



Støj og lydisolation

FORBEDRING AF LYDFORHOLD I FORBINDELSE MED MODERNISERING AF BYGNINGER

Ved civilingeniør Jørgen Kristensen

RESUMÉ:

I notatet belyses problemer i forbindelse med modernisering af bygninger, hvor der i mange tilfælde kan forekomme en forringelse af lydforholdene som følge af en forbedring af bygningens kvalitet og brugsværdi. Ufrivilligt og uanende kan de projekterende komme i denne situation i forbindelse med forbedring af vinduers og etageadskillelsers varmeisolering, fx nedsættelse af etageadskillelsers lydisolation ved at erstatte indskudslag med mineraluld. Det fremhæves, i notatet, at forbedring af konstruktionernes brand- og varmeisolering bør samordnes med en samtidig forbedring af konstruktionernes lydisolering. Notatet behandler en række af disse problemer og fremhæver, at kravene til lydisoleringen ofte stiller væsentlig større krav til tæthed end brand- og varmeisolering. Brug af materiale- og opsætningsformer, som er acceptable med hensyn til brand-, varmeisolering, vil derfor, når materialet opsættes således, at det fungerer tilfredsstillende med hensyn til lydisolering, i de fleste tilfælde også tilfredsstillende de brand- og varmetekniske hensyn.

Byggeriets Akustiske Målestation, oktober 1975

YDERLIGERE OPLYSNINGER KAN FÅS VED HENVENDELSE TIL:

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

Forfatteren

ex. 2
- 8 OKT. 1976

00722 P

Eldre bygningers lydforhold afviger på mange områder fra nye bygningers, i nogle tilfælde i gunstig retning og i andre i ugunstig retning. Ved modernisering eller ombygning foretages i reglen en række arbejder, der samtidig kan udnyttes til forbedring af bygningens lydforhold, hvorved der følger en ændring af indelydklimaet, som ikke blot kan være i positiv retning, men også i negativ retning. Eksempelvis kan indsætning af nye og bedre vinduer betyde, at det almene støjniveau i boligerne nedsættes. Det burde umiddelbart af beboerne føles som en forbedring af lydforholdene, men hvis der ikke samtidig sker en forbedring af lydisolationen mellem boligerne, kan beboerne opfatte resultatet som en sænkning af lydisolationen mellem boligerne. Omvendt kan installation af bad og/eller toilet føre til, at støjniveauet fra installationerne i visse perioder overstiger og skiller sig ud fra baggrundsstøjniveauet. Denne virkning forstærkes, når baggrundsstøjniveauet sænkes ved indsætning af mere lydisolerende vinduer. Endelig kan varmeisolerende beklædninger af ydervægge føre til forøget flanke-transmission, der af beboerne opfattes som en nedsættelse af lydisolationen mellem boligerne. Der er således god grund til, at ombygninger skal opfylde de i bygningsreglementet stillede krav til lydforhold. Det må imidlertid erkendes, at uanset om kravene i bygningsreglementet er minimumskrav, så er de primært udformet for nye bygninger.

Modernisering

Ved en modernisering eller ombygning vil der på en eller anden måde eksistere en beslutning om, at ejendommens sårningstidspunkt skal skydes nogle år ud i fremtiden. Ved en fuld modernisering må det forventes, at ejendommen får en fornyet anvendelsesperiode på 40-50 år. Består moderniseringen i en total ombygning, hvor kun bygningens ydervægge bevares, kan og bør kvalitetsniveauet i den færdige

bygning svare til niveauet i en nyopført ejendom. Består moderniseringen i en ombygning, hvor bjælkelag bevares og eksisterende vægge bevares i det omfang, de kan indgå i de kommende lejlighedsplaner, vil det opnåede almenne kvalitetsniveau i praksis svare til kvalitetsniveauet i boliger bygget i perioden 1940 til 1950.

Med hensyn til lydforholdene vil det imidlertid være muligt på de fleste områder at få kvaliteten hævet meget nær til dagens standard, idet en række krav om varme- og brandisolering vil kunne samordnes med ønskerne om en forbedring af lydisoleringen. I praksis vil de relativt strenge krav til udførelsen af lydisolering i forbindelse med brug af egnede materialer og konstruktioner samtidig medføre, at kravene til brand- og varmeisolering opfyldes. Det gælder i særlig grad med hensyn til samlingers tæthed, hvor betingelserne for en god lydisolering er temmelig strenge og iøvrigt afgørende for resultatet af den opnåede lydisolation. Består moderniseringen i en mindre ombygning fx udskiftning af vinduer og køkken, vil dette ikke medføre nogen forbedring af lydforholdene boligerne imellem. Generelt kan det siges, at ved mindre ombygninger eller moderniseringer kan lydforholdene på enkelte områder forbedres i en grad, som meget nært svarer til kravene for byggeri fra 1975. En almen forbedring kræver en forøgelse af de fleste eksisterende vægges, etageadskillelsers og entrédøres lydisolation.

På hvilke måder stiller bygningsreglementet krav til lydforholdene

I bygningsreglementet stilles krav til luftlydisolationen mellem boliger, isolationen mod trinlyd, luftlydisolationen fra fælles rum til boliger, lydregulering i fælles gange og trapperum, støjniveauet fra installationer og støjniveauet fra installationer til brug i erhvervsvirksomhed i beboelsesbygninger. Derimod stilles der i bygningsreglementet intet krav til lydisolation inden for boligen, isolation mod trafikstøj, isolation mod støj fra erhvervsvirksomhed uden for bygningen eller mod støj fra erhvervsvirksomhed, hvor støj

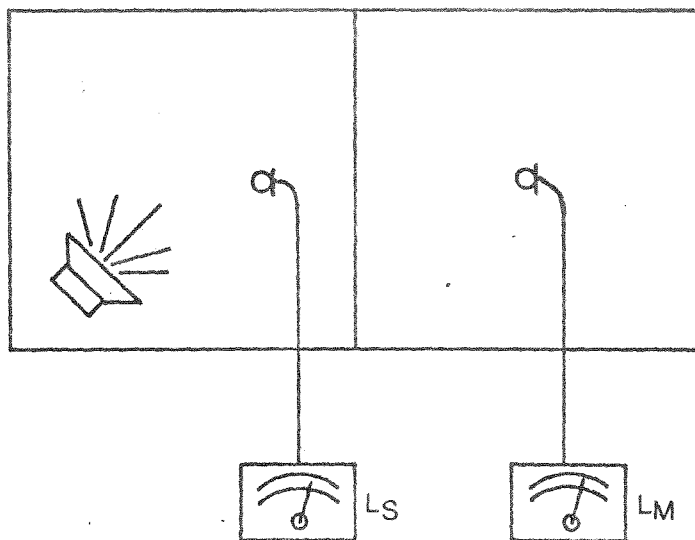
ikke forårsages af installationer. Set fra et funktions-synspunkt er bygningsreglementets bestemmelser tilfredsstillende, for så vidt angår isolation mellem boliger og støj frembragt af installationer i bygninger. Desværre medfører administrationen af reglementet, at et væsentligt punkt i dette, nemlig støj fra erhvervsvirksomheders installationer i beboelsesbygninger vanskeligt kan administreres effektivt under denne lov. Projekterende og planlæggende bør imidlertid være opmærksomme på Miljøstyrelsens vejledning nr. 3 om ekstern støj fra virksomheder. De i denne publikation givne retningslinier kan finde anvendelse ikke blot i forholdet mellem industri-virksomheder og nærliggende boligbebyggelse, men også i forholdet mellem en erhvervsvirksomhed i en beboelsesbygning og de heri liggende boliger. Det vil sige, at ikke kun støj fra installationer i virksomheden kan forvaltes efter de i publikationen givne regler, men også støj fra restauranter, herunder bodegaer, pubs og diskoteker, kan inddrages til forvaltning efter Miljøstyrelsens vejledning.

