrugsbyggeri, Byplanlægning, Pjecer, Ydeevnebeskrivelser, Særtryk og Nomogrammer. Salg sker gennem boghandelen eller direkte fra SBI. Instituttets årsberetning og publikationsliste er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement

Instituttets publikationer kan også fås ved at tegne et abonnement. Det sikrer samtidig løbende orientering om alle nye udgivelser. Der kan vælges mellem fire abonnementer omfattende forskellige af de udgivne serier. Information om abonnementernes omfang og vilkår fås hos SBI.

ISBN 87-563-0392-0.

Pris: Kr. 76,00 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 1.500.

Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm. Telefon 02-86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:
SBI-rapport 124: Entrédøres lydisolationsundersøgelser og erfaringer fra praksis. 1981.

Indhold

Forord	4
Indførelse og virkninger af myndighedskrav	6
Dørkonstruktioner	9
Dørplader	10
Dørplader som enkeltkonstruktion	13
Dørplader som dobbeltkonstruktion	14
Døre med særlig stor lydisolations	15
Tæthed mellem dørplader og dørkarme	17
Indsætning af entrédøre	22
Karmfuger	22
Indsætningspraksis	25
Korrekt indsætning	27
Lydklasser og bygningsreglementets krav	30
Klasseinddeling af døres lydisolations	30
Bygningsreglementets krav til døres lydisolations	30
Måling og vurdering af døres lydisolations	32
Måling i laboratorium	32
Måling i bygning	34
Målenøjagtighed	35
Vurdering af døres lydisolations	37
Bestemmelse af lydisolations I_a efter ISO/R 717	38
Undersøgelsesresultater	40
Måleresultater	40
Erfaringer fra målepraksis	44
Genmåling af døre	47
Konklusion	49
Summary	50
Litteratur	51

Forord

Undersøgelsens formål

Ved oprettelsen af Byggeriets Akustiske Målestation i 1967 blev det besluttet, at målestationen skulle undersøge lydisoleringen af entrédøre i etageboligbyggeri.

Hovedformålet med undersøgelsen var ved måling at konstatere, hvorvidt entrédøre med et middelreduktionstal på 33–34 dB, målt i laboratorium, opfyldte bygningsreglementets krav om lydisolering, dels når dørene var indsat i bygningerne, dels når boligerne havde været i brug i nogle år. Endvidere var det hensigten at klarlægge i hvilket omfang, bygningsreglementets krav blev overholdt, samt at præcisere hvorledes entrédøres lydisolering kunne øges. Der forestod således en opgave, der måtte strække sig over en årrække.

Publicerede delresultater

Under hensyn til disse vilkår blev nogle delresultater fra undersøgelsesarbejdet publiceret i 1972 i SBI-notat 23: Døres lydisolering I og i 1974 i SBI-notat 39: Døres lydisolering II. Desuden er en del af den indsamlede viden benyttet i SBI-lydpjece 7: Døre, udgivet i 1974 som en kort vejledning for praksis om den lydteknisk korrekte udførelse og indsætning af døre.

Undersøgelsens omfang

Undersøgelsen har omfattet 327 entrédøre fordelt på 72 bebyggelser, opført i årene 1970–1976. I undersøgelsen har de tekniske medarbejdere Harry Elfort, Per Hansen og Nina Herløv medvirket ved målingernes udførelse og akademiingeniør Jørn Kjær har foretaget den statistiske behandling af måleresultaterne.

Undersøgelsens resultat

Undersøgelsen har vist, at omtrent 75 procent af de målte døre ikke opfyldte bygningsreglementets krav om lydisolering. Det må derfor konkluderes, at DS-mærkede entrédøre med et middelreduktionstal på 33–34 dB vel kan opfylde gældende krav, men det vil være nødvendigt at etablere en effektiv kontrol for i alle tilfælde at få reglementets krav opfyldt.

Rapportens indhold

I nærværende rapport er undersøgelsens hovedresultater fremlagt i statistisk behandlet og let tilgængelig form. Desuden er der på grundlag af de ved målinger og genmålinger indhøstede erfaringer om byggepraksis redegjort for de almindeligste årsager til, at så mange af de målte entrédøre ikke opfyldte gældende isolationskrav.

Byggeteknisk og lydteknisk indhold

Af hensyn til læsere, som måtte være mindre fortrolige med de byggetekniske og lydtekniske forhold for døre, indeholder rapporten elementære redegørelser for dørkonstruktioner og for indsætning af døre i bygninger. Forskellige udførelser efter gængs håndværkerpraksis er her beskrevet i relation til akustiske virkninger og med anvisninger til imødegåelse af ofte forekommende fejl. Yderligere findes som basismateriale for undersøgelsen – og for læsere med særlig interesse for bygningsakustik – afsnit om måling af døres lydisolering, om målenøjagtighed og om anvendelsen af den standardiserede metode for vurdering af lydisolering.

Rapportens brugergrupper

Rapporten henvender sig, hvad undersøgelsesresultaterne angår, først og fremmest til de kommunale bygningsmyndigheder samt til fabrikanter og leverandører af entrédøre. Desuden kan rapportens praktiske vejledninger, som supplerer og uddyber ovennævnte SBI-lydpjece 7, være til nytte for byggeriets projekterende teknikere og for håndværkere og tilsynsførende på byggepladserne.

Bygningsreglementets overholdelse kræver holdningsændring

Det stigende støjniveau medfører i tiltagende omfang klager over dårlig lydisolering i boliger og på arbejdspladser, og i mange tilfælde er døres lydisolering en afgørende faktor for den samlede lydisolering. Derfor bør bygningsreglementets krav om lydisolering i alle tilfælde overholdes, og det er urimeligt, at sjuskeri eller uvidenhed skal være årsag til, at dette ikke sker. En ændring af denne tilstand kræver utvivlsomt en holdningsændring hos de involverede parter og desuden en betydeligt øget arbejdsindsats.

Byggeriets Akustiske Målestation
Statens Byggeforskningsinstitut
November 1980

Indførelse og virkninger af myndighedskrav

Døre forringer vægges lydisolations

Krav til entrédøres lydisolations indført i BR-66

Kravene ikke opfyldt

Vejledende mindste reduktionstal for entrédøre, indført i BR-72

DS-mærkningsordning oprettet

Mærkningsordningen som garanti

Lydisolationen mellem rum adskilt af en væg med en dør er almindeligvis ringe. Det skyldes, at dørens lydisolations normalt er ringere end væggenes og derfor afgørende for den samlede konstruktions lydisolations. I tilfælde, hvor der skal opnås en rimelig lydisolations for en væg med en dør, er det nødvendigt at stille visse mindstekrav til dørens lydisolations.

I Bygningsreglement for købstæderne og landet 1966 (BR-66) blev for første gang i dansk bygningslovgivning stillet krav til døres lydisolations. Kravene trådte i kraft den 1. april 1969 og omfattede entrédøre mellem boliger og fælles trapperum, fælles gange og andre fælles rum i beboelsesbygninger, samt døre mellem beboelsesheder og fælles rum af enhver art i hoteller, plejehjem, kollegier og lignende bygninger. Det viste sig imidlertid, at kun de færreste af de entrédøre, som blev anvendt i byggeriet i de følgende år, opfyldte reglementets krav. Der blev i vid udstrækning anvendt døre, som end ikke fandtes lydteknisk tilfredsstillende ved laboratoriemåling, det vil sige under vilkår, hvor lydtransmission som følge af mangler ved dørenes indsætning og fugetætning var udelukket.

I Bygningsreglement 1972 (BR-72) var kravene til entrédøres lydisolations de samme som i BR-66, men for at undgå anvendelsen af uegnede døre var der i det nye reglement, til orientering for de projekterende og for dørfabrikanter og -leverandører, angivet en mindsteværdi af middelreduktionstal målt i laboratorium for entrédøre, som kunne forventes at opfylde reglementets krav. I relation hertil blev der indført en godkendelses- og mærkningsordning for lyd-isolerende døre, specificeret i Dansk Standard 1082 »Lyd-døre, 30 dB døre«, som forelå, da BR-72 trådte i kraft den 1. januar 1973.

Mærkningsordningen var en certificering af dørenes lydtekniske kvalitet og betød, at opfyldelsen af isolationskra-

Mærkede døre bedre end ikke-mærkede, men ikke gode nok

Krav til døres lydisolations ændret til krav for vægge med døre i BR-77

Nye vurderingsmetoder for lydisolations indført

Undersøgelsesmåledata vurderet efter to metoder

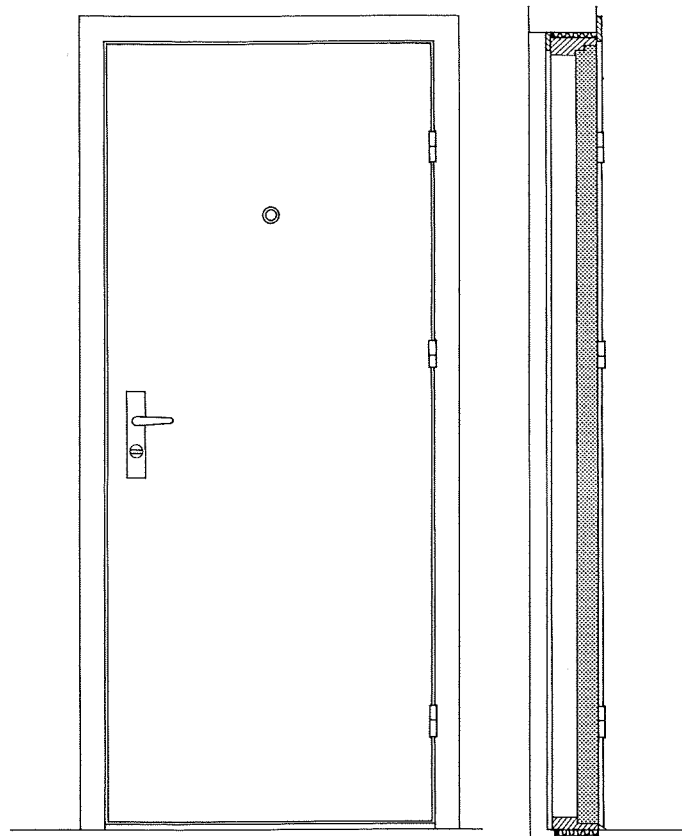
vene for døre ville være garanteret med anvendelsen af mærkede døre, forudsat overholdelse af leverandørernes monteringsforskrifter. Den her rapporterede undersøgelse af entrédøre har da også vist, at af de målte døre havde de ikke-mærkede i gennemsnit cirka 5 dB ringere lydisolations end de mærkede, og endvidere at kun godt 10 procent af de ikke-mærkede døre opfyldte kravene i BR-66 og BR-72, hvorimod dette var tilfældet for næsten 30 procent af de mærkede døre. Selv om undersøgelsesresultatet således som forventet var til gunst for de mærkede døre, så var disses lydtekniske kvaliteter dog så uacceptabelt ringe, at tilliden til mærkningsordningens effekt kunne blive svækket i betydelig grad. Om mulige årsager til dørenes dårlige lydisolations og om foranstaltninger herimod redegøres senere i denne rapport.

I Bygningsreglement 1977 (BR-77) blev de tidligere krav til entrédøres lydisolations erstattet med lydisolationskrav for vægge og døre, hvilket betød, at vægge indbefattet døre herefter skulle betragtes som helheder i lydteknisk henseende. De ændrede krav, som trådte i kraft den 1. februar 1978, gælder med hensyn til beboelsesbygninger og hoteller med videre for vægge med samme slags døre, som var omfattet af de tidligere krav. Yderligere findes i BR-77 lignende krav for nærmere angivne vægge med døre i bygninger til undervisningsformål. Endelig indførtes med BR-77 nye internationalt standardiserede vurderingsmetoder for lydisolations med tilhørende nye begreber: I_a for luftlydisolations og I_i for trinlydniveau. De med BR-77 gennemførte ændringer betød alt i alt ingen væsentlig skærpelse af isolationskravene for entrédøre i forhold til de tidligere gældende krav.

Under hensyn til, at den gennemførte undersøgelse af entrédøre alene har omfattet døre i bygninger opført efter lydisolationskravene i BR-66, henholdsvis BR-72, er undersøgelsesmåledata blevet behandlet såvel efter den tidligere gældende vurderingsmetode som efter den med BR-77 indførte. Undersøgelsesresultaterne har herved kunnet relateres til såvel kravene i de førhen gældende bygningsreglementer som til kravene i det nugældende.

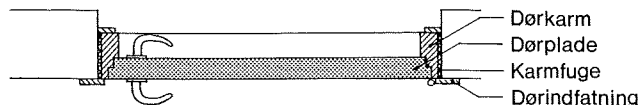
Som det fremgår af denne rapport, er det desværre et faktum, at der kun var cirka 25 procent af de undersøgte entrédøre, der opfyldte gældende isolationskrav.

Dørkonstruktioner



Opstalt

Lodret snit



Vandret snit

Døres
bestanddele

Hvad der
bestemmer døres
lydisolation

En dør består normalt af en dørplade – undertiden benævnt dørblad eller dørfløj – og en dørkarm, hvori dørpladen er hængslet, samt dørindfatninger, tætningslister, beslag og andet tilbehør. Til en dør henhører i lydteknisk henseende desuden tætningsfugen mellem dørkarm og væg og fugen under karm, se figur 1.

En dørs lydisolation afhænger af de isoleringsmæssige egenskaber ved dørens enkelte bestanddele, delenes indbyrdes forbindelser og tilslutningerne til væg og gulv. Den bestanddel, forbindelse eller tilslutning, der giver det største bidrag til lydtransmissionen er i det store og hele bestemmende for dørens lydisolation.

For en dør uden åbninger i dørpladen, for eksempel en entrédør uden brevindkast, bestemmes dørens lydisolation således af

- dørpladens lydisolation eller
- tætheden mellem dørplade og dørkarm eller
- tætheden af fuge omkring dørkarm.

← Figur 1. Entrédøres bestanddele.

