

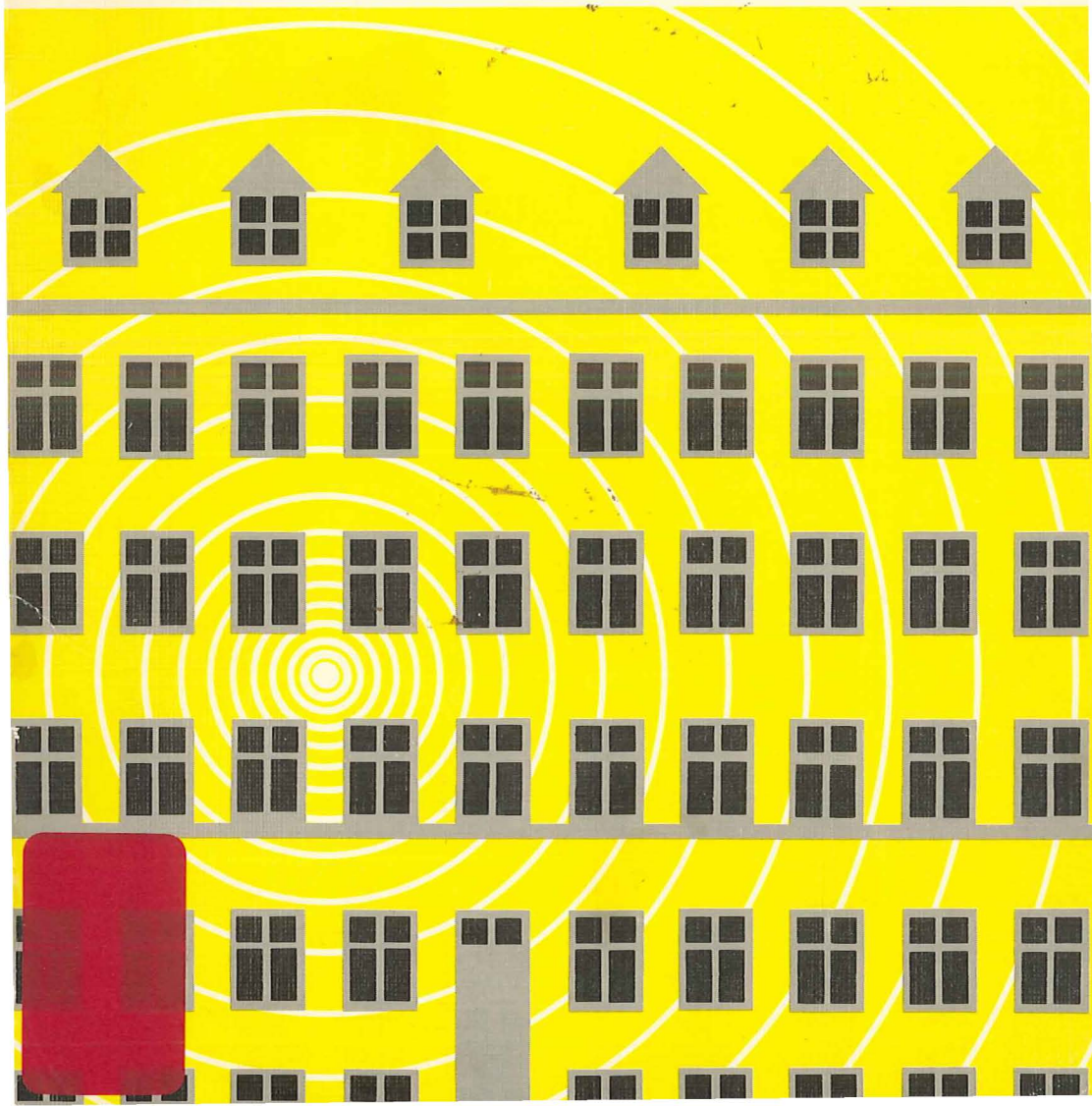
SBI-pubi

# Bygningers lydisolering



## ÆLDRE BYGNINGER

SBI-ANVISNING 136 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1983



11.11.2014

# BYGNINGERS LYDISOLERING

ÆLDRE BYGNINGER

JØRGEN KRISTENSEN

TILBUDSBEHOLDNINGEN ER UDSOLGT

1983 JAN 10

00188P

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

- ex 3

- 9 MAJ 1983



SBI-ANVISNING 136 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1983

### **SBI-anvisninger**

er egne eller andres forskningsresultater bearbejdet til brug ved planlægning, projektering, udførelse og drift af bygninger og byggeselskaber.

### **SBI-publikationer**

Statens Byggeforskningsinstituts publikationer findes i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Landbrugsbyggeri, Byplanlægning, Pjecer, Ydeevnebeskrivelser, Særtryk og Nomogrammer. Salg sker gennem boghandelen eller direkte fra SBI. Institutets 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. Information om abonnementernes omfang og vilkår fås hos SBI.

ISBN 87-563-0489-7.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 66,50 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 3.000.

Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Omslag: Henning Holmsted.

Statens Byggeforskningsinstitut:

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

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelse:

*SBI-anvisning 136: Bygningers lydisolering. Ældre bygninger 1983.*

## Forord

Vedrørende nye bygningers lydisolering henvises til SBI-anvisning 112

De krav, som i Bygningsreglement 1982 stilles vedrørende lydforhold i nye bygninger, gælder også ved ombygning af ældre bygninger. Ved sådanne ombygninger er det vanskeligt at forudsige hvilken lydisolering, der kan opnås med rimelige omkostninger. Erfaringerne viser, at der er behov både for et grundlag for vurdering af de opnåelige lydforhold og for detaljerede vejledninger i forbedring af forholdene. Anvisningen sigter mod at dække begge disse behov.

Anvisningen bygger i vid udstrækning på andres erfaringer, fordi der endnu ikke foreligger tilstrækkelig mange undersøgelser vedrørende de akustiske forhold i ældre bygninger. Det betyder, at der er større usikkerhed forbundet med at angive løsninger for lydisolering af ældre bygninger, end der er for nye.

Arkitektfirmaet Anders Helsted har bistået ved udarbejdelsen af anvisningen med konstruktionsoplæg og illustrationer. Arkitekt M.A.A. Harald From og civilingeniør, lic.techn. Jens Holger Rindel har foretaget en kritisk gennemlæsning af manuskriptet.

Anvisningen henvender sig først og fremmest til projekterende arkitekter og ingeniører samt til kommunale bygningsmyndigheder. Vi håber, den desuden kan være til nytte ved undervisningen af såvel studerende som håndværkere.

Hverdagens stigende støjniveau og den måske faldende klagetærskel medfører et voksende antal klager over dårlig lydisolering og for højt støjniveau. Derfor bør bygningsreglementets krav også overholdes i ældre bygninger, som gennemgår en fornyelse (selv om de ikke ombygges), da det i modsat fald let kan risikeres, at der sættes lighedstegn mellem den ældre boligmasse og akustisk slum.

Statens Byggeforskningsinstitut

Byggeriets Akustiske Målestation (BAM), februar 1982

*Jørgen Kristensen*

Anvisningens eksempler er godkendt af boligministeriet



# Indhold

<b>Forord</b> .....	5
<b>Terminologi og symbolik</b> .....	8
<b>Den ældre boligmasse</b> .....	9
Lovgrundlaget bag den ældre boligmasse .....	9
Konstruktive forhold med relation til lydisolering .....	10
Genopretning .....	16
Forbedring .....	17
Ombygning .....	17
<b>Lovmæssige bestemmelser vedrørende lydforhold</b> ....	18
Bygningsreglementets krav vedrørende lydforhold ....	18
Andre bestemmelser og vejledninger .....	21
<b>Klassificering af lydisolering</b> .....	23
Lydklasser for luftlydisolering .....	23
Lydklasser for trinlydniveau .....	24
<b>Lydisolering af bygningsdele og samlinger</b> .....	25
Ydervægge .....	29
Vinduer .....	29
Ruders lydisolering .....	33
Tæthed mellem ramme og karm .....	34
Tæthed mellem karm og væg .....	35
Genopretning af vinduer .....	36
Forbedring af vinduer .....	39
Udskiftning af vinduesrammer .....	44
Udskiftning af vinduer .....	44
Tage .....	47
Etageadskillelser .....	49
Genopretning af etageadskillelse med træbjælkelag .	51
Forbedring af etageadskillelse med træbjælkelag ...	54
Lydisolering af gulve .....	55
Lydisolering af lofter .....	57
Lydisolering af bjælkelag .....	59
Lydisolering under bjælkelag .....	62
Lydisolering af bjælkelag med synlige bjælker .....	64
Forbedring af etageadskillelse med støbt dæk .....	65

Etageadskillelser i våde rum .....	68
Skillevægge .....	69
Samlinger mellem bygningsdele .....	70
Vægge/flankerende murede vægge .....	71
Vægge/etageadskillelser med træbjælkelag .....	72
Murede vægge/flankerende etageadskillelser .....	73
Lette vægge som adskillelse mellem beboelseenheder .	74
Lokaler til erhvervsformål .....	75
Trapperum og entrédøre .....	77
Efterklangstid i trapperum .....	77
Forbedring af entrédøres lydisolering .....	77
Installationer .....	79
<b>Lydisolering i relation til anden isolering</b> .....	81
Lyd – brand .....	81
Lyd – varme .....	81
Lyd – fugt .....	82
Lyd – installationer .....	82
<b>Lydens udbredelse</b> .....	84
Luftlyd .....	84
Bygningslyd .....	85
Isolering mod luftlyd .....	85
Koincidence .....	85
Dobbeltkonstruktioner .....	88
Dobbeltkonstruktioners resonans .....	89
Isolering mod trinlyd .....	89
Støbte dæk .....	91
Træetageadskillelser .....	92
<b>Måling og vurdering af lydisolering og trinlydniveau</b> ..	93
Målemetoder .....	93
Vurdering af lydisolering .....	95
Luftlydisolering $R'_w$ .....	95
Trinlydniveau $L'_{n,w}$ .....	97
<b>Litteratur</b> .....	99