Bygningsreglementets bestemmelser gælder for alt nyt etageboligbyggeri og principielt skal ombygninger medføre, at de af ombygningsarbejdet berørte dele af en bygning skal opfylde det på ombygningstidspunktet gældende reglement. Bestemmelserne i bygningsreglementets kapitel 9 kan blive vanskelig at opfylde uden at komme væsentligt ud over de for en ombygnings økonomiske rammer. I de fleste tilfælde vil det dog med forholdsvis små ekstraomkostninger være muligt at opnå lydforhold, som kun afviger uvæsentligt fra reglementets krav. Vejen frem i disse byggesager bør derfor mere være lempelig administration med rimelig adgang til dispensation fra reglementets bestemmelser, når disse ikke opfyldes efter udførelsen af rimelige foranstaltninger, fremfor udstedelse af en total dispensation med hensyn til opfyldelse af bygningsreglementets krav til lydforhold. En blanko check i den retning vil uundgåeligt føre til etablering af akustisk slum, som vil stå i mange år til minde om en fejlagtig planlægning.

I øjeblikket omfattes Københavns kommune, der har det største potentielle ombygnings- eller moderniseringsbehov, formelt ikke af bygningsreglementets bestemmelser, selv om der i mange tilfælde administreres som om, at bygningsreglementets bestemmelser om lydforhold er gældende.

Hvilke krav stilles i bygningsreglementets kapitel 9

I bygningsreglementets kapitel 9 stilles krav om, at der mellem rum i naboboliger skal være en vis luftlydisolation og et vist trinlydniveau. Kravet til luftlydisolationen stilles såvel til komponenter - væg eller dæk - målt i laboratorium, som til rumisolationen målt i bygningen mellem rum adskilt med den indbyggede komponent. Kravet til trinlydniveauet stilles kun til den indbyggede etageadskillelse. Måling af luftlydisolation



Figur 1. Måling af luftlydisolation. De af lyd giveren, højttaleren frembragte lydtrykniveau L_S og L_M danner grundlag for beregning af rumisolation $D_{0,5}$ og tilsyneladende reduktionstal, R' , hvilket sker ved addition af en korrektion.

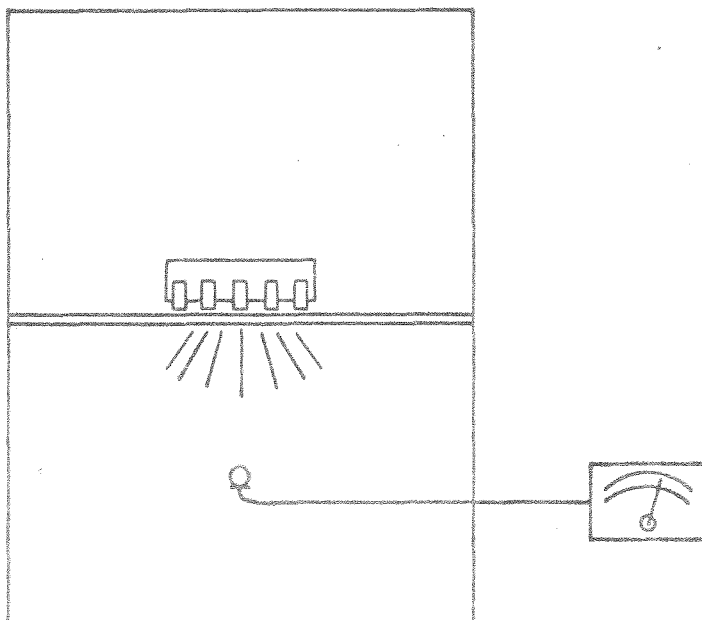
Rumisolation: $D_{0,5} = L_S - L_M + 10 \log \frac{t}{0,5}$, hvor t er efterklangstiden i modtagerummet.

Tilsyneladende reduktionstal: $R' = L_S - L_M + 10 \log \frac{A}{S}$, hvor A er antallet af absorptionsenheder i modtagerummet, og S er arealet af den fælles skilleflade mellem de to rum, når S er mindre end 10 m^2 indsættes tallet 10.

Størrelsen $A \text{ m}^2$, bestemmes ved måling af efterklangstiden t , idet $t = \frac{0,16V}{A}$ sekunder, hvor V er rummets volumen i m^3 .

sker ved, at der i et rum anbringes en lydkilde, - en højttaler -, som fødes med et signal af båndbegrænset støj. Lydtrykniveauet måles pr. 1/3 oktav i senderrummet, rummet med lydkilden, og i modtagerummet ved seks-ten standardiserede centerfrekvenser. I modtagerummet måles desuden rummets efterklangstid. Rumisolationen er differensen mellem de målte lydtrykniveauer korrigeret ved addition af ti gange logaritmen til den målte efterklangstid divideret med 0,5. I beboede rum er efterklangstiden med god tilnærmelse 0,5 sekunder i frekvensområdet 100-3150 Hz. Det betyder, at korrektionsbidraget til niveaudifferensen i beboede rum stort set vil være nul, eller udtrykt på en anden måde, at rumisolationen svarer til niveaudifferensen mellem beboede rum.

I laboratorier anvendes en korrektion svarende til den i figur 1 angivne for tilsyneladende reduktionstal, som således er laboratoriedefinitionen af reduktionstal overført til bygninger. Ved middelreduktionstallene R_m og R_m forstås middelværdien af de i 16 trediedelsoktaver målte reduktionstal.



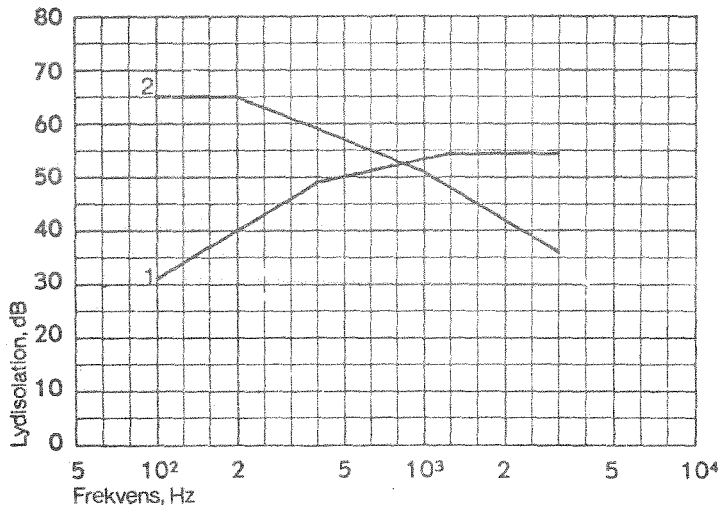
Figur 2. Måling af trinlydisolation. Det af lyd giveren, en standardiseret bankemaskine, frembragte lydtrykniveau L_M danner grundlag for beregning af trinlydniveauet, hvilket sker ved subtraktion af en korrektion. Der anvendes to forskellige korrektioner.

Trinlydniveau: $T_{0,5} = L_M - 10 \frac{t}{0,5}$, t er efterklangstiden i modtagerummet.

Det korrigerede trinlydniveau: $T_{10} = L_M - 10 \log \frac{A}{10}$, hvor A er antallet af absorptionsenheder i modtagerummet.

Måling af trinlydniveauet sker ved, at der i senderummet anbringes en standardiseret bankemaskine, og at lydtrykniveauet pr. 1/3 oktav måles i modtagerummet. De målte niveauer korrigeres ved subtraktion af den ved rumisolationsmåling benyttede korrektion.

Kravene til såvel rumisolation som trinlydniveau er frekvensafhængige. Reglementets hovedkrav, rumisolationen mellem boliger i etagebyggeri og trinlydniveauet, er angivet grafisk i figur 3. Kravene gælder desuden for trinlydniveauet i beboelsesrum, når bankemaskinen anbringes på trapper, i baderum og på altaner.



Figur 3. Kravene til lydisolation mellem etageboliger ifølge bygningsreglementet 1972. Kurve 1: Rumisolation. Kurve 2: Trinlydniveau.