Ved dør forstås lydteknisk den færdige dørkonstruktion bestående af:

- dørplade, eventuelt med brevindkast
- dørkarm, samlet af et overstykke, et understykke og to sidestykker og befæstet i væg
- karmfuge, stoppet og forsejlet mellem dørkarm og væg og under karm
- dørbeslag som hængsler og lås med slutblik
- dørbesætning som dørgreb med skilte eller rosetter og eventuelt brevskilt, dørkikkert, sparkeplader og andet udstyr
- eventuelle tætningslister mellem dørplade og dørkarm
- eventuel brandtætningsliste indlagt i dørplade eller dørkarm
- eventuelle karmtilsætninger og dørindfatninger eller dæklister langs dørkarm og væg, samt eventuelle fejelister langs karm og gulv.

Dørplader

Lydtekniske konstruktionsprincipper

En dørplades konstruktion og materiale er afgørende for dens lydisolation. Den kan principielt udføres og lydmæssigt virke enten som enkeltkonstruktion eller som dobbeltkonstruktion. Ved enkeltkonstruktion forstås lydteknisk en plade med indbyrdes ikke frit bevægelige yderflader. Ved dobbeltkonstruktion forstås en plade med indbyrdes frit bevægelige yderflader.

I praksis kan en dørplade udføres massiv eller af to eller flere pladelag, der kan være mere eller mindre elastisk forbundne og med eller uden hulrum. Forskellige konstruktioner af dørplader er vist skematisk i figur 2 med angivelse af betingelserne for deres funktion som enkeltkonstruktion eller som dobbeltkonstruktion.

Frekvensforløb og transmissionsveje

Frekvensforløbet for dørpladers lydisolation afhænger af pladernes konstruktion, som vist i figur 3, hvori også transmissionsvejenes betydning er angivet. Den opnåelige lydisolation bestemmes for lave frekvenser af lydtransmissionen ad vej 1 og for højere frekvenser af lydtransmissionen ad vej 2, men der er ingen skarp grænse mellem virkningsområderne for de to transmissionsveje.

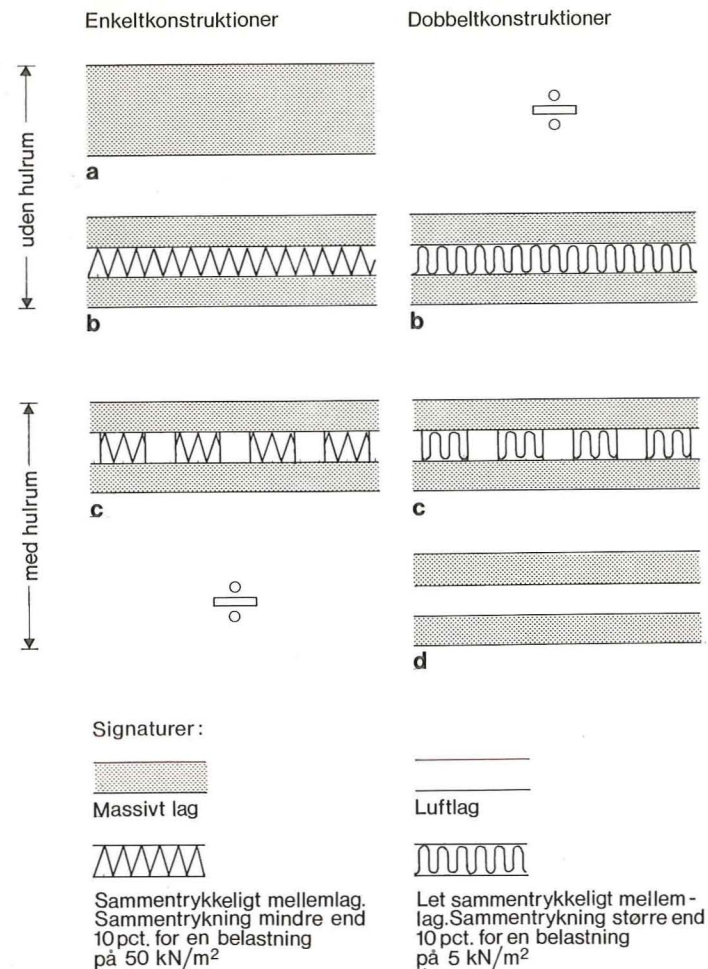
Resonans

Hvis pladeafstanden i en dobbeltkonstruktion øges, sænkes konstruktionens resonansfrekvens* og lydtransmissionen reduceres, det vil sige, at lydisolationen øges ved lave frekvenser, se figur 3. Ved resonansfrekvensen f_R for en dobbeltkonstruktion kan dens lydisolation blive mindre end isolationen for en enkeltkonstruktion med samme vægt. f_R bør derfor ligge under det kritiske frekvensområde, det vil sige under 90 Hz.

Koicidens

I både enkelt- og dobbeltkonstruktioner kan forekomme et fænomen, koicidens*, som afhænger dels af det anvendte plademateriale og dels af dets tykkelse. Koicidensfrekvensen f_{gr} for en plade stiger med aftagende pladetykkelse, og den bør så vidt muligt ligge uden for det kritiske frekvensområde, det vil sige under 90 Hz eller over 3550 Hz.

* Om begreberne resonans og koicidens og deres betydning for lydisolationen henvises til litteraturen. Kortfattet omtale findes i SBI-anvisning 112: Bygningers lydisolering.



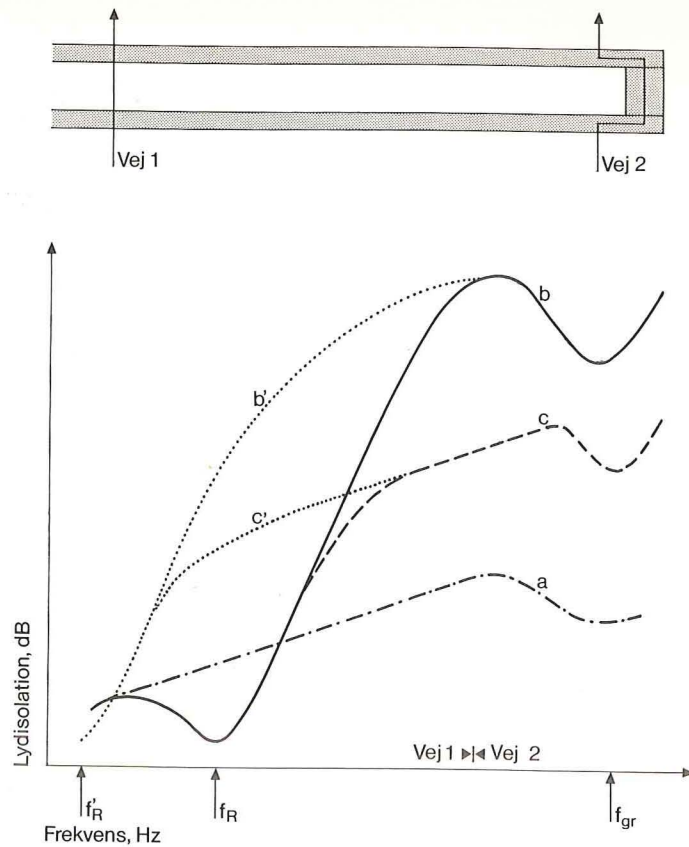
Figur 2. Dørpladers konstruktionsprincipper.

Dørplader kan udføres uden hulrum, enten af massive plader (a) eller af pladelag (b) af ens eller forskellige materialer, eventuelt med forskellig sammentrykkelighed.

Dørplader kan endvidere udføres med hulrum, enten som mellemlag (c) med celler eller kanaler eller som luftlag (d) mellem pladelag.

Pladelag (b og c) kan være indbyrdes fast forbundne eller blot sammenlagte.

Hvorvidt dørplader (b og c) lydmæssigt virker som enkeltkonstruktioner eller som dobbeltkonstruktioner afhænger dels af pladelagens indbyrdes forbindelse, dels af eventuelle mellemlags sammentrykkelighed.



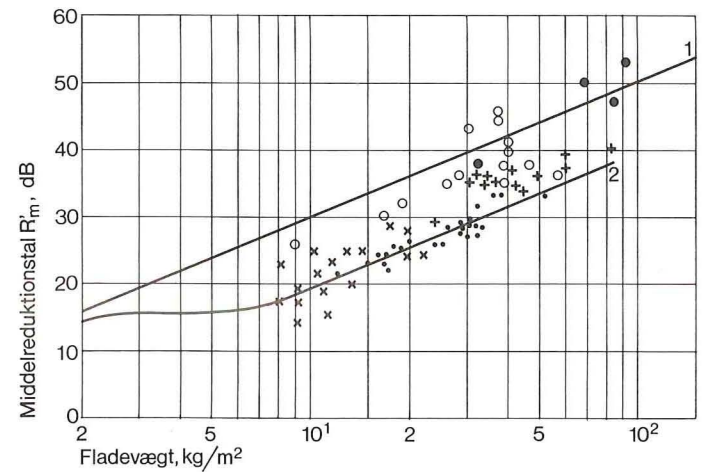
Figur 3. Principielt frekvensforløb for dørpladers lydisolations karakteristika under indvirkning af konstruktion og transmissionsveje.

Kurve a: Enkelt konstruktion af massiv plade.
 Kurve b: Dobbeltkonstruktion med helt adskilte plader uden fælles ramme.
 Kurve c: Dobbeltkonstruktion med afspærringsplader forbundet til fælles ramme (som skitsen).
 Kurve b' og c': Som b og c, men med større pladeafstand.
 f_R = resonansfrekvens for b og c.
 f'_R = resonansfrekvens for b' og c'.
 f_{gr} = koincidensfrekvens eller grænsefrekvens for b, b', c og c'.
 (Efter Gösele.)

Måling af dørpladers lydisolations

Dørplader som enkeltkonstruktion

En dørplades lydisolations afhænger i første tilnærmelse af dens vægt per arealenhed. Ved at indsætte en dørplade i en væg således, at der ikke finder lydtransmission sted mellem plade og væg men kun gennem plade og væg, kan den samlede lydtransmission gennem både plade og væg måles. Når væggenes lydisolations kendes, kan dørpladens lydisolations beregnes. Er væggenes reduktionstal 20 dB større end dørpladens, kan der ses bort fra lydtransmissionen gennem væggen, hvorefter det målte reduktionstal betragtes som dørens reduktionstal.



Måleresultater for:

- Massive døre
- × Døre med hulrum, med og uden mineraluldsindlæg
- + Døre med sand i hulrum
- Dobbelt døre
- Ståldøre

Figur 4. Middelreduktionstal for massive konstruktioner som funktion af vægt per kvadratmeter.

Kurve 1 er beregnet efter en simpel teori, hvori der ses bort fra bøjningsstivhedens indvirkning (vægtkurven).

Kurve 2 er beregnet efter en teori, hvor bøjningsstivhedens indvirkning indgår.

(Efter Gösele.)

Dørplader virker normalt som enkeltkonstruktioner

Undersøgelser af mange forskellige dørplader har vist, at deres lydisolations i det væsentlige er funktioner af frekvens og af vægt per arealenhed, ligesom lydisolations for massive konstruktioner. Dette betyder, at de fleste dørplader virker som enkeltkonstruktioner, uanset om de er med eller uden hulrum, og uanset om de er fremstillet af træ, metal, plast eller en kombination af materialer.

I figur 4 er lydisolations for massive konstruktioner beregnet som funktion af vægten, dels efter en simpel teori, dels efter en teori omfattende koincidensvirkning. Det fremgår af de i figuren angivne måleresultater, at dørplader med hulrum kan virke lydteknisk som enkeltkonstruktioner.

Dørplader som dobbeltkonstruktion

Lydisolations for en dørplade udført som dobbeltkonstruktion afhænger for frekvenser under konstruktionens resonansfrekvens f_R af dørpladens vægt per arealenhed og for frekvenser over resonansfrekvensen af pladevægt, afstand mellem plader, pladernes indbyrdes forbindelse og deres bøjningsstivhed. Dørpladens lydisolations måles som beskrevet for enkeltkonstruktioner. Målinger viser, at lydisolations for dobbeltkonstruktioner kan være mere end 10 dB højere end for vægtmæssigt ækvivalente enkeltkonstruktioner.

I henhold til ovenfor angivne definition består en dørplade som dobbeltkonstruktion af pladelag uden indbyrdes forbindelse eller kun forbundne med let sammentrykkeligt materiale. I praksis kan dørplader vanskeligt udføres som egentlige dobbeltkonstruktioner. Almindelige dørplader udført af rammer med pladebeklædning kan i nogle tilfælde virke som dobbeltkonstruktioner. Jo mindre bøjningsstiv pladebeklædning, der anvendes til en dørplade, desto mindre forringer en fælles ramme lydisolations og desto bedre virker dørpladen som dobbeltkonstruktion. Plader med ringe bøjningsstivhed er i reglen tynde plader. Træ har stor stivhed i forhold til sin vægt, men hvis der i en træplade fræses riller i længde- og tværretningen, nedsættes stivheden, uden at vægten nedsættes tilsvarende. Mange stålpladedøre virker som dobbeltkonstruktioner, idet stålpla-

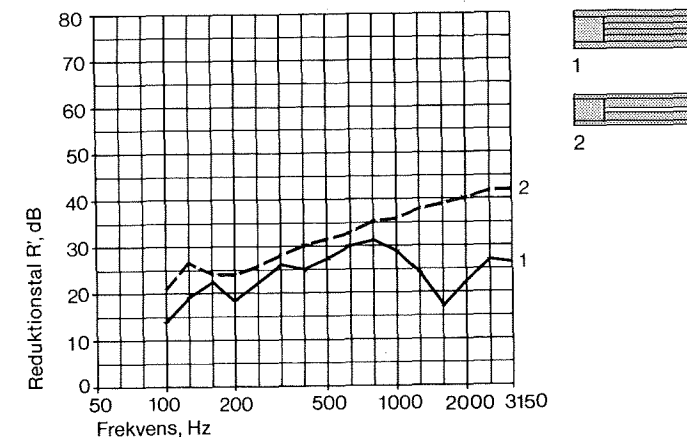
Resonansfrekvensens betydning

Dobbeltkonstruktioner i praksis

Virkingen af pladebeklædningers bøjningsstivhed

derne i reglen er meget tynde og dermed har en ringe bøjningsstivhed.

Sammenligning mellem lydisolations for dørplader som enkeltkonstruktion og som dobbeltkonstruktion er vist i figur 5.



Figur 5. Lydisolation for to dørplader som funktion af frekvensen. Kurve 1: Enkeltkonstruktion, massiv dørplade, tykkelse 50 mm, vægt 22 kg/m^2 (plade 1). $R_m = 24 \text{ dB}$, $I_{a,lab} = 21 \text{ dB}$. Kurve 2: Dobbeltkonstruktion, dørplade med adskilte pladelag med afstand 0-1 mm, tykkelse 41 mm, vægt 16 kg/m^2 (plade 2). $R_m = 32 \text{ dB}$, $I_{a,lab} = 36 \text{ dB}$.

(Efter Gösele.)

Døre med særlig stor lydisolations

Døre til anvendelse under ekstreme lydforhold

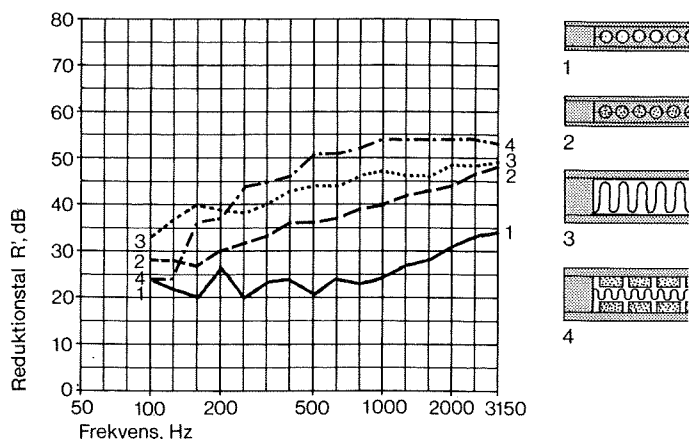
Døre med lydisolations fra 40 dB til 50 dB anvendes i rum, hvor der enten frembringes meget høje eller skal sikres meget lave støjniveauer. Døre med så stor lydisolations seriefremstilles ikke i Danmark, men døre med større lydisolations end 35 dB fremstilles af nogle udenlandske firmaer, som giver garanti for den lydtekniske kvalitet. Det er en forudsætning for al garanti, at dørene indsættes nøjagtigt efter fabrikanternes anvisninger. Fælles for disse døre er, at dørpladerne i reglen udføres som dobbeltkonstruktioner og som oftest af stål, hvis de da ikke samtidig skal tjene andre

Sand i hulrum kan øge lydisolationen

formål, som for eksempel isolering mod elektromagnetisk eller radioaktiv stråling.

Lydisolationen for dørplader med forskellige tykkelser, mellemlag og udfyldninger af hulrum fremgår af figur 6.

Undersøgelser har vist, at udfyldning med mineraluld af dørpladers hulrum i de fleste tilfælde ikke giver nogen væsentlig forøgelse af lydisolationen. Derimod medfører udfyldning af hulrum med sand ofte en betydelig forøgelse af lydisolationen, sammenlign kurverne 1 og 2 i figuren.



Figur 6. Lydisolation for fire dørplader som funktion af frekvensen.

Dørpladerne 1 og 2 har afspærringer af tynd krydsfiner, mellemlag af spånplade med langsgående 22 mm cirkulære udsparringer per 30 mm og tykkelse 39 mm.

Dørpladerne 3 og 4 har afspærringer af 8 mm krydsfiner, hulrum udfyldt med mineraluld og tykkelse 70 mm.

I plade 3 findes blylag og i plade 4 sandfyldte kanaler på afspærringernes indvendige sider.

Kurve 1: Udsparringer uden udfyldning, vægt 17 kg/m^2 (plade 1).
 $R_m = 25 \text{ dB}$, $I_{a,lab.} = 27 \text{ dB}$.

Kurve 2: Udsparringer udfyldt med sand, vægt 33 kg/m^2 (plade 2).
 $R_m = 37 \text{ dB}$, $I_{a,lab.} = 40 \text{ dB}$.

Kurve 3: Afspærringer pålimet 1,5 mm blyplade, vægt 46 kg/m^2 (plade 3).
 $R_m = 43 \text{ dB}$, $I_{a,lab.} = 46 \text{ dB}$.

Kurve 4: Afspærringer pålimet 12 mm tykke sandfyldte kanaler, vægt 38 kg/m^2 (plade 4).
 $R_m = 46 \text{ dB}$, $I_{a,lab.} = 48 \text{ dB}$.

(Efter Gösele.)

Karmfals, frigang og anslag

Dobbeltfals bedre end enkeltfals

Forholdet mellem frigang og anslag

Frigang ifølge DS 1028.2

Tætningslister

Anslagstætningslister bedre end slæbelister

Tæthed mellem dørplader og dørkarme

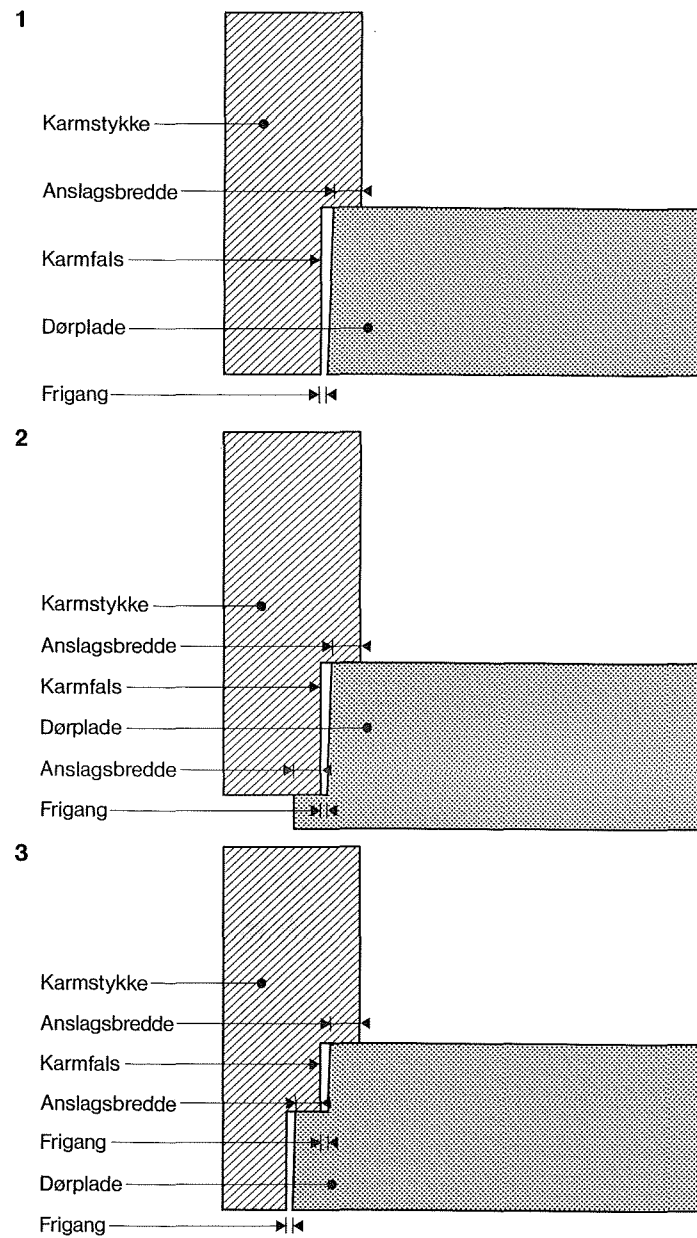
En dørplade er normalt hængslet i dørkarmen i en fals, karmfalsen, som omslutter dørpladen med fornøden »luft« eller frigang for åbning og lukning og desuden danner anslag for dørpladen i dørkarmen. Luftmellemlag i karmfalsen kan være en væsentlig vej for lydtransmission gennem en dør. Det er derfor vigtigt, at frigangen er lille og anslaget tæt, således at lydtransmissionen ad denne vej er ubetydelig i forhold til transmissionen gennem dørpladen. Jo større lydisolationsdørpladen har, desto mindre må transmissionen gennem frigang og anslag altså være. Med dobbeltfals opnås, alt andet lige, mindre lydtransmission end med enkeltfals. Enkeltfals kombineret med overfals svarer lydteknisk til dobbeltfals, se figur 7.

For at opnå tilstrækkelig stor dæmpning med anslag uden speciel tætning, skal frigangen være meget snæver i forhold til længden af transmissionsvejen i karmfalsen. Dette betyder for en dørplade med en given lydisolationsværdi, at jo mindre tykkelse pladen har, desto mindre må frigangen være eller desto større må anslagsbredden gøres. Da døre skal kunne åbnes og lukkes med beskeden kraft uden friktion i fals, og da variationer i den relative luftfugtighed medfører formændringer af dørkarme og -plader af træ, er der en nedre grænse for frigangens størrelse. Ifølge Dansk Standard 1028.2 »Indvendige, énfløjede døre af træ. Karm- og dørplademål« 1968 kan dørpladers frigang variere mellem 1 og 3 mm med overholdelse af angivne tilvirkningstolerancer.

For at opnå tæthed i anslag kan der anvendes anslagstætningslister, forudsat at anslagsbredden er tilstrækkelig til, at tætningslisterne kan aktiveres korrekt. Også i frigangen kan der anvendes tætningslister, monteret som slæbelister i karmfals eller dørplade.

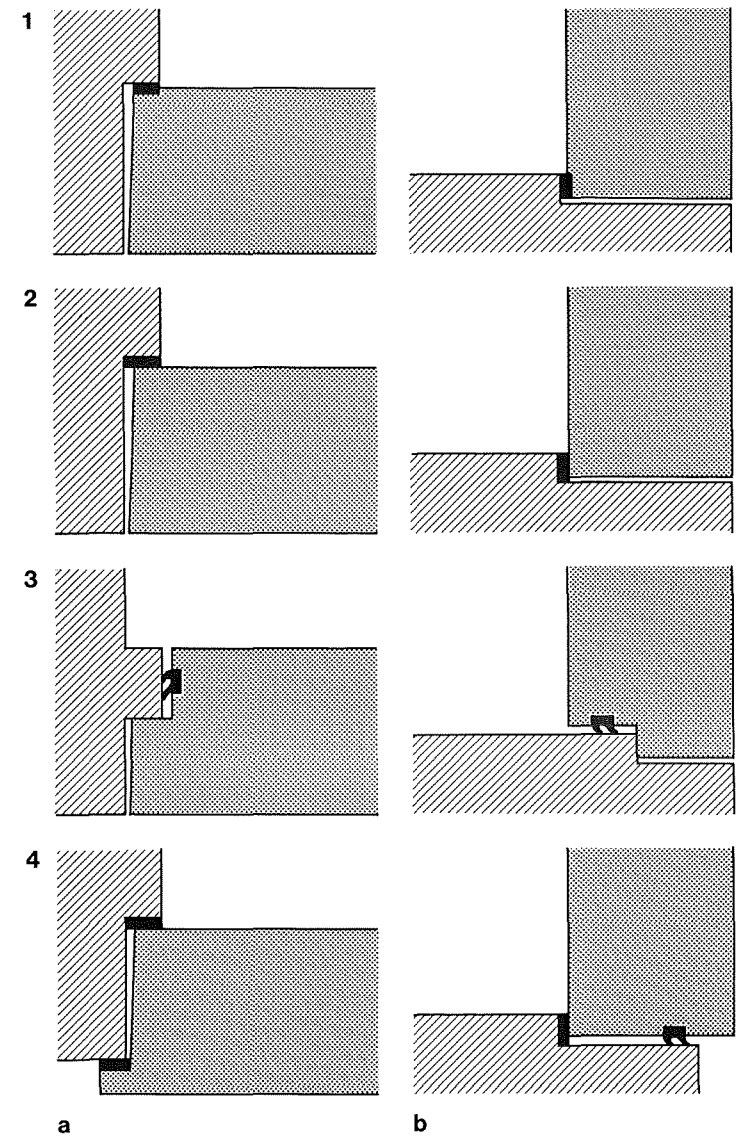
Tætningslister formindsker lydtransmissionen og kan være nødvendige i døre, som skal give stor lydisolationsværdi. I døre med dobbeltfals eller overfals bør der anvendes tætningslister i begge anslag. Tætningslister skal være gennemgående uden stød, eventuelle hjørnesamlinger skal være varigt tætte.

Eksempler på tætningslister i undersøgte entrédøre er vist i figur 8. De anvendte typer af tætningslister er ikke undersøgt nærmere, men det er et almindeligt indtryk, at anslagstætningslister giver en mere sikker tætning end slæbelister,



Figur 7. Dørpladers frigang og anslag i karmfals. Snit i side- og overkarmstykker, mål 1:2,5.

1. Dørkarm med enkeltfals.
2. Dørkarm med enkeltfals, dørplade med overfals.
3. Dørkarm med dobbeltfals.



Figur 8. Placering af tætningslister i karmfals. Snit i side- og overkarmstykker (a) og underkarmstykker (b), mål 1:2,5.

1. Anslagstætningsliste monteret på dørplade.
2. Anslagstætningsliste monteret i karmfals.
3. Slæbeliste monteret i dørplade.
4. Anslagstætningslister monteret i karmfals og på dørpladens overfals, slæbeliste monteret i dørpladens underside (som ikke er overfalsset).

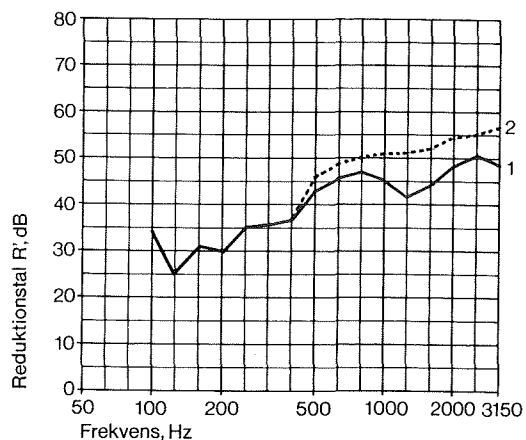
Eksempel på kontrol af indsatte entrédøres lydisolations

hvis virkning afhænger af tilfældige variationer i frigangen. Hertil kommer, at effektivt virkende slæbelister gør det vanskeligt at åbne og lukke dørene.