Ved måling af såvel luft- som trinlydniveau anvendes mindst tre målepositioner i hvert rum. Det gælder for såvel mikrofon som bankemaskine. Ved måling af trinlydniveauet under træbjælkelag, bør antallet af positioner for bankemaskinen dog være mindst fem.

Der stilles krav om, at middelreduktionstallet R_m for døre skal være mindst 30 dB. Det vil sige, at kravet ikke som for vægge og etageadskillelser er frekvensafhængige, og at luftlydisolationen defineres på en anden måde end ved måling mellem rum. Det bemærkes, at kravet stilles til R_m og ikke til R'_m , derfor skal dørens areal indgå ved beregning af R_m , hvis R'_m udregnes skal fællesarealet indsættes som mindst 10 m^2 .

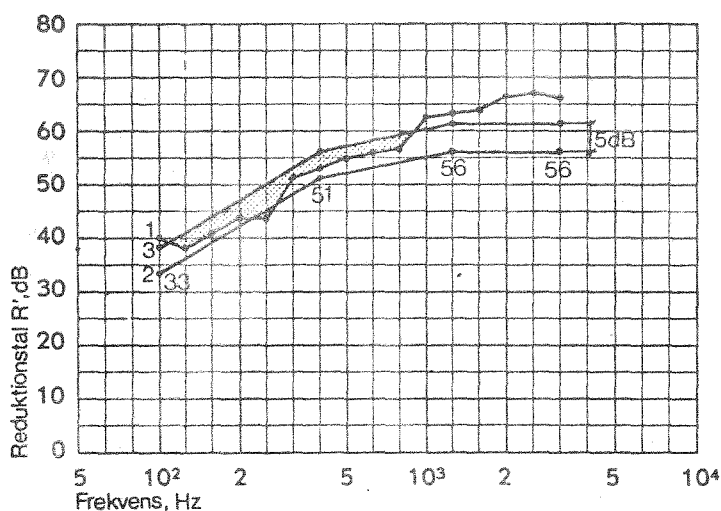
Støjniveauet fra installationer må generelt ikke overstige

30 dB(A) i beboelsesrum, dog tillades der 5 dB(A) højere støjniveau i køkkener, og der forlanges 5 dB(A) lavere støjniveau ved lydudstråling fra radiatorer.

Det skitserede indhold af bygningsreglementet knytter sig til udgaven fra 1972. I det kommende reglement forventes nogle ændringer i definitions- og vurderingsgrundlag, men kun justerende ændringer i kvalitetsniveauet.

Vurderings- og sammenligningsgrundlag

Den i bygningsreglementet benyttede definition, rumisolation, det til trinlyd benyttede kravkurveforløb, samt de de både til luft- og trinlyd benyttede afvigelseskriterier fra kravkurveforløb er ikke særlig velegnede til en sammenlignende vurdering. For rumisolationens vedkommende skyldes dette, at begrebet rumisolationen udtrykker den indbyggede bygningskomponents luftlydisolation i en bestemt situation, og ikke som det er ønskeligt ved en vurdering,



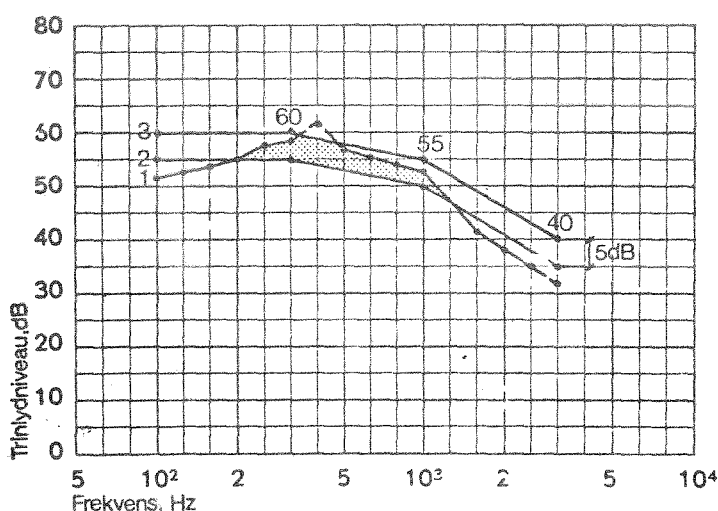
Figur 4. Beregning af I_a . Princippet i vurderingsmetoden består i at måleresultatet, kurve 1, vurderes i relation til et kurveforløb, kurve 2, som forskydes i ordinatens retning, indtil summen af den målte kurves afvigelse mod lavere værdier er større end 16 dB og mindre end 32 dB. Den herved fremkomne beliggenhed af kurveforløbet, kurve 3, angiver vurderingen af måleresultatet og dens I_a -værdi aflæses som ordinatværdien ved 500 Hz.

Eksempel på beregning af I_a . Forskydes kurve 2 ialt (+5) dB bliver summen af afvigelserne 27 dB, hvis forskydningen er (+6) dB bliver afvigelserne større end 32 dB. Indeks for luftlydisolation bliver derfor: $I_a = 52 + 5 = 57$ dB.

blot den indbyggede komponents luftlydisolation. Med hensyn til såvel kravkurveforløbet for trinlydniveauet som afvigelseskriterierne for både luft- og trinlyd afviger de i Danmark benyttede væsentligt fra de i andre lande, bortset fra Norge, anvendte kurveforløb og afvigelseskriterier.

Da en del af den viden, som danner grundlaget for de skønnede isolationsværdier for ældre bygningskomponenter findes i udenlandske undersøgelser, er det både lettere og i nogle tilfælde også nødvendigt at anvende et andet vurderingsgrundlag end det i bygningsreglementet benyttede.

Der anvendes kurveforløb og afvigelseskriterier, som standardiseret ISO rekommendation 717. Ved brug af indholdet i denne standard kan en konstruktions luft-



Figur 5. Beregning af I_1 . Princippet i vurderingsmetoden består i at måleresultatet, kurve 1, vurderes i relation til et kurveforløb, kurve 2, som forskydes i ordinatens retning, indtil summen af den målte kurves afvigelse mod højere værdier er større end 16 dB og mindre end 32 dB. Den herved fremkomne beliggenhed af kurveforløbet, kurve 3, angiver vurderingen af måleresultatet og dens I_1 -værdi aflæses som ordinatværdien ved 500 Hz, hvortil adderes 5 dB, fordi målingerne udføres pr. 1/3 oktav og ikke pr. 1/1 oktav, som angivet i ISO/R717. Det anvendte kurveforløb afviger fra det i bygningsreglementet benyttede. Kurve 2 med $I_1 = 61$ dB svarer stort set til bygningsreglementets nu gældende krav.

Eksempel på beregning af I_1 . Forskydes kurve 2 (-6) dB bliver summen af afvigelserne 26 dB, hvis forskydningen bliver (-7), bliver afvigelserne større end 32 dB.

Indeks for trinlydisolation bliver derfor:

$$I_1 = 58 - 5 + 5 = 58 \text{ dB.}$$

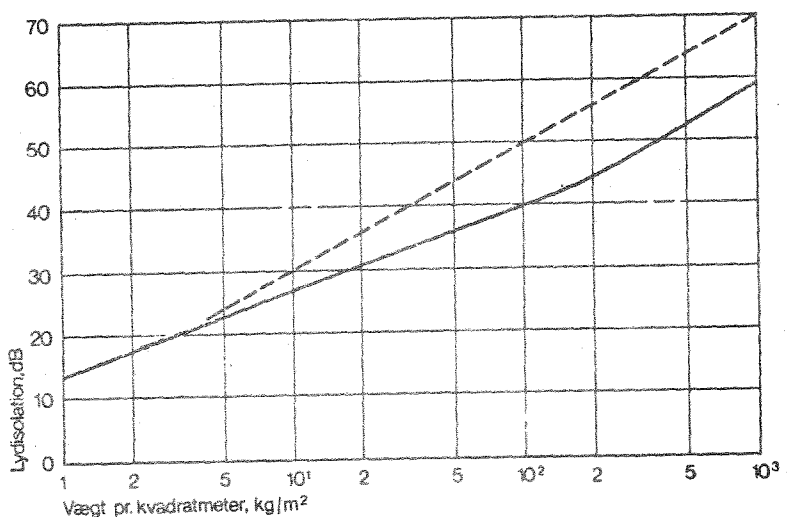
lydisolation vurderes ved et tal, dens isolationsindeks for luftlyd I_a og en etageadskillelses isolation mod trinlyd ved dens isolationsindeks for trinlydniveau I_t .