I figur 9 er vist måleresultater for en væg med entrédør med tætte fuger. En bygherre havde ønsket at få fastslået, om leverede og indsatte entrédøre havde en lydisolations svarende til leverandørens specifikation. Dørene, som havde dobbeltfals og tætningslister, skulle ifølge leverandørens opgivelse have et middelreduktionstal på 36 dB, målt i laboratorium, og bygherren havde valgt dørene blandt andet på grund heraf.

Måling i bygningen viste, at dørene opfyldte kravet til lydisolations i BR-72 ($R'_m = 30$ dB) men ikke leverandørens specifikation.

Dørene var indsat i vægge, hvis lydisolations var mere end 20 dB større end dørenes lydisolations, det vil sige, at lyd-



Figur 9. Lydisolation for en væg med entrédør målt i bygning som funktion af frekvensen. Fuge mellem dørkarm og væg korrekt stoppet.

Kurve 1: Tætningslister mellem karm og dørplade som leveret.

BR-72: $R'_m = 33$ dB.

BR-77: $R'_m = 40$ dB, $I_a = 44$ dB.

Kurve 2: Mellem dørplade og karm og mellem karm og væg yderligere tætnet med tape.

BR-72: $R'_m = 36$ dB.

BR-77: $R'_m = 43$ dB, $I_a = 46$ dB.

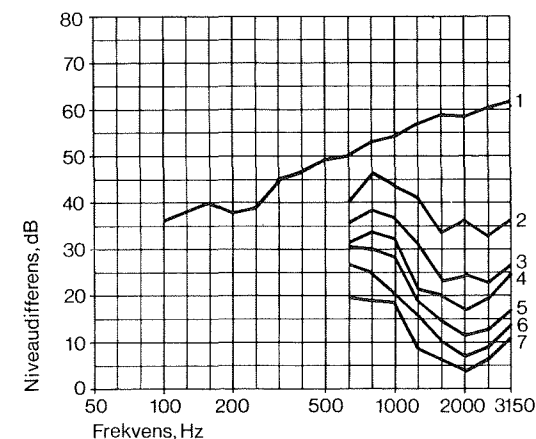
Lydisolationen er ifølge BR-72 målt for dør alene, ifølge BR-77 for væg med dør.

Tætningslister skal aktiveres korrekt

Lydtransmission gennem revner og spalter

transmissionen gennem væggene var uden betydning for måleresultatet, kurve 1. Et måleresultat svarende til laboratorieresultatet kunne kun opnås, når såvel fugen omkring karmen som dørpladens frigang og anslag var helt tætte, det vil sige her lukket med tape, kurve 2. Forskellen mellem kurverne var i dette tilfælde ikke særlig stor, men den er generel og indikerer, at døres lydisolations i væsentlig grad afhænger af tætheden i anslag eller frigang. Herunder skjuler sig et måske prekært problem, nemlig at det almindelige dørbeslag, lås med slutblik og almindelige hængsler, ikke fungerer tilfredsstillende sammen med anslagstætningslister, som kræver en jævn påvirkning og sammentrykning i deres fulde udstrækning.

Til belysning af fugers lydtekniske virkninger og lydisolations er foretaget en undersøgelse af lydtransmissionen gennem en betonvæg med gennemgående spalte med variabel bredde, se figur 10. Resultaterne viser, at selv en ganske smal spalte mellem 0,0 og 0,1 mm giver en betydelig forøgelse af lydtransmissionen, især ved høje frekvenser, og at lydtransmissionen øges med stigende spaltebredde i et bredt frekvensområde. (Se også Jørgen Kragh, 1970, og Lydteknisk Laboratorium, 1974).



Figur 10. Niveaudifferenser for en 100 mm betonvæg målt nær væggen som funktion af frekvensen. I væggen var en 0,5 m lang spalte med variabel bredde.

Kurve 1: Tæt væg uden spalte.

Kurve 2-7: Væg med spalte med bredder på henholdsvis 0,1 mm, 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 5 mm og 10 mm.

Indsætning af entrédøre

Lydisolationen afhænger af tæthed i fuger om dørkarme

De fleste entrédøre leveres af fabrikanterne uden montage, idet indsætning af døre i bygning som regel henhører under snedkerentreprisen. Derved overlades den for dørenes lydisolation helt væsentlige tætning af fuger om dørkarme til håndværkere, som sjældent har den nødvendige forståelse af fugetætningens betydning for lydisolationen.

Måleresultater har vist, at lyddæmpning i fuger først og fremmest afhænger af korrekt tætning med materialer, som sikrer varig tæthed.

Karmfuger

Karmfugers stopning
Fugedybde og fugebredde

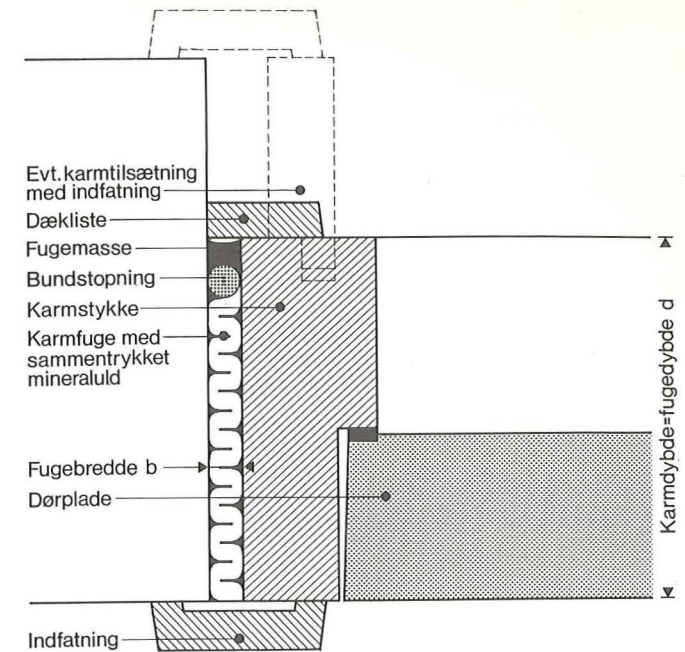
Fuger om karme, karmfuger, skal stoppes i fuld karmdybde og således, at fugernes lydisolation mindst svarer til dørpladernes lydisolation. Fugerne bør være 10–12 mm brede og ikke smallere end 5 mm eller bredere end 20 mm. For at opnå tilfredsstillende lydisolation er det nødvendigt, at fuge- dybden d er stor i forhold til fugebredden b , og forholdet d/b bør være større end 8, se figur 11. Fugebredder over 20 mm er i alle tilfælde utilfredsstillende. Der findes talrige eksempler på, at døre er indsat i dørhuller, som har været så meget for høje, at fuger over dørkarme knapt har kunnet dækkes af indfatninger. Hvis dørhuller er mere end 40 mm bredere eller højere end dørkarme, er påforing i murfals eller på karme nødvendig.

For store dørhuller

Fugestrimler

For døre som skal opfylde de i BR angivne krav til lydisolation, kan fuger stoppes i fuld karmdybde med fugestrimler af mineraluld i henhold til dørfabrikanternes anvisninger. Stopning alene med mineraluld giver i praksis ikke tilstrækkelig tæthed. Fuger bør derfor desuden forsegles i den ene side med fugemasse. Det er for døre i indervægge underordnet, hvilken side der forsegles, men tilfugning med mør-

Fugeforsegling



Figur 11. Karmfuge. Snit i side- og overkarmstykke, mål 1:2,5. Under underkarmstykke stoppes og forsegles på samme måde.

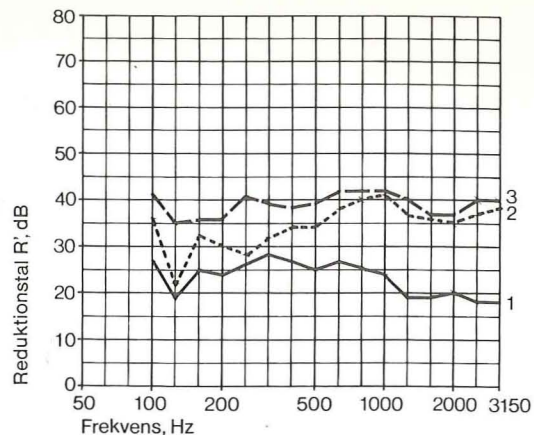
Fugestopningens betydning

tel kan ikke erstatte forsegling. Hvor der anvendes karmtilsætning eller lysningspanel, skal forseglingen anbringes mellem karm og væg.

I figur 12 er vist et måleresultat for en dør med dobbeltfals med tætningslister af neopren. Døren skulle ifølge leverandørens angivelse have et middelreduktionstal på 34 dB. Ved den første måling var karmfugen ikke stoppet og middelreduktionstallet blev 16 dB, kurve 1. Ved den næste måling var fugen stoppet ved sidekarmstykke og overkarmstykke, hvorefter middelreduktionstallet blev 27 dB, kurve 2. Efter stopning ved underkarmstykke målt middelreduktionstallet til 32 dB, kurve 3. En yderligere stigning i middelreduktionstallet kunne ikke opnås gennem øget tæthed ved karmfuger.

Stopnings- tæthed

Dæmpningen i fuger stoppet med mineraluld afhænger af stopningstætheden. Med stor stopningstæthed kan opnås en



Figur 12. Lydisolation for en væg med entrédør målt i bygning som funktion af frekvensen.

Kurve 1: Stopning udeladt omkring dørkarm.

BR-72: $R'_m = 16$ dB.

BR-77: $R'_m = 23$ dB, $I_a = 21$ dB.

Kurve 2: Stopning udeladt under dørkarm.

BR-72: $R'_m = 27$ dB.

BR-77: $R'_m = 34$ dB, $I_a = 37$ dB.

Kurve 3: Korrekt stopning omkring dørkarm.

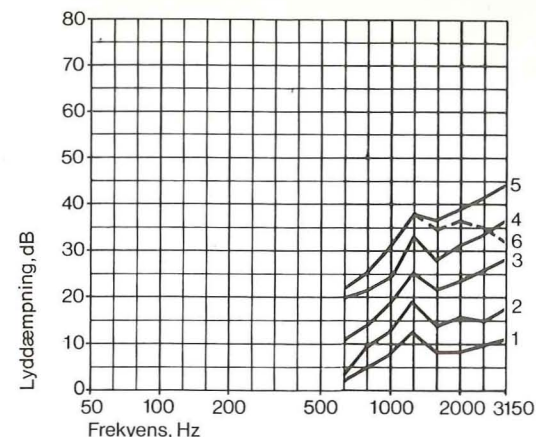
BR-72: $R'_m = 32$ dB.

BR-77: $R'_m = 39$ dB, $I_a = 40$ dB.

Lydisolationen er ifølge BR-72 målt for dør alene, ifølge BR-77 for væg med dør.

dæmpning, som meget nær svarer til, at fugen har samme lydisolation som væggen. Det er interessant, at der ved påsætning af et lag svær tape over fugen på begge sider kan opnås næsten samme resultat som med den bedste stopning, når der ses bort fra de højeste frekvenser, se figur 13.

Det er i øvrigt vanskeligt at etablere tilfredsstillende målebetingelser i praksis for bestemmelse af den maksimale lyd-dæmpning for en fugestopning, idet der ikke kan måles større lyd-dæmpning for fugen end svarende til niveaudifferensen for en væg med samme tykkelse som fugedybden. Fuger med mindre tykkelser end 10 mm og stoppet med mineraluld, svarende til Glasuldfilt komprimeret til cirka 60 kg/m³ eller Rockwool Pladebatts 2, har eksempelvis ved la-



Figur 13. Lyddæmpning for en 10 mm fuge med en dybde på 100 mm som funktion af frekvensen. Fugen tætnet på forskellige måder eller med forskellige materialer.

Kurve 1: Glasuld Fugefilt, cirka 15 kg/m³, eller Rockwool Handy-Batts.

Kurve 2: Glasuldfilt, cirka 30 kg/m³ (Glasuld 15 kg/m³ komprimeret).

Kurve 3: Rockwool A-Batts.

Kurve 4: Rockwool A-Batts komprimeret cirka 2 gange.

Kurve 5: Glasuldfilt komprimeret til cirka 60 kg/m³ eller Rockwool Pladebatts 2.

Kurve 6: Fugen ikke stoppet, men tætnet med tape på begge sider.

boratoriemåling vist sig at opnå samme lyd-dæmpning som forskellen mellem niveaudifferenser for en væg målt uden fuge og med fuge, sammenlign figurerne 10 og 13.

Indsætningspraksis

Lydisolationen er afhængig af arbejdskvaliteten

Foruden den isoleringsmæssige kvalitet af de anvendte entrédøre er det i praksis kvaliteten af arbejdet ved indsætningen af dørene, som er afgørende for, hvilken lydisolation der opnås.

Arbejdsgrundlaget er ikke altid i orden

At mange entrédøre ikke opfylder kravene i BR skyldes i de fleste tilfælde dårligt udført indsætningsarbejde, især stopning af karmfuger. Men det må fremhæves, at i alt for mange tilfælde er betingelserne for korrekt udførelse af ind-

Fugestopning under døre mangler som regel

Tætningslister fungerer dårligt

Vindskæve dørplader forringer lydisolationen

Brevskilte lukker ikke tæt

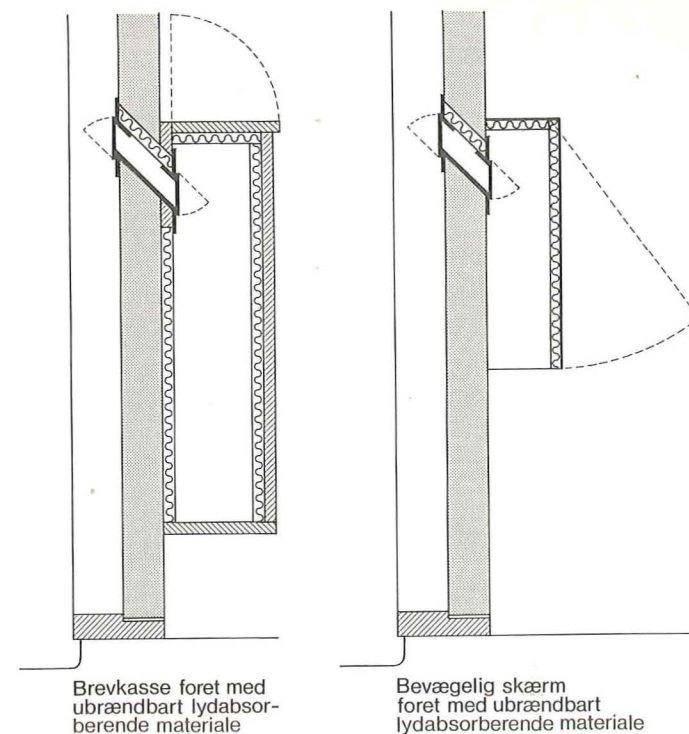
Lydisolerende brevkasser

sætningsarbejdet ikke opfyldt. De fleste døre indsættes nemlig i de respektive dørhuller, uanset om disse er meget for store eller lidt for små, det vil sige, at mulighederne for udførelse af tætte karmfuger ikke er til stede. I dørhuller, som er for store, udføres der i almindelighed kun påforinger i murfals eller på dørkarme, når det er nødvendigt af hensyn til karmenes fastgørelse. Når påforinger kan skjules af dørindfatninger, udføres de i reglen kun ud for karmenes fastgørelsespunkter. En anden almindelig fejl er, at udstøbning under entrédøre er udeladt, se figur 16, og at trægulve er ført ind under karme, hvilket vanskeliggør en tilfredsstillende stopning. Mangelfuld fugestopning er i det hele taget den hyppigst forekommende fejl ved indsætning af entrédøre, for stopningen under dørene endog så vidt, at denne næsten altid mangler.

Andre hyppige indsætningsfejl må tilskrives unøjagtighed ved opstilling af karme og disses tilpasning til dørplader. Med for stor frigang, henholdsvis for lille anslagsbredde bliver tætningslister ofte næsten virkningsløse. Hvis slippet mellem låsefaller og slutblik er for stort, eller hvis der er slør i låsefaller, får dørpladerne for stor bevægelsesmulighed med utætte anslag til følge. I disse tilfælde, samt når der anvendes dørplader, der er blevet vindskæve på grund af forkert behandling under transport og opbevaring før indsætning, hvilket ikke er ualmindeligt, får tætningslisterne ikke den tilsigtede og nødvendige jævnt fordelte trykpåvirkning med lukkede døre. Unøjagtighed ved indsætningsarbejdet forringer således dørenes lydtekniske egenskaber væsentligt.

I en entrédør med udskæring for brevindkast og med brevskilt øges lydtransmissionen, hvis brevskiltet af en eller anden grund ikke lukker tæt. Det er nødvendigt, at brevskilte med selv små skævheder rettes eller udskiftes, men i praksis sker dette sjældent. Godkendte og DS-mærkede døre må ikke uden videre forsynes med brevskilte eller med skilte af anden type end anvendt ved afprøvningen, og brevskilte skal være varigt tætte. Lydtransmissionen gennem en dør med udskæring med brevskilt kan i øvrigt formindskes med en skærm eller brevkasse, foret med lydabsorberende materiale, som under hensyn til risiko for brand bør være ubrændbart, se figur 14.

Brevskilte med dobbelt lukke og ubrændbart absorptionsmateriale



Figur 14. Lyddæpende brevkilte og brevkasser, mål 1:10.

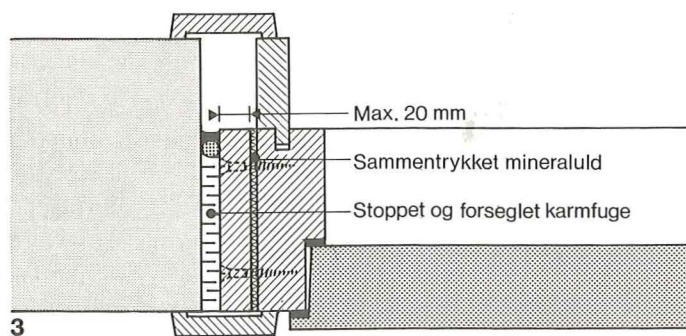
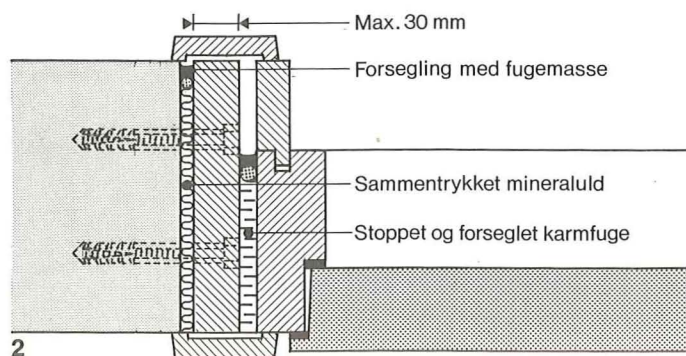
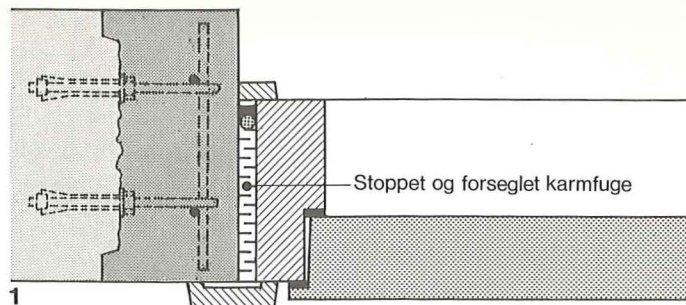
Korrekt indsætning

Kvalitetskrav til dørleverancer

Tilpasning mellem dørhuller og dørkarme

Til entrédøre bør anvendes DS-mærkede lydisolerende døre i lydklasse 30 dB, hvilket vil sige døre med middelreduktionstal på mindst 34 dB. Dørplader må ikke være vindskæve, ligesom dørkarme skal være formstabile. Beslag samt tætningslister skal være ubeskadigede og påsat således, at dørplader lukker og slutter tæt.

Hvor et dørhul, for eksempel på grund af en udførelsesfejl, afviger så meget i bredde eller højde fra dørkarmens ydermål, at fugebredden mellem karm og væg bliver mindre end 5 mm eller større end 20 mm, skal dørhullet, for at en effektiv fugestopning kan udføres, tilpasses ved afhugning eller påforing i fals. Eventuelt kan påforing ske på karm, se figur 15.



Figur 15. Tilpasning i for store dørhuller, mål 1:5.

1. Forankret påstøbning i betonfals.
2. Træ påboltet fals.
3. Træ påskruet karm.

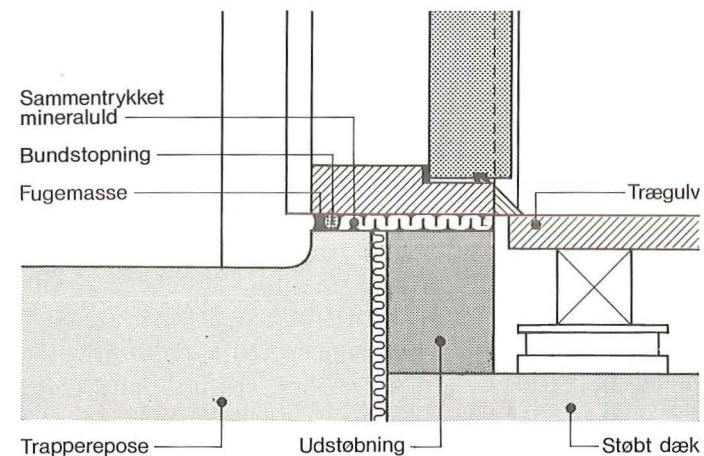
Påforing i dørhuller

Påforing på dørkarme

Udstøbning under dørkarme

Påforing i dørhul i støbt væg skal udføres ved forankret påstøbning og i muret væg ved fortandet udmuring. Påforing med træ kan dog tillades i dørhullets ene sidefals og i overfals, forudsat at der anvendes massivt, højst 30 mm tykt træ i hele falsens dybde, og at der mellem fals og påforing anbringes et lag mineraluld, som langs én side forsegles med fugemasse. Påforing på dørkarm kan tillades på ét sidekarmstykke og på overkarmstykke, forudsat at der anvendes massivt, højst 20 mm tykt træ i hele karmens dybde, og at der mellem karm og påforing anbringes et lag mineraluld. Påforingsbrædder må ikke stødes i højde og bredde.

Hvor trappereposer ikke er ført ind under entrédøre eller kun er ført delvis ind, skal der under døre udføres udstøbning som underlag for fugestopning. Trægulve må ikke føres ind under entrédøre, se figur 16.



Figur 16. Udstøbning under entrédøre. Lodret snit, mål 1:5.

Udstøbning mangler ofte, hvorfor en tilfredsstillende stopning under karm ikke kan udføres.

Stopning og forsegling af karmfuger

Stopning af karmfuger skal ske med mineraluld, der komprimeres til en tæthed på cirka 60–80 kg/m³. Dette svarer til 3–4 gange komprimering, afhængigt af om der anvendes Glasuldfilt eller normale Rockwoolbatts. Stopningen er i praksis vanskelig at få udført tilfredsstillende, hvorfor det generelt må tilrådes at afslutte al fugestopning omkring entrédøre med forsegling med fugemasse i én side.

Lydklasser og bygningsreglementets krav

3 lydklasser ifølge DS 1082

Middelreduktionstal for DS-mærkede døre

Monteringsvejledning skal følges

DS-mærkning gælder også i Norge og Sverige

Vægge med entrédøre

Klasseinddeling af døres lydisolations

Døre kan klasseinddeles og mærkes efter Dansk Standard 1082 »Lydisolerende døre. Klasseinddeling« 1976. Ifølge denne standard kan lydisolerende døre mærkes i tre lydklasser som henholdsvis 25 dB-, 30 dB- og 35 dB-døre. For at sikre at dørene i praksis giver en lydisolations, som angivet ved klassemærkerne, skal dørenes middelreduktionstal ved prøvning i laboratorium være mindst 28 dB, henholdsvis 34 dB og 39 dB, altså 3–4 dB større end mærket angiver.

DS-mærkede døre skal indsættes i bygningerne på nøjagtig samme måde som ved prøvningen i laboratoriet, og med hver dør skal leveres en monteringsvejledning, der nøje skal følges, for at døren kan give den forudsatte lydisolations. Det er en betingelse for DS-mærkning af døre, at der ikke foretages ændringer af dørenes konstruktion uden godkendelse fra Dansk Standardiseringsråd.

Døre, som er certificerede og mærkede i overensstemmelse med DS 1082, er i princippet dermed også godkendt til anvendelse som lydisolerende døre i Norge og Sverige, idet tilsvarende standarder er gældende i disse lande.

Bygningsreglementets krav til døres lydisolations

I BR-77 stilles ingen direkte krav til døres lydisolations, men i reglementet findes krav til lydisolations for visse vægge med døre.

Ifølge BR-77 skal vægge med entrédøre mellem boliger og fælles rum og vægge med døre mellem beboelseseenheder og fællesrum i hoteller, kollegier, kostskoler, plejehjem og lignende, have en lydisolations på mindst $I_a = 39$ dB. Dette krav kan opfyldes med døre i lydklasse 30 dB.

Vægge med brede døre i institutioner

Vægge med døre i bygninger til undervisningsformål

Hvis der i plejehjem og tilsvarende institutioner af hensyn til sengetransport findes brede døre, hvorved menes døre med modulbredde = 12 M, i vægge mellem fælles rum og beboelseseenheder, skal disse vægge med døre have en lydisolations på mindst $I_a = 34$ dB. Dette krav kan opfyldes med døre i lydklasse 25 dB.

I bygninger til undervisningsformål skal lydisolations for vægge med døre mellem undervisningsrum og fælles gange være mindst $I_a = 34$ dB og for vægge med døre mellem undervisningsrum mindst $I_a = 44$ dB. Disse krav kan opfyldes med døre i lydklasse 25 dB, henholdsvis lydklasse 35 dB.

Måling og vurdering af døres lydisolation

En dør kan lydteknisk betragtes både som en selvstændig bygningskomponent og som en del af den væg, hvori den er indsat. I BR-77 findes kravene til døres lydisolation som krav til lydisolationen for de af vægge og døre sammensatte bygningsdele. En sammensat bygningsdels lydisolation kan umiddelbart bestemmes ved måling. Lydisolationen for en dør som selvstændig komponent kan ikke bestemmes på samme enkle måde men må beregnes på grundlag af lydisolationen for en væg uden dørhul og for en tilsvarende væg med dørhul og indsat dør.

En bygningsdels lydisolation angives ved dens reduktions-tal R som funktion af frekvensen. Reduktionstal er logarit-miske udtryk for dæmpning af lydenergi under dens trans-mission gennem bygningsdelen og bestemmes som funktion af 16 centerfrekvenser per tredjedel oktav mellem 100 Hz og 3150 Hz. De 16 tredjedelsoktaver dækker tilsammen fre-kvensområdet 90 Hz til 3550 Hz. Middelværdien af de 16 re-dukutionstal er bygningsdelens middelreduktionstal R_m .

Måling i laboratorium

I laboratorier anvendes til måling af bygningsdeles lydisola-tion to rum, mellem hvilke flanketransmission er uden be-tydning for måleresultaterne. Som adskillelse mellem de to rum indsættes den bygningsdel, som skal måles. Den adskil-lende bygningsdel skal ifølge DS/ISO 140 part III være cirka 10 m² og målerummene, sende- og modtagerummet, hver på mindst 50 m³. I senderummet frembringes med en højttaler et passende højt lydtrykniveau for frekvensområ-det 100–3150 Hz. Lydtrykniveauer måles i sende- og mod-tagerum og forskelle mellem niveauerne er mål for lydisola-tionen mellem rummene.

Døres lydisolation kan ikke måles direkte

Reduktionstal R for 16 frekvenser

Middel-reduktionstal

Sende- og modtagerum

Lydisolationen udtrykt ved differenser mellem lydtryk-niveauer

Beregning af reduktionstal R

Ligevægts-betingelse for transmission af lydenergi

Beregning af døres reduktions-tal R_D

Reduktionstal R for den adskillende bygningsdel bestem-mes af følgende udtryk:

$$R = L_S - L_M + 10 \log \frac{S}{A_M} \text{ dB} \quad (1)$$

hvor L_S og L_M er middelværdier af lydtrykniveauer målt i flere mikrofonpositioner i henholdsvis senderum og mod-tagerum, S er arealet af bygningsdelen i m² og A_M er antal-let af absorptionsenheder i modtagerummet. Absorptionen angives i m² Sabine (dvs. fuldstændigt lydabsorberende areal) og bestemmes på grundlag af middelværdien af efter-klangstiden målt i flere punkter i modtagerummet.