I princippet er den i standarden anvendte vurderingsmetode anvendelse af et vægtet middeltal.

Vægges og etageadskillelsers luftlydisolation

En bygningsdels luftlydisolation afhænger i første tilnærmelse af dens vægt pr. arealenhed, således at lydisolationen vokser med stigende vægt. En fordobling af vægten kan forøge luftlydisolationen med ca. 5 dB. Det er imidlertid en forudsætning, dels at konstruktionens vægt er nogenlunde jævnt fordelt, dels at lydtransmissionen gennem de omgivende bygningsdele er ubetydelig. For vægge vil den første betingelse i de fleste tilfælde være opfyldt, medens den anden betingelse i adskillige tilfælde ikke vil være opfyldt. Det gælder derimod ikke altid for etageadskillelser, hvor den første betingelse om jævnt fordelt vægt sjældent opfyldes, ligesom den anden betingelse om ubetydelig flanketransmission i mange tilfælde ikke kan opfyldes.

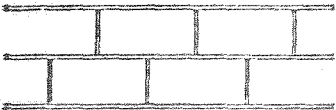


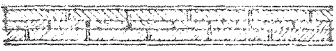
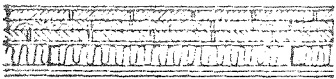
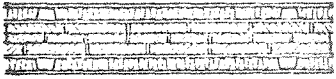


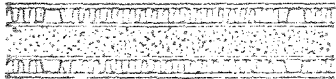
En bygningsdel, der udføres som dobbeltkonstruktion, kan under gunstige betingelser, hvilket vil sige, at konstruktionens to halvdele ikke er forbundet indbyrdes ved stive



Figur 6. Middelfreduktionstallet som funktion af vægten pr. kvadratmeter. Den fuldt optrukne kurve er en empirisk bestemt "vægtskurve". Den punkterede kurve er teoretisk bestemt under simplificerende forudsætninger.

forbindelser, give en lydisolations, som er betydelig større end svarende til en enkeltkonstruktion med samme vægt som dobbeltkonstruktionens.

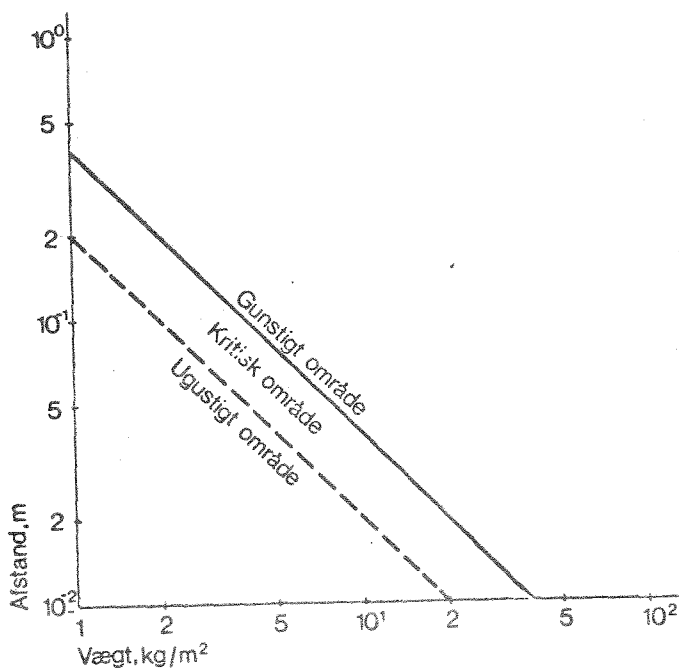
I ældre bygninger er i vid udstrækning anvendt murede og pudsede vægge med tykkelse under 1/1-sten, derfor vil væggenes luftlydisolation være mindre end bygningsreglementets krav til luftlydisolation. Mellem boliger i ældre

Vægge	Lydisolation I_a
	1. Pudsset 1/1-stensvæg ~ 52
	2a. Pudsset 1/2-stensvæg ~ 47
	2b. Pudsset 1/2-stensvæg med forsatsvæg af stålskelet med ensidig dobbelt gipspladebeklædning ~ 52
	3a. Bræddevæg med 3 lag forskallingsbrædder med rør og puds 41
	3b. Bræddevæg med 3 lag forskallingsbrædder med rør og puds samt med forsatsvæg af stålskelet med ensidig dobbelt gipspladebeklædning ~ 52
	3c. Bræddevæg med 3 lag forskallingsbrædder med rør og puds samt med forsatsbeklædning på begge sider. Forsatsbeklædningen består af stålprofiler opsat parallelt på væggen pr. 60 cm. Pladebeklædning af 1 til 2 gipsplader ~ 50
	4a. Pudsset slaggepladevæg 43
	4b. Pudsset slaggepladevæg af stålskelet med ensidig dobbelt gipspladebeklædning ~ 52
	4c. Pudsset slaggepladevæg med forsatsbeklædning på begge sider. Forsatsbeklædningen består af stålprofiler opsat parallelt på væggen pr. 60 cm. Pladebeklædning af 1 til 2 gipsplader ~ 50

Figur 7. Vægge i forskellige udførelser. De angivne isolationsværdier I_a er skønnede.

etagehuse er også anvendt pudsede vægge af rabbitz- og slaggeplader, samt træskillevægge med rørvæv og puds. I de bedre udførelser består træskillevægge af tre lag forskallingsbrædder. Disse vægtyper giver ikke tilnærmelsesvis en lydisolations, der svarer til dagens krav. Det kan ydermere påpeges, at disse vægtypers ringe lydisolations i adskillige tilfælde er årsag til småstridigheder mellem naboer og til psykologisk belastning af beboere i boliger, som adskilles med de nævnte vægge.

En forbedring af vægges luftlydisolation kan ske ved opsætning af en lydisolierende facadebeklædning, der kan være plader opsat på lægter pr. 60 cm og med mineraluld, vægt ca. 60 kg/m^3 , i hulrummet mellem væg og forsatsplade. Væggen med forsatsbeklædning udgør et svingende system, der kan opfattes som en større masse forbundet med en fjeder til en mindre masse. Ved systemets resonansfrekvens kan lydisolationsen nedsættes betydeligt. Reso-



Figur 8. Sammenhæng mellem en forsatsbeklædningsvægt på arealenhed og afstanden fra væg. Mellem det gunstige og ugunstige område er indført et kritisk område bestemt ved frekvensbåndet begrænset af frekvenserne 100 Hz og 200 Hz. Resonansfrekvensen bestemmes af udtrykket

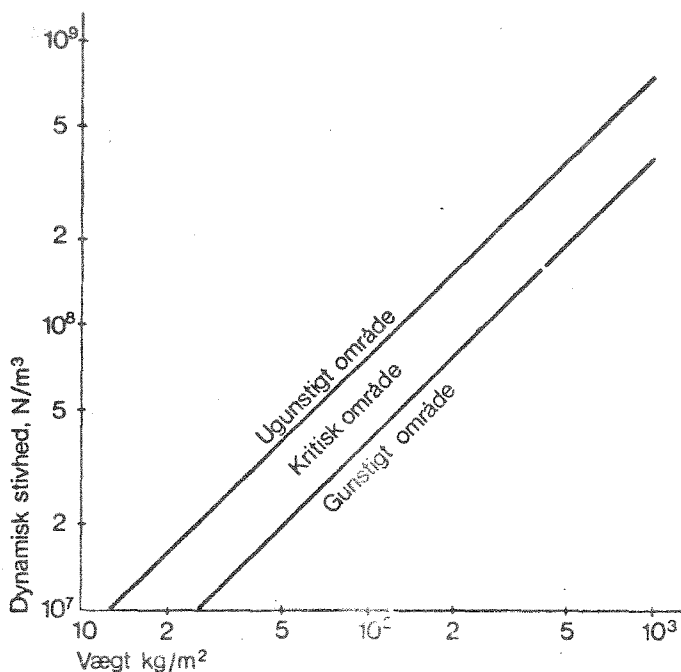
$$f_r = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{aM}}$$

hvor c er lydhastigheden, ρ luftens massefylde, a afstand mellem forsatsbeklædning og væg og M er forsatsbeklædningens masse.