For at kunne beregne en dørs reduktionstal er det nødven-digt at kende reduktionstal både for væggen uden dørhul og for væggen med dør. Da reduktionstal er logaritmiske, kan dørens reduktionstal ikke findes ved simpel subtraktion. Men da reduktionstal udtrykker transmissionsegenskaber, kan der ud fra en ligevægtsbetingelse opstilles følgende ud-tryk:

$$10^{-\frac{R_S}{10}} \cdot S_S = 10^{-\frac{R_V}{10}} \cdot S_V + 10^{-\frac{R_D}{10}} \cdot S_D \quad (2)$$

som siger, at den lydenergi, der transmitteres gennem area-let af den sammensatte bygningsdel, væg med dør, er lig med den samlede lydenergi, der transmitteres gennem arealerne af de komponenter, væg og dør, som indgår i den sammensatte bygningsdel. R_S er reduktionstal for den sam-mensatte bygningsdel, R_V for væggen uden dørhul og R_D for døren. S_S er arealet af den sammensatte bygningsdel, S_V er vægarealet alene og S_D dørens areal, altså $S_S = S_V + S_D$.

Af (2) kan dørens reduktionstal ved nogen regning ud-trykkes explicit:

$$R_D = R_S - 10 \log \frac{S_S}{S_D} + 10 \log \left(1 - \frac{S_V}{S_S} \cdot 10^{\frac{R_S - R_V}{10}} \right) \text{ dB} \quad (3)$$

Når R_S og R_V for væg med dør, henholdsvis væg uden dørhul, er bestemt af (1), og værdierne indsat i (3), kan R_D beregnes.

Forenklet beregning af entrédøres reduktionstal R_D

Hvis R_V er meget større end R_D , hvilket i reglen er tilfældet for entrédøre, kan transmissionsbidraget fra væggen anses for at være forsvindende. Første led på højre side i (2) falder hermed bort og (2) reduceres til to led, som fører til:

$$R_D \approx R_S - 10 \log \frac{S_S}{S_D} \text{ dB} \quad (4)$$

Da entrédøres areal er næsten 2 m^2 og arealet af væg med dør er cirka 10 m^2 , er forholdet mellem S_S og S_D cirka 5, hvilket er ensbetydende med, at R_D er omkring 7 dB mindre end R_S . Ved laboratoriemåling af døre kan der normalt ikke ses bort fra transmissionsbidraget gennem væggen for hele frekvensområdet, hvorfor R_D må beregnes af (3).

Måling i bygning

Sende- og modtagerum

I bygninger måles lydisolationen for en væg med entrédør ved at anvende trapperum eller fælles gang som senderum og det umiddelbart inden for døren liggende rum, entré eller opholdsrum, som modtagerum. Hvis rummet inden for entrédøren kun er et vindfang eller lignende gennemgangsrum til boligen, anvendes rummet efter vindfanget som modtagerum, også hvor der fra gennemgangsrum er adgang til pulterum, skabsrum og lignende.

Beregning af reduktionstal R'

Ved måling i bygning bestemmes reduktionstal for bygningsdele på samme måde som ved måling i laboratorium, dog anvendes følgende udtryk:

$$R' = L_S - L_M + 10 \log \frac{S}{A_M} \text{ dB} \quad (5)$$

Mærket ' indicerer, at måling er foretaget under betingelser, hvor der forekommer flanketransmission, og benyttes generelt for resultater fra målinger i bygninger. De i (2) og (3) og (4) forekommende reduktionstal målt i bygning betegnes således R'_S , R'_V og R'_D . Betegnelserne anvendes i øvrigt også for resultater af målinger i laboratorier, hvor der ikke er truffet særlige foranstaltninger til nedsættelse af flanketransmission mellem sende- og modtagerum. R' kaldes undertiden for »tilsyneladende reduktionstal«.

L_S , L_M og A_M i (5) svarer til de i (1) anvendte betegnelser. S er størrelsen af det fælles areal af væg med dør mellem

sende- og modtagerummet, men indsættes med mindst 10 m^2 *. Dette sammenholdt med, at vægge mod trapperum som regel har 10–20 dB større lydisolations end entrédøre og derfor kun bidrager uvæsentligt til den samlede lydtransmission gennem vægge med døre, medfører at der i praksis ikke er nogen væsentlig forskel på reduktionstallene R_S og R'_S for væg med dør bestemt af henholdsvis (1) og (5).

Beregning af døres reduktionstal R'_D

Når R'_S for en væg med dør er bestemt af (5) og indsat i (4), kan dørens reduktionstal R'_D med tilnærmelse beregnes heraf. Den korrekte værdi af R'_D kan beregnes af (3), hvis reduktionstal R'_V for væggen uden dørhul er kendt eller kan bestemmes af (5) efter måling. Forskelle mellem tilnærmede og korrekte værdier af R'_D er i praksis meget små på grund af de store forskelle mellem vægges og døres reduktionstal.

Af samme grund vil forskelle mellem entrédøres reduktionstal R_D og R'_D være forsvindende. Dette betyder, at når der i (4) indsættes det nævnte mindste fælles areal på 10 m^2 , og R'_D dermed vil være 7 dB mindre end R'_S (analogt med det under laboratoriemåling nævnte forhold mellem R_D og R'_S), så vil for entrédøre både reduktionstal R_D målt i laboratorium og reduktionstal R'_D målt i bygning være 7 dB mindre end reduktionstal R'_S for vægge med døre målt i bygning.

Målenøjagtighed

Diffust lydfelt

Døres reduktionstal bestemmes både i laboratorium og bygning på grundlag af måling af lydtrykniveauer i sende- og modtagerum. Dette forudsætter at lydfeltet i et målerum er tilstrækkeligt diffust, det vil sige, at lydtrykket stort set er det samme overalt i rummet. Denne forudsætning er nogenlunde opfyldt i laboratorier med målerum, hvis efterklangstid er lang, og hvis volumen er cirka 200 m^3 eller mere. I bygninger er forudsætningen dårligere opfyldt end i laboratorier, derfor er målenøjagtigheden betydelig større i laboratorier end i bygninger. Sammenlignende målinger i flere laboratorier af døres lydisolations (Nic. Michelsen, 1976) har vist, at middelreduktionstal for korrekt monterede

Stor målenøjagtighed i laboratorier

* ISO/R 717, der angiver grundlaget for bestemmelse af lydisolations, er for tiden under revision, som forventes at medføre, at der i stedet for et mindste fælles areal på 10 m^2 skal regnes med det faktiske fælles areal.

Ugunstige målevilkår i bygninger

de døre kan forventes at variere inden for $\pm 1,5$ dB, men at forskelle i middelreduktionstal som følge af forskelligt udformede laboratorierum vil være mindre end 0,5 dB.

Ved målinger i bygninger kan denne relativt ringe spredning ikke opnås, det skyldes dels meget varierende målevilkår, dels meget større forskelle i tilfældige fejl og mangler ved dørenes indsætning. Ved målinger i bygninger må desuden anvendes modtagerum, som generelt er mindre end i laboratorier, i enkelte tilfælde kun 1/50 af rumfang i laboratorium, hvilket især medfører øget usikkerhed ved lave frekvenser.

Måleresultaters afhængighed af modtagerums størrelse og form

Ved et byggeri, hvor der blev udført forsøg med rumlige forhold, og hvor rummene skulle simulere en fælles gang og et sygerum, foretog Byggeriets Akustiske Målestation en undersøgelse af måleresultaternes mulige afhængighed af modtagerummets størrelse og form. Sygerummet blev anvendt som modtagerum og ændret successivt ved flytning af skillevægge, hvorved der fremkom rum med otte forskellige voluminer, varierende mellem cirka 4 m³ og 40 m³, og med gulvflader af rektangulær og trekantet form samt vinkel- og u-form. Lydisolationen blev målt for væg med dør mellem fælles gang og det variable rum. I modtagerum blev målt i to serier, den ene med tre mikrofonpositioner cirka 0,6 m fra døren, den anden med tre mikrofonpositioner tilfældigt fordelt i rummet, dog således at der var direkte sigt fra alle mikrofonpositioner til hele dørens areal. Resultatet af målingerne er vist i figur 17, hvoraf ses, dels at der ikke var væsentlige forskelle på udfaldene af de to måleserier, dels at standardafvigelserne var rimelige set i relation til de ovenfor omtalte resultater fra laboratoriemålinger. Enkelte måleresultater tydede på, at med mikrofonpositioner uden direkte sigt til hele døren ville både gennemsnitsværdier og standardafvigelser have været større. Konklusionen af undersøgelsen var, at såvel størrelser og former på modtagerum som mikrofonernes afstande fra målte døre måtte anses for uvæsentlige for måleresultaternes pålidelighed.

Måleresultaters afhængighed af højttalerpositioner i senderum

Ved måling af døres lydisolation i beboelses- og plejehjemsbygninger og lignende er det konstateret, at højttalerpositioner har væsentlig betydning for måleresultaterne. Ved måling af en entrédør mod trapperum anvendes almindeligvis to højttalere placeret på mellemreposer, den ene en

Højttalerpositioner i regulære senderum

Mikrofonpositioner:	0,6 m fra dør i modtagerum	Fordelt i modtagerum med sigt fra mikrofoner til dør
Gennemsnitsværdi af middelreduktionstal R'_m	29,3	29,4
Spredning	+ 2,9	+ 2,8
	- 2,3	- 2,6
Standardafvigelse	1,4	1,4
Gennemsnitsværdi af indeks for luftlydisolation I_a	30,0	30,4
Spredning	+ 1,0	+ 0,6
	- 2,0	- 2,4
Standardafvigelse	1,1	0,9

Figur 17. Lydisolation for en væg med dør til modtagerum med variabel størrelse og form. Resultater fra to måleserier udført med otte forskellige rumstørrelser og -former. Gennemsnitstal for alle otte rum.

halv etage over, den anden en halv etage under etagen med entrédøren, som skal måles. Højttalerne anbringes midt for trappeløbene. Der forekommer ofte situationer, hvor disse højttalerpositioner ikke kan benyttes, men generelt gælder det, at højttalere ikke må stå for tæt ved døre, og at der bør tilstræbes en så jævn lydfordeling foran døre som muligt. Det har derimod vist sig, at mikrofonpositioner forholdsvis tæt ved døre giver resultater, der stort set afspejler den subjektive fornemmelse af dørenes tæthed.

Ved måling af lydisolationen for en væg med dør mellem regulære sende- og modtagerum, for eksempel mellem undervisningsrum, placeres en højttaler i et af senderummets hjørner modsat den fælles væg, og mikrofonpositioner fordeles jævnt i rummene.

Vurdering af døres lydisolation

I BR-66 og BR-72 var kravene til entrédøres lydisolation angivet som mindste middelreduktionstal R'_m for døre målt i bygninger.

Måleresultaterne vurderes og lyd-isolationen I_a bestemmes efter ISO/R 717

Misforståelser som følge af fejlagtige sammenligninger

Forholdet mellem I_a og R'_m

Isolationskravene er samstemmende

I BR-77 er kravene til døres lyd-isolation angivet som mindste lyd-isolation for vægge med døre, målt i bygninger og bestemt i henhold til ISO/R 717 »Rating of sound insulation for dwellings« 1968. I standarden er angivet en vurderingsmetode, hvorefter bygningsdeles luftlydisolation, betegnet I_a , fastlægges på grundlag af reduktionstal R' bestemt som funktion af frekvensen og beregnet af (5), som ovenfor beskrevet.

Det er blevet almindeligt at benytte denne vurderingsmetode også for laboratoriemålinger, hvilket medfører, at en dørs lyd-isolation målt i laboratorium sammenlignes med lyd-isolationen for en væg med dør målt i bygning. Dette forhold fører ofte til misforståelser, idet lyd-isolationen I_a for en væg med dør målt i bygning er 7 dB større end lyd-isolationen $I_{a,lab}$ for døren alene målt i laboratorium ifølge den tidligere omtalte forskel mellem R'_S og R_D . Det har desuden vist sig, at lyd-isolationen I_a for en bygningsdel er cirka 2 dB større end middelreduktionstallet R'_m for den samme bygningsdel.

Dette betyder alt i alt, at kravet i BR-77 om, at lyd-isolationen for en væg med entrédør skal være mindst $I_a = 39$ dB, svarer nøje til det tidligere krav i BR-66 og BR-72 om et middelreduktionstal for en entrédør målt i bygning på mindst 30 dB. Det betyder endvidere, at der med en entrédør klassificeret som 30 dB dør, det vil sige med et middelreduktionstal målt i laboratorium på mindst 34 dB (ifølge DS 1082), kan forventes en lyd-isolation i bygning på cirka $I_a = 43$ dB.

Bestemmelse af lyd-isolation I_a efter ISO/R 717

Bestemmelse af lyd-isolationen I_a sker efter følgende fremgangsmåde. Reduktionstal R' for hver af de målte 16 frekvenser, betegnet måleresultatet, indtegnes i et diagram som kurve 1, se figur 18. Derefter indtegnes en standardiseret vurderingskurve, kurve 2, som placeres over kurve 1.

Luftlydisolationen I_a findes ved, at kurve 2 parallelforskydes mod kurve 1 i trin på 1 dB til en beliggenhed, kurve 3, således at kurve 1 for nogle, eventuelt alle frekvenser har mindre værdier end kurve 3, det vil sige negative afvigelse.