nansfrekvensen bør være under 100 Hz, hvilket fører til følgende tilnærmede betingelse:

$$M \cdot a > 0,4,$$

hvor M er forsatsbeklædningens vægt i kg/m^2 og a er afstanden mellem væg og beklædning i m. Hvor stor en nedsættelse af væggenes lydisolations, som finder sted ved resonansfrekvensen, kan ikke forudsiges med nogen stor sikkerhed. Ved anvendelse af en to-sidig beklædning må der forventes et større tab i isolation omkring og under resonansfrekvensen end med en-sidig beklædning. Ved anvendelse af et tungere eller stivere isoleringsmateriale eventuelt udført som en sandwichplade med tæt forside, hvor isoleringsmaterialet klæbes, mures eller støbes til væggen, vil resonansfrekvensen blive væsentlig højere med en betydelig nedsættelse af lyd-



Figur 9. Sammenhæng mellem en bøjningsstiv plades vægt pr. arealenhed og den dynamiske stivhed af det elastiske underlag. Mellem det gunstige og ugunstige område er indført et kritisk område bestemt ved frekvensbåndet begrænset af frekvenserne 100 Hz og 200 Hz. Resonansfrekvensen bestemmes af udtrykket

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{M}}$$

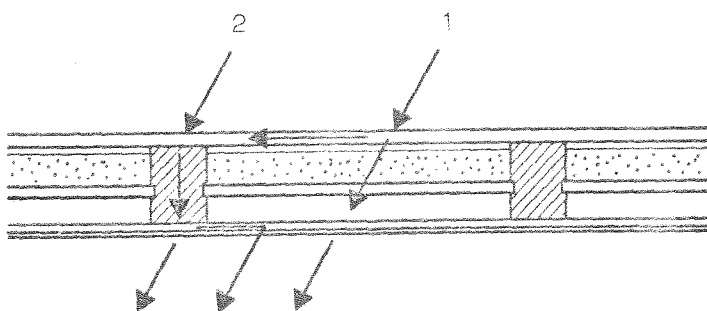
hvor S er den dynamiske stivhed og M er forsatsbeklædningens masse.

isolationen til følge. Resonansfrekvensen bør være under 100 Hz, hvilket fører til følgende tilnærmede betingelse:

$$\frac{S}{M} \leq 4 \cdot 10^5,$$

hvor M er forpladens vægt i kg/m^2 og S det elastiske mellemlags dynamiske stivhed i N/m^3 .

Et materiales dynamiske stivhed afhænger af den tykkelse, hvori materialet afprøves, en større tykkelse fører til mindre stivhed. Problemer vedrørende stive plader på elastisk underlag er velkendt fra svømmende gulve. Ved anvendelse af denne type beklædninger til vægge bør det frarådes at anvende konstruktioner, hvis lydtekniske data ikke foreligger fuldt belyst. Etageadskillelserne i ældre bygninger består i almindelighed af et bjælkelag med indskudsbrædder og indskud. Bjælkelagets underside er forskallet, røret og pudset medens oversiden er forsynet med et fyrretræs-gulv. Der er kun ringe variation i udførelsen af træbjælkelags forskalling og gulv, medens der er nogen variation i anvendelse af indskudsmateriale og udførelse af indskudslag. Lerindskud er utvivlsomt det mest benyttede. Leret blev lagt op med betydeligt vandindhold, hvilket medførte, at der under udtørringen opstod et utal af revner. Indskudslaget er derfor almindeligvis utæt. Af andre indskudsmaterialer kan forekomme sand, grus og slagger samt isoleringsmate-



Figur 10. Lydtransmission gennem en træetageadskillelse. Transmission ad vej 1 bestemmes af gulvets, den pudsede forskallings og det eventuelle indskudsmateriales vægt og tæthed. Transmissionen ad vej 2 bestemmes af gulvets og forskallingens stivhed, bjælkelagets tykkelse og bjælkernes indbyrdes afstand. En træetageadskillelises maksimale luftlydisolation bestemmes derfor af transmissionsvej 2.

rialer som kiselgur, tang m.m. Af disse materialer kan sand muligvis føre til en grad af tæthed, som medfører, at indskudslaget virker som et selvstændigt tæt lag mellem forskalling og gulv. De øvrige materialer virker hyppigt som lydabsorberende lag og ikke som lydisolerende lag. På grund af disse forhold er bjælker-nes dimensioner i almindelighed af underordnet betydning for lydisolationen. Den store variation i lydisolation i tilsyneladende ens etageadskillelser må også tilskrives indskudslagene.

I almindelighed er træetageadskillelsers lydisolation noget ringere end de i dag benyttede etageadskillelser af hulpladedæk med trægulv på strøer.

Ved en ombygning af ældre etageejendomme vil det derfor, hvis der fra myndighedernes side stilles krav om forbedring af luftlydisolationen omtrent svarende til dagens standard være ensbetydende med, at både vægge og etageadskillelsers luftlydisolation skal forbedres væsentligt. Denne forbedring vil dog som tidligere omtalt kunne koordineres med kravene til forbedret varme- og brandisolering. Ved modernisering af ældre ejendomme bør et mindste krav være, at de eksisterende gulve forsynes med en pladebelægning før udlæg af tæppebelægning eller toplag af træ, idet de fleste gulve er temmelig utætte, og derfor ikke har den lydisolation, som de burde have.

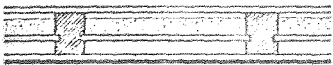
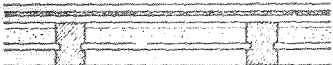

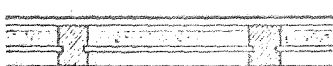
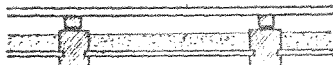
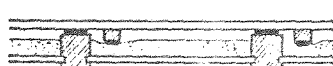

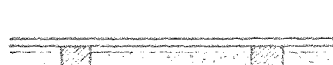
Med den benyttede vurderingsmetode for luftlydisolationen svarer en værdi på $I_a = 52$ dB meget nær til bygningsreglementets angivne krav for rumisolationen mellem boliger i etagebyggeri.

Etageadskillelsers trinlydniveau

En etageadskillelses isolation mod trinlyd bestemmes i første række af gulvbelægningen og den måde, hvorpå gulvbelægningen udlægges på den bærende konstruktion. De laveste trinlydniveauer kan opnås dels med svømmende gulve, dels med gulvtæpper med stor tykkelse. Den største erfaring med trinlydniveaues størrelse haves med hensyn til etageadskillelser med betondæk, medens kendskab til trinlydniveauer under træetageadskillelser

stammer fra sporadiske målinger. Den forbedring af trinlydniveauet, der kan opnås med gulvbelægninger, kan ikke direkte adderes.

Det er derfor vanskeligt at skønne over størrelsen af et forventet trinlydniveau under et gulv opbygget af flere belægninger, selv om den enkelte belægnings forbedring af trinlydniveauet kendes.

	Luftlyd- isolation niveau I_a	Trinlyd- niveau I_i
	45-49	72-67
	50-55	66-60
	50-55	67-72
	45-49	67-62
	48-53	68-64
	50-55	66-60
	48-53	66-62
	53-58	66-60

Figur 11. Træetageadskillelser i forskellige udførelser. De angivne isolationsværdier I_a og I_i er skønnede.

Det er ydermere tvivlsomt, om der opnås den samme forbedring af trinlydniveauet ved udlægning af et gulv på et træbjælkelag, som der opnås ved udlæg af samme gulv på et betondæk. Denne usikkerhed omkring trinlydniveauet under træetageadskillelser skyldes først og fremmest, at der findes så få måleresultater fra undersøgelser foretaget i bygninger. Forbedring af etageadskillelsers lydisolations kan foruden ved en forbedring af gulvet også ske ved nedhængte lofter under etageadskillelser. Det er imidlertid en forudsætning, at lofter udføres tætte og i denne forbindelse betyder dette, at lofter slutter tæt til omgivende vægge, og at lofter ikke udføres af trælist, gipsfliser eller andre materialer i tilsvarende formater. Et nedhængt loft kan forøge luftlydisolationen betydeligt, uden at forbedre trinlydniveauet i tilsvarende grad.

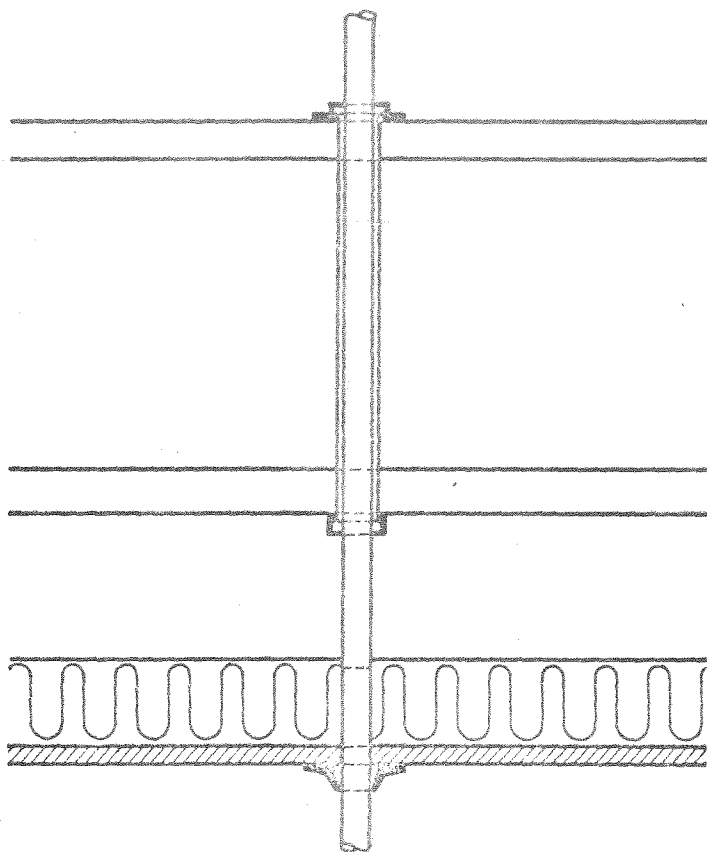
Med den benyttede vurderingsmetode for trinlydniveauer svarer værdier på mellem $L_1 = 61$ dB og $L_1 = 62$ dB til det i bygningsreglementet i øjeblikket stillede krav.

3.

Støj fra installationer

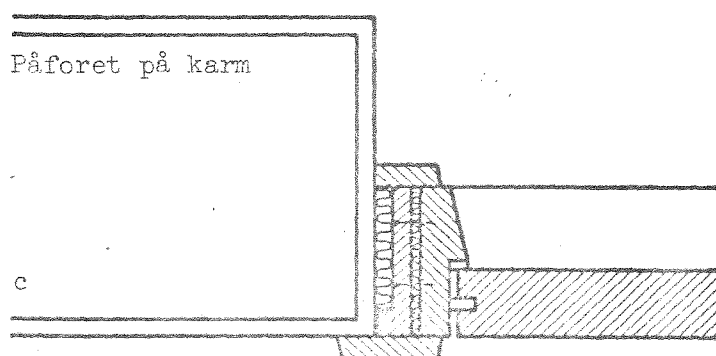
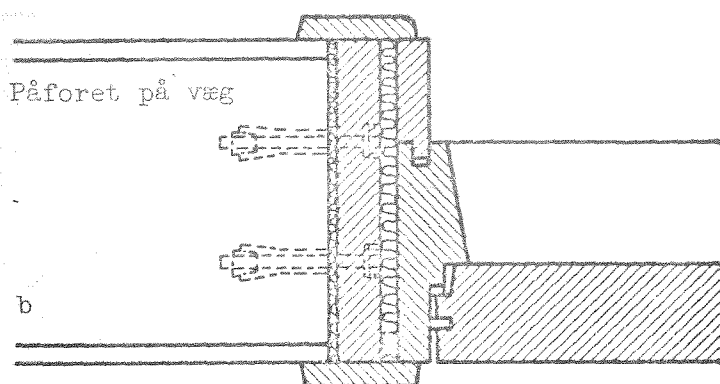
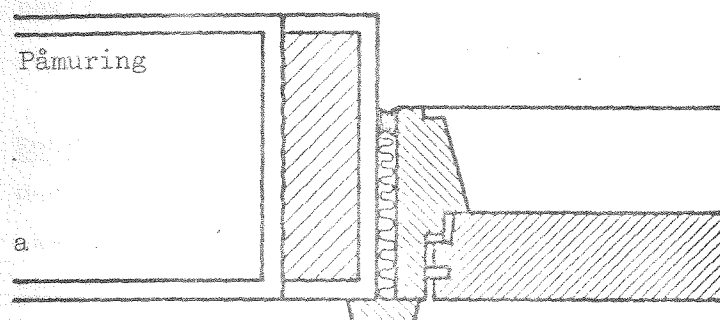
Støj fra brugsvandsinstallationer frembringes i hovedsagen af tapventiler og cisterneventiler. Støjniveauet stiger med vandtrykket og dermed vandmængden, hvorfor vandtrykket og vandmængden ikke bør være større end nødvendigt. Stigeledninger bør inddækkes med lydisolerende beklædning og det anvendte armatur bør tilhøre støjgruppe 1 jvf. "Støj fra aftapningsarmaturer" Boligministeriets godkendelsesudvalg for vand- og afløbsmateriel. Tilsvarende betragtninger gælder for radiatoranlæg, hvor støjen i særlig grad udstråles af radiatorer. Foruden små trykfald over ventiler, kun den nødvendige vandmængde og støjsvage ventiler, bør der vælges radiatorer med ringe lydudstråling. Radiatorer med stor stivhed fx søjleradiatorer af støbe- eller pladejern har ringe lydudstråling, medens radiatorer af tynd plade og i en form med ringe stivhed fx panelovne har stor lydudstråling. Radiatoranlæg kan foruden støj fra anlægget også transmittere lyd fra en bolig til en anden. Ved at anvende radiatorer med stor lydudstråling i forbindelse med kor-

te forbindelsesrør til lodrette stigeledninger, kan lyd-isolationen mellem boliger bestemmes af radiatoranlægget og ikke af den eventuelt forbedrede træetageadskillelse. Ved rørgennemføringer i etageadskillelser kan der skabes utætheder, hvorigennem lydtransmission kan finde sted. Rørgennemføringer bør ske i tætte bøsninger, hvis der ikke anvendes tilstrækkelig tætte patentbøsninger, er tætning med paksnor og eventuel fugemasse nødvendig. Der skal anvendes bøsninger, hvis dimension svarer til det gennemførte rør. Ved gennemføringer i træetageadskillelser er det i reglen også nødvendigt at tætne omkring bøsningens røret både ved etageadskillelsers over- og underside.



Figur 12. Rørgennemføringen i træetageadskillelse skal udføres med bøsningens rør, der skal have tætningssmulighed i både over- og underside. Hvis der ikke benyttes patentbøsninger med indbyggede tætningssringe, skal der anvendes paksnor ved over- og underside af etageadskillelsen. Forsynes etageadskillelsen med mindst 10 cm nedhængt tæt loft (gipsplader, men ikke i fliseformat), kan pakning ved etageadskillelsens underside udelades. Der skal dog benyttes roset til tætning ved loftet.