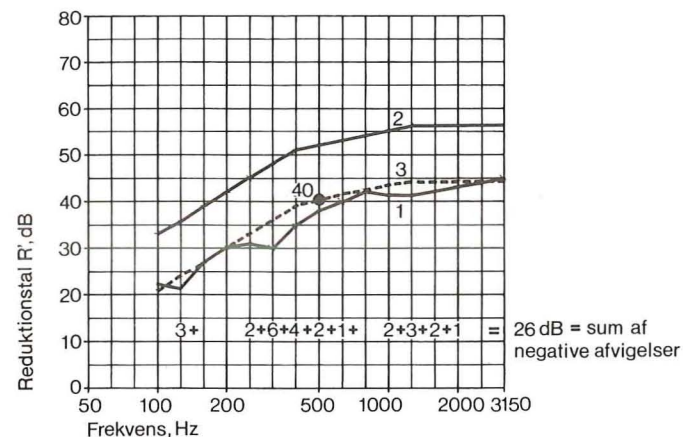
Betingelser, som bestemmer værdien af lyd-isolationen I_a

Den endelige beliggenhed af kurve 3 bestemmes af de negative afvigelser under overholdelse af følgende tre betingelser*:

1. Ingen negativ afvigelse må være større end 8 dB.
2. Hvis én eller flere negative afvigelser er 8 dB, skal summen af alle negative afvigelser være mindre end 32 dB.
3. Hvis alle negative afvigelser er mindre end 8 dB, må deres sum højst være 32 dB.

Ordinatværdien ved 500 Hz for den endelige beliggenhed af vurderingskurven, kurve 3, angiver lyd-isolationen I_a og skal være den størst mulige under opfyldelse af betingelserne.

For det i figur 18 viste måleresultat er $I_a = 40$ dB.



Figur 18. Eksempel på bestemmelse af lyd-isolation I_a for en væg med dør.

Kurve 1: Måleresultat, reduktionstal R' som funktion af frekvensen.

Kurve 2: Standardiseret vurderingskurve.

Kurve 3: Forskydet vurderingskurve, ordinatværdi ved 500 Hz: $I_a = 40$ dB.

* ISO/R717 er for tiden under revision, som forventes at medføre ændring af de angivne betingelser.

Undersøgelsesresultater

Måleresultater

Program for databehandling

For at lette sortering, vurdering og opbevaring af måleresultater fra undersøgelser udført af Byggeriets Akustiske Målestation, er der udarbejdet et program for databehandling (Jørn Kjær, 1974). Ved indlæsning af data fra de enkelte målinger udregnes gennemsnitsværdier, standardafvigelser og spredningsintervaller, både for lydisolations R' som funktion af frekvensen og for lydisolations I_a samt for middeldreduktionstal R'_m . Beregningerne udføres for den samlede mængde af indlæste resultater i en undersøgelse og for delmængder, som for eksempel mærkede døre og døre af samme fabrikat.

Hovedresultat

Ved den gennemførte undersøgelse af entrédøre var det samlede antal måleresultater 327, som blev opdelt i grupper og underkastet statistisk behandling. Resultatet heraf er vist i figur 19, som for hovedgrupper og de tilhørende undergrupper viser antal døre og gennemsnitsværdier af I_a samt standardafvigelser og spredningsintervaller for lydisolations. Desuden er angivet hvor mange procent af hver gruppe, der opfyldte kravene i BR-72, henholdsvis BR-77.

Procentuel fordeling af lydisolations I_a

Den procentuelle fordeling af lydisolations er for hver af de tre hovedgrupper vist i figur 20 og den tilsvarende kumulerede, procentuelle fordeling i figur 21. Af figur 20 ses, at forskelle mellem resultaterne for de dårligste døre i de to hovedgrupper »Ikke-mærkede døre« og »Mærkede døre« ikke har været markante, hvilket der havde været grund til at forvente. Mange mærkede døre havde en lydisolations, der var mere end 10 dB ringere end kravet i BR-77. Generelt set udviste de mærkede døre langt fra den signifikante afgrænsning i forhold til bygningsreglementets krav om $I_a = 39$ dB, som det umiddelbart skulle ventes for DS-mærkede døre, indsat i overensstemmelse med fabrikanternes monteringsanvisninger.

Isolationskravet i BR-77 ikke opfyldt

Hovedgrupper Undergrupper	Antal døre	Gennem- snits- værdi I_a	Stan- dard- afvi- gelse	Spred- nings- interval I_a maks. - I_a min.	Opfylder BR-72 $R'_m \geq 30$ dB	Opfylder BR-77 $I_a \geq 39$ dB
	stk.	dB	dB	dB	%	%
Ikke-mærkede døre ¹⁾	73	29,7	5,7	22	12,3	9,6
Gruppe 1 (gode)	65	30,2	5,6	22	13,8	10,8
Gruppe 2 (dårlige)	8	25,9	—	—	—	—
Mærkede døre	240	34,5	5,6	25	29,2	27,9
Jutlandia A/S ²⁾	103	31,8	5,6	25	17,5	15,5
Snitkodoors	38	36,6	5,4	20	55,3	47,4
Svensk Dörrteknik AB (Scadania A/S)	99	36,4	4,5	24	31,3	33,3
Alle døre	327	33,6	6,0	26	27,2	25,4
Ikke-mærkede døre	73	29,7	5,7	22	12,3	9,6
Mærkede døre	240	34,5	5,6	25	29,2	27,9
Døre med mellem- liggende vindfang	14	37,9	—	—	71,4	64,3

¹⁾ Der forelæ ikke oplysninger om disse døres fabrikat. Betegnelserne gode og dårlige refererer til subjektiv bedømmelse af dørenes håndværksmæssige kvalitet.

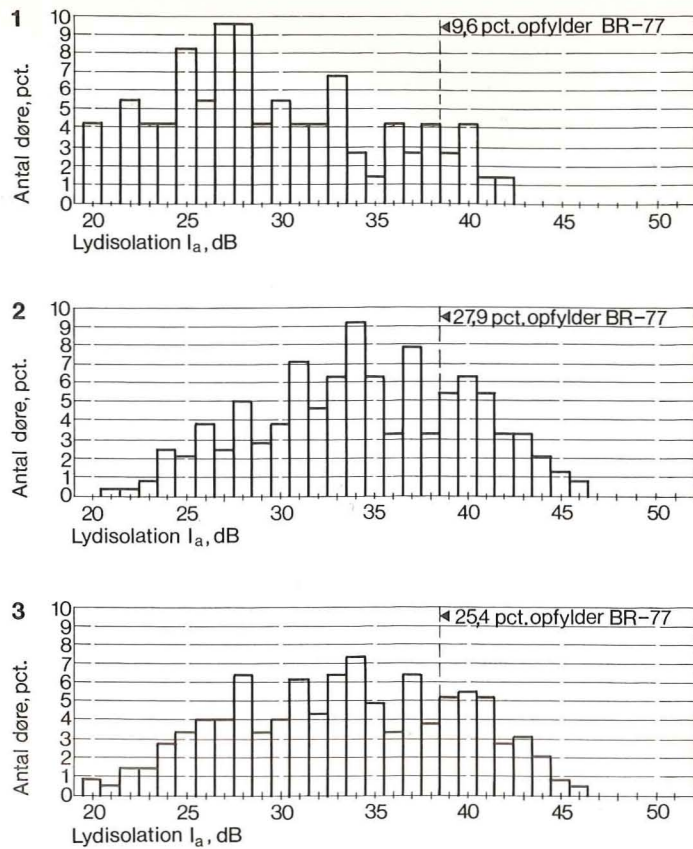
²⁾ Fabrikken har konstrueret en ny dørtype, som først er kommet på markedet efter denne undersøgelses afslutning. Den nye dørtype er, i modsætning til de målte typer, udført med anslagstætningslister.

Figur 19. Statistisk analyse af måleresultater.

Gennemsnitsværdier for dørenes lydisolations I_a er ringere end kravet i BR-77 på 39 dB og standardafvigelser og spredningsintervaller er alt for store, det vil sige at selv de mærkede døre ikke har den lydtekniske kvalitet i indsat stand, som med rimelighed kunne forventes.

Den lave opfyldelsesgrad er karakteristisk for både mærkede og ikke-mærkede døre. I betragtning af at i hvert fald 75 procent af dørene (de mærkede) burde have opfyldt reglementernes krav, må resultatet betegnes som uacceptabelt.

For to grupper med få døre er kun anført relevante værdier.



Figur 20. Procentuel fordeling af lydisolationen I_a for hver af de tre hovedgrupper i figur 19.

Højden af en søjle angiver hvor mange procent af dørene, der har den for søjlen anførte lydisolation I_a .

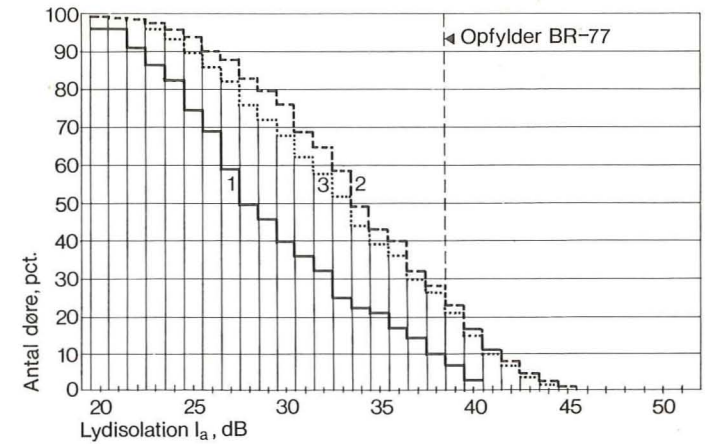
Histogram 1: »Ikke-mærkede døre«, i alt 73.

Histogram 2: »Mærkede døre«, i alt 240.

Histogram 3: »Alle døre«, i alt 327.

Forholdet mellem I_a og R'_m

Til nærmere belysning af den tidligere nævnte relation mellem lydisolationen I_a og middelreduktionstallet R'_m for en væg med dør blev for alle de undersøgte døre beregnet procentuel fordeling af differenser mellem lydisolationen I_a og middelreduktionstallet R'_m , som vist i figur 22. Det angives ofte som en håndregel, at $I_a \approx R'_m + 2$ dB. Af figuren



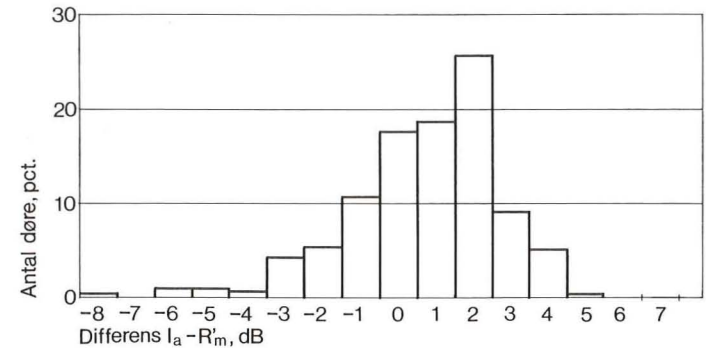
Figur 21. Kumulativ procentuel fordeling af lydisolationen I_a for hver af de tre hovedgrupper i figur 19.

Ordinativærdierne af de tre kurver angiver for en vilkårlig valgt abscisseværdi, hvor mange procent af dørene i hver hovedgruppe der har lydisolation I_a lig med eller større end den valgte abscisseværdi.

Kurve 1: »Ikke-mærkede døre«, i alt 73.

Kurve 2: »Mærkede døre«, i alt 240.

Kurve 3: »Alle døre«, i alt 327.



Figur 22. Procentuel fordeling af differenser mellem lydisolation I_a og middelreduktionstal R'_m for hovedgruppen »Alle døre«, i alt 327.

Højden af en søjle angiver, hvor mange procent af dørene, der har den for søjlen anførte differens.

Unormale afvigelser som følge af utætheder

Gennemsnitsreduktionstal og frekvensforløb

Lydisolationen I_a for utætte døre bestemmes af 8 dB-begrænsningen

Måleresultaternes pålidelighed i forhold til målevilkårene

Utætte karmfuger

ses, at denne tilnærmelse kun havde gyldighed for 25 procent af de målte døre. Som det videre ses af figuren, svarede afvigelsens fordeling ikke til en normalfordeling. Årsagen hertil må søges i den omstændighed, at resultaterne på grund af utætheder i dørpladernes anslag og i karmfuger var ensidigt for lave. Med tætte anslag og fuger ville der sandsynligvis have været bedre overensstemmelse med den omtalte håndregel.

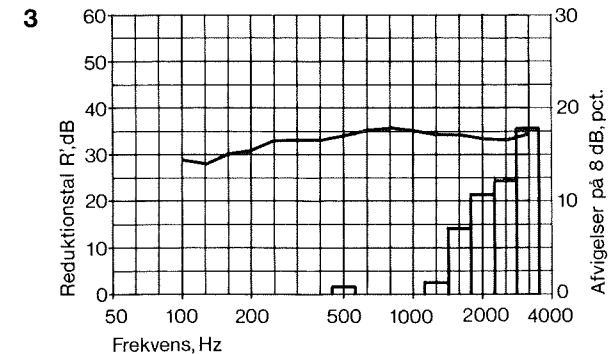
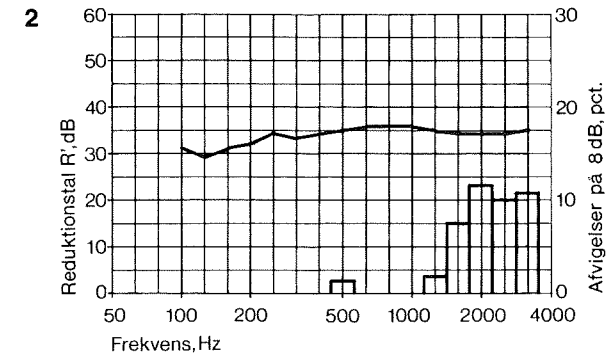
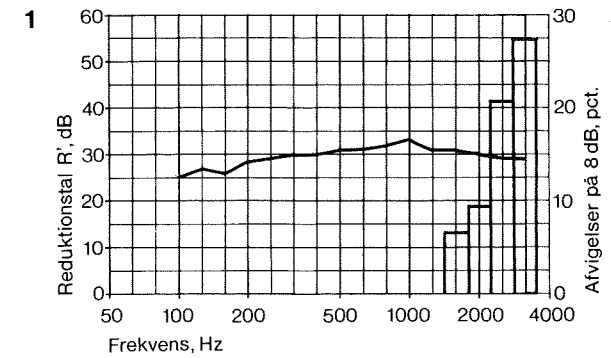
Lydisolationen udtrykt ved gennemsnitsværdier af reduktionstal er for de tre hovedgrupper vist i figur 23.