Ventilationsanlæg kan frembringe støj i ventiler til indblæsning og udsugning, det kan skyldes støj frembragt dels i ventilerne, dels i ventilatorerne. Støjniveauet i ventiler stiger med trykfaldet over ventiler og med den transporterede luftmængde. Er støjniveauet i et givet

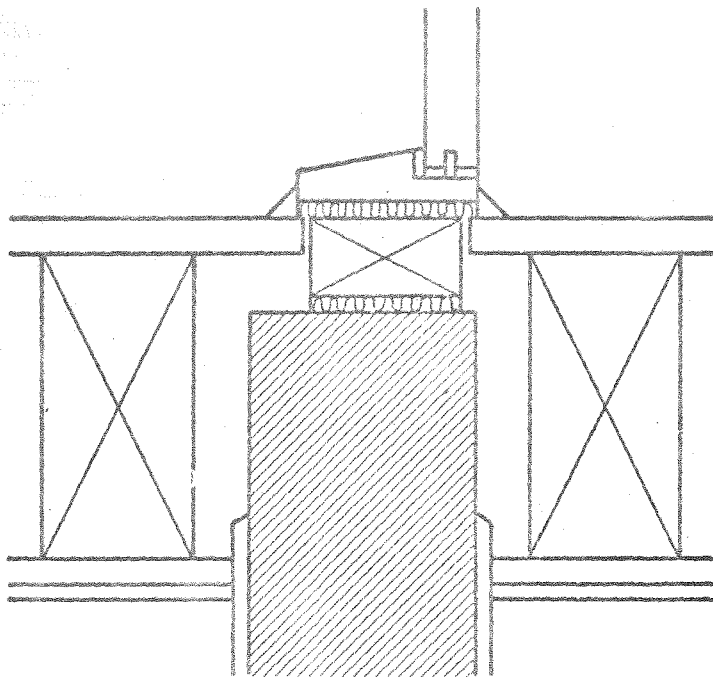


Figur 13: Tilpasning af dør og murhul. Skitse a viser en ændring af murhullets dimensioner. Dette er nødvendigt ved større ændringer af hullets mål, og det skal ske ved påmuring eller påstøbning, som sikrer en varig vedhæftning til den eksisterende mur. Skitse b viser en ændring af murhullet ved påføring med træ. Denne løsning må kun anvendes med trætykkelser indtil 30 mm og med en udførelse, som lydteknisk og brandteknisk ikke er ringere end vist på skitsen. Skitse c viser en mindre ændring af fugetykkelse ved påføring på karm. Påføringsstykkelse bør ikke overstige ca. 15 mm.

system for højt, er det nødvendigt at indføre lyddæmpere i kanalsystemet og/eller anvende mere støjsvage ventilatorer. Herudover kan ventilationsanlæg medvirke til at nedsætte bygningsdeles luftlydisolation. Dette kan imødegås ved inddækning af kanalerne med en lydisolerende beklædning og brug af ventiler med indbyggede lyddæmpere.

Entrédøres lydisolation

Medfører en modernisering af en ejendom udskiftning af eksisterende entrédøre, skal de nye døre opfylde reglementets nugældende krav. Dørene skal derfor i indsat stand have et middelreduktionstal på mindst 30 dB. Det vil i praksis medføre, at der benyttes DS-mærkede døre.

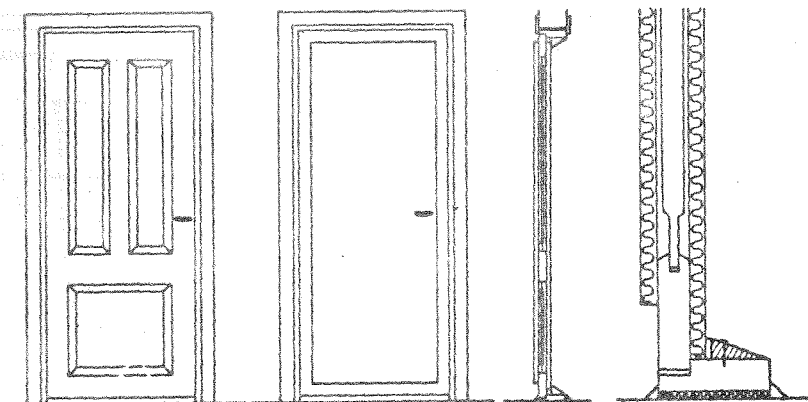


Figur 14. Karmunderstykke skal sluttes tæt til murhul. Ved fornyelse af entrédør skal der påføres under dørens karmunderstykke til mur, jævnfør figur 13.

Mærkningsordningen udgør en garanti for, at døren kan yde en lydisolation på mindst 30 dB, når de indsættes korrekt. Den rigtige indsætning er en sag, som er fabrikanter uvedkommende bortset fra, at en indsætningsvejledning skal følge døren. Erfaringer viser imidler-

tid, at den lydteknisk set korrekte indsætning i praksis er et større problem, end det burde være. Mellem dørkarm og væg skal stoppes med mineraluld til en tæthed på ca. 100 kg/m^3 og stopningen forsegles på en side med fugemasse. Hvis fugetykkelsen overstiger 20 mm skal der påføres eller påmures således, at der opnås en fugetykkelse mellem 5 mm og 15 mm. Ved indsætning af dørkarme skal disse opstilles på et lag mineraluld, således at der opnås en tilstrækkelig tæthed ved dørens underside.

Udskiftes entrédørene ikke, vil det i almindelighed være nødvendigt med en plade-beklædning af døren for at opfylde et mindste krav med hensyn til brandisolering. Påsættes en plade på døren, bør det medføre etablering af dobbeltfals, som kan give en væsentlig større tæthed end en enkeltfals. En forbedret stopning mellem karm og væg samt forsegling med fugemasse vil i alle tilfælde være nødvendig.

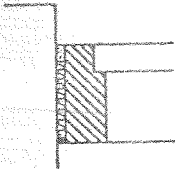


Figur 15. Påsætning af pladebeklædning på eksisterende dør. Pladen skal påsættes således, at døren ændres til en dobbeltfalset dør. På side- og overkarmstykker eventuelt tillige underkarmstykke påsættes nye anslag, som forsynes med tætningslister.

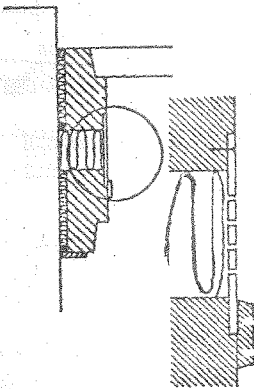
Isolation mod støj fra trafik

I bygningsreglementet stilles ingen krav til facaders lydisolering. Det er imidlertid hyppigt således, at modernisering af bygninger blandt andet omfatter isætning

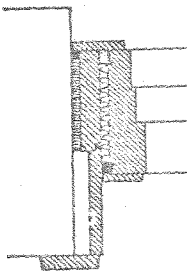
af nye vinduer. Da lydisolationen af facader i ældre bygninger bestemmes af vinduernes lydisolation, vil det være rimeligt at udnytte den forbedring af varmeisole- ringen, som tilstræbes ved indsætning af nye vinduer til en samtidig forbedring af vinduernes lydisolation. For at vinduer kan give den maksimale lydisolation, skal vinduesglas være isat uden utætheder, og der skal være tætningsmateriale mellem rammer og karm, ligesom der skal være stoppet med mineraluld til en stopningstæthed på omkring 100 kg/m^3 mellem karm og væg. Foranstaltning- ger der samtidig sikrer en god varmeisolering gennem ned- sat fugetab. Stopninger bør principielt forsynes med fuge- masse ved vinduets indvendige side. Imidlertid vil det, når den eksisterende karm ikke udtages i almindelighed væ- re nødvendigt at foretage tætninger ved vinduets yderside



Karm indsat i murhul. Der stoppes med mineraluld mellem karm og væg. Fugen forsegles indvendig med fugemasse og udvendig med mørtel eller lignende vandafvisende materiale.


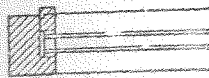
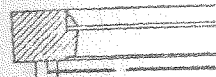

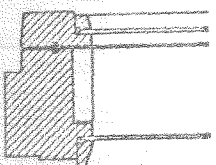
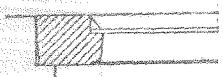
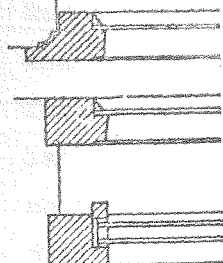

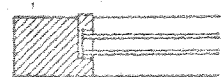


Dobbelt karme indsat i murhul. Der stoppes med mineraluld mellem karme og væg. Fugerne forsegles ved den indvendige side med fugemasse. Den udvendige karm tættes udvendig med vandafvisende materiale. Eventuelle koblinger mellem de to karme skal være uden væsentlig bøjningsstivhed. Forbindelsen kan være tynd plade på 3-4 mm. Koblingsfri forbindelse kan etableres med en dækplade fastgjort i en karm med en bevægelsesmulig fastgørelse i den anden karm. Forøgelse af lydisolationen kan opnås ved indlægning af absorptionsmateriale mellem karmene, som tildækkes af perforeret plade.



Karm indsat i eksisterende karm, hvor poste og løsholte er fjernet og afhøvlet i plan med tilsætnin- gers overflade. Den ny karm skal, for at der kan sikres tilstrække- lig tætning, være forsynet med fal- se ved karmtræets bagside såvel mod ude- og indside. Ved karmens in- derside forsegles med fugemasse og ved dens yderside med vindtæt mate- riale. Den gamle karm skal tættes med fugemasse mellem karm og mur før udvendig indfatning påsættes.

Figur 16. Indsætning af vindueskarme.

Vinduesrammer eller glas	Lydiso- lation R_m
 <p>1a. Ramme med enkelt glas nedlagt i kit: oplukkelig ramme fast ramme</p>	<p>< 24 25-29</p>
 <p>1b. Ramme med ter- moglas Termoglas bestående af 3 lag glas med to specielt tætliggende glas</p>	<p>25-29 ~ 35</p>
 <p>1c. Ramme med ekstra- glas påsat rammer. Glasafstand ca. 30 mm</p>	<p>30-34</p>
 <p>2a. Koblede rammer. Glasafstand ca. 30 mm</p>	<p>30-34</p>
 <p>2b. Koblede rammer med persienne mellem glassene. Glasafstand ca. 60-80 mm</p>	<p>35-39</p>
 <p>2c. Traditionel karm forsynet med overfal- set forsatsramme</p>	<p>30-39</p>
 <p>2d. Dobbeltfalset karm med rammer med glasaf- stand 80-100 mm</p>	<p>40-44</p>
 <p>2c. Vinduesrammer i sammenkoblede karme. Glasafstand > 150 mm, glastykkelse ≥ 5 mm</p>	<p>45-49</p>
 <p>3a. Vinduesrammer i adskilte karme, ud- ført i metalprofiler Glasafstand > 150 mm, glastykkelse ≥ 5 mm</p>	<p>≥ 50</p>

Figur 17. Vinduesrammer i forskellig udførelse. De angivne middelreduktionstal er skønnede for vinduer lydteknisk korrekt indsat og med tilstrækkelig falstætning. Anvendelse af termoglas i den ydre ramme forøger ikke reduktionstallet af betydning. De angivne middelreduktionstal kan ændres lidt ved større glastykkelse og betydeligt ved væsentlig forøgelse af afstanden mellem glassene. Udluftning af mellemrum mellem vinduesrammer bør ske gennem cirkulære huller med mindst mulig diameter.

på grund af, at eksisterende vinduesplader og lysningspanerler ikke nedtages. Tætning med fugemasse skal ikke blot ske ved den eksisterende karms overside, men også og især ved dens underside. Dette skyldes, at der i reglen ikke er stoppet ved karmunderside, og at utætheder her ofte er endnu større end ved karmens lodrette sider og overside. Vinduers maksimale lydisolations bestemmes i almindelighed af glasset. For enkelt glas vokser lydisolations i første tilnærmelse med glassets vægt, hvilket også vil sige med tykkelsen. De i dag benyttede termoglas med glasafstand på 6 og 12 mm giver ingen forøgelse af lydisolations i forhold til et massivt enkeltglas med termoglassets vægt. Med de specielle laminerede glas, som findes på markedet i dag, kan opnås en forøgelse af lydisolations i forhold til samme glastykkelse uden laminering, hvilket skyldes, at der opnås en forøgelse af massen pr. arealenhed uden en tilsvarende forøgelse af glassets stivhed. Med disse specielle glas i termoruder kan lydisolations forøges 5-7 dB i forhold til normale termoruder.

Med to eller flere glas med indbyrdes afstand større end 2-3 cm kan lydisolations forøges. Den opnåelige forbedring af luftlydisolations i forhold til lydisolations med et massivt glas med vægt svarende til summen af de enkelte glas, forøges med glasafstanden, som derfor bør være mindst 10 cm. I de tilfælde, hvor der ønskes en lydisolations på 45-50 dB, må det påregnes, at glasafstanden skal være større end 15 cm, glastykkelsen mindst 5 mm og glassene indsættes i en dobbeltkonstruktion bestående af to helt adskilte karme.

Vinduers lydisolations kan i reglen angives ved middelreduktionstallet. Anvendelse af isolationsindeks for luftlyd er mulig, men den er ikke standardiseret.

Vurdering af facaders nødvendige lydisolations

Vurdering af den lydisolations, der bør tilstræbes foran en facade, hvilket i de fleste ældre bygninger vil sige vinduerne, afhænger dels af den støjeksponering som facaden udsættes for, dels af det støjniveau, som

Eksponerings- klasse	Støjklas- se:			Isolations- klasse an- givet i mid- delreduktions- tal:
	1 25 dB(A)	2 30dB(A)	3 35dB(A)	
1: < 46dB(A)	1	0	0	6: ≥ 50
2: 46-55dB(A)	2	1	1	5: 45-49
3: 56-65dB(A)	4	3	2	4: 40-44
4: 66-75dB(A)	6	5	4	3: 35-39
5: > 75dB(A)	6	6	5-6	2: 30-34
				1: 25-29
				0: ≤ 24

Figur 18. Skema over sammenhæng mellem støjklasse, eksponeringsklasse og isolationsklasse. Når facadevæggens lydisolationsklasse er 10-20 dB større end vinduers, kan der til middelreduktionstallene adderes et tillæg, som afhænger af forholdet F mellem vinduesarealet og facadearealet i det enkelte rum. For $F < \frac{1}{2}$ kan i de fleste ældre ejendomme regnes med en forøgelse af middelreduktionstallet på 3 dB.

kan tillades i boligen. I almindelighed bør tilstræbes støjniveauer i boliger, som er lavere end 35 dB(A), men det må erkendes, at i nogle tilfælde kan det være vanskeligt at opnå. Støjniveauet bør dog ikke tillades at overstige 40 dB(A) selv under ekstrem støjeksponering. Oplysninger om den faktiske eller den forventede støjeksponering er desværre ikke gangbar viden i almindelighed. Der findes enkelte offentliggjorte resultater fra undersøgelser, hvor støjforholdene omkring enkelte vejstrækninger er kortlagt. I nogle byer, hvoriblandt London, Paris og Stockholm, har man udført og udfører stadig undersøgelser til belysning af støjforholdene i byerne. Her i landet har man endnu ikke påbegyndt undersøgelser i større målestok. Planlæggere og andre vil derfor i de fleste tilfælde være henvist til skøn eller til at lade foretage målinger i aktuelle situationer. Moderniseres bygninger, som ligger ud til hovedgader, bør en kontrol af støjniveauet foretages, således at der kan indsættes vinduer, som også giver den moderniserede bygning den bedst mulige komfort med hensyn til støj.