Lydisolationen er størst for hovedgruppen »Mærkede døre« for alle frekvenser, men frekvensforløbene er stort set ens for alle hovedgrupper. Lydisolationen stiger cirka 5 dB per oktav til cirka 250 Hz, derefter cirka 2 dB per oktav til cirka 1000 Hz, hvorefter den stort set aftager med cirka 2 dB per oktav. En stigning på 5 dB per oktav svarer nogenlunde til frekvensforløbet for lydisolationen for en tæt enkeltkonstruktion. Et fald på 2 dB per oktav tyder på en vis utæthed og er i øvrigt overensstemmende med, at lydisolationen I_a for mange af de målte døre måtte bestemmes af 8 dB-begrænsningen, det vil sige betingelserne 1 og 2 for bestemmelse af lydisolation I_a .

I figur 23 er til belysning af dette forhold for de enkelte frekvenser angivet procentiske antal døre, som havde negative afvigelser på 8 dB. Som det ses af figuren adskiller hovedgruppen »Ikke-mærkede døre« sig klart fra hovedgruppen »Mærkede døre« ved frekvenserne 2500 og 3150 Hz. De mange negative afvigelser på 8 dB ved de høje frekvenser bekræfter, at døres lydisolation i væsentlig grad bestemmes af transmission gennem utætheder.

Erfaringer fra målepraksis

Måling af døres lydisolation i bygninger sker som regel under lydteknisk ugunstige vilkår. Alligevel viser erfaringer fra målepraksis, at variationer i resultaterne af målingerne er betydeligt mindre end de variationer i dørenes lydisolation, som følger af mangelfuld tætning af karmfuger. Det er en almindelig fejl, at fugestopning udføres meget løs med mange utætheder, og ofte fordi instruktionerne til håndværkerne ikke har været klare nok. Det sker især hyppigt, at stop-



Figur 23. Gennemsnitsreduktionstal og det procentiske antal døre med afvigelser på 8 dB som funktion af frekvensen for hver af de tre hovedgrupper i figur 19.

Diagram 1: »Ikke-mærkede døre«, i alt 73.

Diagram 2: »Mærkede døre«, i alt 240.

Diagram 3: »Alle døre«, i alt 327.

ningen under karme »glemmes«. Mange besværligheder kunne undgås ved at anvende en tæt stopning med mineraluld og forsejling med fugemasse.

Tætheden mellem dørplader og karme er ofte ringere, end den bør være. Utæthed kan have forskellige årsager, som vindskævhed i dørplader og kastning og vridning i for spinkle karme. Det er endvidere flere steder konstateret, at anslagslister, sømmet eller limet på karme, er slået løse. Yderligere er utætheder ofte øget, fordi tætningslister i tidens løb er gået løse som følge af utilstrækkelig fastgørelse ved monteringen.

Dørplader skal derfor være formstabile og karmtræ skal have en rimelig tykkelse og stivhed i forhold til fastgørelsespunkternes afstande, også for at modvirke udbøjning ved fugestopningen. Anslagslister skal være holdbare og bør både skrues og limes på karme, og tætningslister skal fastgøres, så de forbliver varigt tætte.

Døre af visse fabrikater synes mere stabile med hensyn til tæthed mellem dørplader og karme end andre. Anslaget tæthed kan afprøves med papir, som holdes i karmfalsen, hvorefter døren lukkes. Det mærkes hurtigt, om tætheden er effektiv, ved at papiret ikke eller kun vanskeligt kan trækkes ud. Det viser sig ofte, at tætheden ikke er effektiv hele karmen rundt. Den største tæthed opnås med dobbelte tætningslister, for eksempel to sæt anslagstætningslister i karme med dobbeltfals. Det bemærkes, at døre med slæbelister kan være vanskeligere at lukke og åbne end døre med anslagstætningslister. Som tidligere nævnt må det nok erkendes, at det almindeligt benyttede lukketøj og almindelige hængsler fungerer ret dårligt, hvad angår opnåelse af effektiv og varig tæthed i anslag – også hvor der anvendes anslagstætningslister, som kræver jævn påvirkning i deres fulde udstrækning.

Fuldt tilfredsstillende lydisolations mellem boliger og fælles trapperum kan bedst opnås med et forrum eller vindfang med to døre, nemlig entrédøren til trapperummet og døren til boligen. Begge døre bør være normale, massive døre af god kvalitet og med rimelig tæthed. Entrédøren skal desuden opfylde gældende brandkrav. Med vindfang mellem to døre kan der opnås større lydisolations end krævet i BR-77.

Utæthed mellem dørplader og karme

Løse anslagslister og tætningslister

Kontrol af anslagstæthed

Anslagstætheden afhænger af beslagets funktion

Forrum som lydsluse

Generende støj fra døre

Når døre lukkes, frembringes støj, som forplanter sig gennem bygningskonstruktionen til omliggende rum, hvor støjen udstråles til gene for beboerne. Dette forhold kan være særlig generende, hvor døre som følge af brandkrav skal være selvlukkende, som i hoteller og plejehjem. Selvlukkende døre bør derfor altid forsynes med gummianslagslister, der kan virke som støddæmpere og begrænse transmission af lydenergi.

Genmåling af døre

Omkring 5 procent af dørene i den gennemførte undersøgelse er blevet genmålt, efter at boligen havde været i brug fra to til fire år. De genmålte døre fordelte sig på 8 bebyggelser. Det var oprindeligt hensigten, at genmålingen skulle have omfattet mindst 50 procent af de målte døre, men i praksis viste det sig at være meget vanskeligt at opnå holdbare aftaler med beboerne om adgang til at måle, hvilket medførte, at genmåling af døre i de fleste tilfælde kun kunne gennemføres efter flere forgæves udrykninger eller måtte opgives.

Ved genmålingen havde enkelte døre en større lydisolations end ved den første måling. Dette viste sig at være en følge af, at dørene var blevet forbedret med anslagstætningslister. Lydisolationen var herved forøget med 3 til 9 dB.

Undersøgelsesresultatet for de genmålte døre er vist i figur 24, hvoraf det fremgår, at de ikke-forbedrede døres lydisolations i gennemsnit var forringet med 2,6 dB i den forløbne periode.

Denne forringelse af dørenes lydisolations måtte henføres til, at mange dørplader var blevet vindskæve, således at anslaget fortrinsvis skete ud for slutblik, hvorfor tætningslisterne stort set var virkningsløse. Dørene var ofte udsat for store temperatur- og fugtforskelle, hvortil kom virkningen af boligernes udsugningsanlæg, som frembragte trykdiffereenser mellem dørenes yderside og inderside. Disse forhold kan have medvirket til, at dørpladerne var blevet vindskæve.

Tætningslister var i øvrigt i flere tilfælde forsætligt beskadiget og deres virkning derfor væsentlig forringet.

Genmåling med forhindringer

Forbedrede døre

Resultat af genmåling

Årsager til forringelse af dørenes lydisolations

Hyletoner ved luftbevægelse gennem utætheder

Hvor der på dørplader var monteret slæbelister, som ikke sluttede tæt i karmfals på grund af for stor frigang, kunne der ved trykforskelle mellem boliger og trapperum opstå nogle ubehagelige hyletoner frembragt ved luftens bevægelse gennem frigang og utæthed i anslag. Dette fænomen kunne forekomme selv ved små trykdifferenser mellem boliger og trapperum og er i øvrigt ikke ualmindeligt, hvor der er installeret mekaniske udsugningsanlæg.

Hovedgrupper Undergrupper	Antal døre stk.	Gennemsnitsværdi I_a		Spredningsinterval I_a maks. - I_a min.	
		1. måling dB	genmåling dB	1. måling dB	genmåling dB
Ikke-mærkede døre ¹⁾	3	29,7	26,3	9	10
Mærkede døre					
Jutlandia A/S					
Alle døre, inkl. 1 forbedret ²⁾	5	30,6	30,8	7	11
Ikke-forbedrede døre	4	29,8	29,3	6	6
Snitkodoors					
Alle døre, ingen forbedrede	2	41,5	36,0	1	0
Svensk Dörrteknik AB (Scadania A/S)					
Alle døre, inkl. 4 forbedrede ²⁾	9	36,3	37,4	14	11
Ikke-forbedrede døre	5	40,6	38,0	7	11
Alle døre	19	34,3	33,8	20	24
Forbedrede døre	5	31,6	36,8	4	5
Ikke-forbedrede døre	14	35,3	32,7	20	24

1) Der forelå ikke oplysning om disse døres fabrikat.

2) Forbedrede døre var i perioden mellem 1. måling og genmåling blevet forsynet med tætningslister i karmfals.

Figur 24. Statistisk analyse af måleresultater for genmålte døre.

Gennemsnitsværdier for de genmålte døres lydisolations I_a er alle ringere end kravet i BR-77 på 39 dB og er aftaget for alle grupper af døre, som ikke omfatter døre, forbedret mellem 1. måling og genmåling.

For alle ikke-forbedrede døre er der signifikant forskel (på 95 procent niveau) mellem gennemsnitsværdierne fra første måling og genmålingen.

Konklusion

Lydisolationsproblemerne bliver ikke løst

Monteringsvejledningerne bliver ikke fulgt

Fejl ved både produkter og indsætning

Forslag til indsats

Undersøgelsen har vist, at en række af de problemer, der er knyttet til lydisoleringen af entrédøre, ikke bliver løst tilfredsstillende i praksis på dørfabrikker, tegnestuer og byggepladser. For en betydelig del af de målte døre var fugerne omkring dørkarmene utilstrækkeligt tætnet, især under karmene. Det må altså konstateres, at de monteringsvejledninger, som skal følge med DS-mærkede døre, kun bliver fulgt i begrænset omfang. Og det er ikke blot karmfugernes tæthed, som er for ringe, også tætheden mellem dørplader og dørkarme er utilstrækkelig og ofte ringere end ved dørtypernes prøvning i laboratorium.

Der er klare forskelle mellem måleresultaterne for de undersøgte dørfabrikater, men det har ikke kunnet konstateres, om forskellene kunne henføres til de leverede døre, til forkert opbevaring, håndtering med videre, eller til indsætningen. I mange tilfælde fandtes fejl ved både produkter og indsætning. Kun cirka 25 procent af de målte entrédøre opfyldte kravene i BR-77.

De væsentligste konklusioner af undersøgelsen er derfor:

- en effektiv kontrol med entrédøres montering bør gennemføres.
- en revision af mærkningsordningens kontrolfunktion er aktuel.
- en nyvurdering af kravene i BR-77 kan blive nødvendig.

SBI Report 124: Sound insulation of front doors

Results of examinations and experience from practice

The examination comprised 327 doors between dwellings and closed-in stairways in 72 examples of multi-storey housing built during the period 1970-1976.

The first section of the report summarizes the effects of the requirements of the building regulations to sound insulating doors.

The second section mentions the dependence of sound insulation of doors on the design of the door leaf and on the tightness between door leaf and door frame.

The third section deals with the fitting of front doors and with the significance to the sound insulation provided by a door of an effectively sealed joint between door frame and wall.

The fourth section deals with classification of sound insulating doors and with the requirements of the building regulations to the sound insulation provided by doors.

The fifth section gives an account of measurements and evaluations of sound insulation including the accuracy of the measurements and the evaluation of sound insulation according to ISO/R 717.

The last section of the report summarizes the results of the examination statistically and graphically. In addition mention is made of experience from measurements in practice and results from re-measurements of doors following a period of use of more than two years.

It is concluded that an effective control of the fitting of front doors should be established since only about 25 per cent of the doors examined complied with the requirements of the building regulations to the sound insulation provided by such doors.

Boligministeriet. 1977. Bygningsreglement 1977. København.

Brandt, Anton og Kjær, Alice. 1977. Fugemasser og facadefuger. SBI-anvisning 108. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm.

Dansk Standardiseringsråd. 1976. DS 1082. Lydisolerende døre. Klasseinddeling. 2. udgave. København.

Dansk Standardiseringsråd. 1978. DS/ISO 140/III. Måling af bygningselementers luftlydisolation i laboratorium. DS/ISO 140/IV. Måling af luftlydisolation mellem rum i bygninger. København.

Gösele, K. 1969. Schalldämmung von Türen. Berichte aus der Bauforschung. Heft 63. Berlin.

International Organization for Standardization. 1968. ISO/R 717. Rating of sound insulation for dwellings. Geneve.

Jensen, Paul, 1969. Entrédøres lydæssige kvalitet. Byggeindustrien, nr. 12, pag. 484. København.

Kjær, Jørn. 1974. Døres lydisolation II. SBI-notat 39. Statens Byggeforskningsinstitut. København.

Kragh, Jørgen. 1970. Revners indflydelse på rumisolation. Byggeindustrien, nr. 13-14, pag. 532. København.

Kristensen, Jørgen. 1972. Døres lydisolation I. SBI-notat 23. Statens Byggeforskningsinstitut. København.

Kristensen, Jørgen og Wanning, Filip. 1974. Døre. SBI-lyd-pjece 7. Statens Byggeforskningsinstitut. København.

Kristensen, Jørgen og Nissen, Henrik og Wiuff, Erik. 1979. Bygningers lydisolering. SBI-anvisning 112. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm.

Lydteknisk Laboratorium, Akademiet for de tekniske Videnskaber. 1974. Bygningsakustiske laboratoriemålinger. Informationsblad C/74. København.

Michelsen, Nic. 1976. Sammenlignende reduktionsmålinger for døre målt i laboratorium. Rapport nr. 4. Lydteknisk Laboratorium. Akademiet for de tekniske Videnskaber. København.

Entrédøre bør udføres og indsættes således, at der i boligerne opnås en rimelig lydisolation mod støj fra trapperum.

Af denne rapport fremgår, at kun en fjerdedel af de undersøgte entrédøre opfyldte bygningsreglementets krav til dørenes lydisolation. De væsentligste årsager til dette ringe resultat var mangelfuld fugetætning omkring dørkarme og utætte anslag mellem karme og dørplader. Rapporten henvender sig til bygningsmyndigheder og til fabrikanter og leverandører af entrédøre. Det byggetekniske indhold kan desuden være til nytte for de projekterende og for håndværkere i byggepraksis.