Generel betegnelse	Terminologi	Symbol	Enhed
Absorption	Ækvivalent lydabsorptionsareal	$A$	m <sup>2</sup>
	Lydabsorptionskoefficient	$\alpha$	
Areal	Areal	$S$	m <sup>2</sup>
Frekvens	Frekvens	$f$	Hz
	Kritisk frekvens eller grænsefrekvens	$f_c$	Hz
	Resonansfrekvens	$f_r$	Hz
Luftlydisolation	Vægtet reduktionstal (bygning) ISO/R717	$I_a$	dB
	Vægtet reduktionstal (laboratorium) ISO/R717	$I_{a,lab}$	dB
	Reduktionstal (laboratorium)	$R$	dB
	Vægtet reduktionstal (laboratorium) DS 2186/1	$R_w$	dB
	Reduktionstal (bygning)	$R'$	dB
	Vægtet reduktionstal (bygning) DS 2186/1	$R'_w$	dB
Støjniveau eller lydtrykniveau	A-vægtet lydtrykniveau	$L_{pA}$	dB
	Energiækvivalent A-vægtet lydtrykniveau	$L_{AeqT}$	dB
	Energiækvivalent A-vægtet lydtrykniveau korrigeret med eventuelt tillæg for ren tone eller impuls	$L_r$	dB
	Normeret A-vægtet lydtrykniveau for vandarmaturer	$L_{cp}$	dB
Tid	Efterklangstid	$T$	s
	Måletidsrum (tidsenheden anføres, når der ikke benyttes timer)	$T$	h
Trinlydniveau	Vægtet trinlydniveau (bygning) ISO/R717	$L_i$	dB
	Trinlydniveau (laboratorium)	$L_n$	dB
	Vægtet trinlydniveau (laboratorium)	$L_{n,w}$	dB
	Trinlydniveau (bygning)	$L'_i$	dB
	Vægtet trinlydniveau (bygning) DS 2186/2	$L'_{i,w}$	dB

Den benyttede terminologi og symbolik er i det væsentlige beskrevet i de i DS 2188 »Akustik. Ordliste« nævnte standarder samt standarderne DS/ISO 31/VII »Fysiske størrelser og måleenheder. Akustik« og DS/ISO 3822/1 »Akustik. Laboratorieundersøgelser af støj fra armaturer og udstyr i brugsvand-installationer«. Part I. Målemetode.

Bygninger med træbjælkelag eller med støbte dæk

Særlige hensyn til fredede og bevaringsværdige bygninger

De første byggelove

Københavns byggelove

Administration af byggelove

Ved den ældre boligmasse forstås i denne anvisning boliger opført i perioden fra midten af forrige til midten af dette århundrede og bygningerne i denne ældre boligmasse kan deles i to grupper: Den ene gruppe omfatter bygninger, som har trætageadskillelser, bærende murstensydervægge med tykkelser fra 1½-sten og opefter og indervægge med tykkelser fra ½-sten udført enten som træskelet, bindingsværk, med muret udfyldning eller som murede vægge, såkaldte grundmurede vægge. Den anden gruppe omfatter bygninger, som har dæk af jernbeton, hulsten mv. og bærende murstensvægge.

De løsningsprincipper, som er vist her, kan naturligvis også anvendes i bygninger, hvis opførelsetidspunkt ligger uden for den ovennævnte periode. For fredede eller bevaringsværdige bygninger, det være sig gamle eller nyere bygninger, må konkrete løsninger tilpasses Fredningsstyrelsens og Det særlige Bygningssyns krav til den enkelte bygning.

## Lovgrundlaget bag den ældre boligmasse

Før 1850 blev byggeriet i det væsentlige reguleret gennem bestemmelser, som var baseret på at nedsætte risikoen for både byen og borgerne i tilfælde af brand. Først i årene 1856–58 fremkom egentlige byggelove gældende for begrænsede områder af landet.

I Københavns kommune har lovgrundlaget for byggebestemmelser været byggelovene af 1856, 1871, 1889 og 1939. Hertil kom i 1939 den første boligtilsynslov, som gjorde det muligt at kondemner boliger. De ældre love har været model for tilsvarende love for Frederiksberg kommune og til dels også for købstæderne. Alle eksisterende byggelove blev revideret i 1912 på grund af overgangen til metersystemet.

Byggelovens administration henhørte fra grundlovens indførelse i 1849 og indtil 1924 under justitsministeriet, i

1924–47 under indenrigsministeriet, i en del af 1947 under ministeriet for byggeri- og boligvæsen, i 1949–50 under arbejds- og boligministeriet, i 1950–55 under indenrigs- og boligministeriet og fra 1955 under boligministeriet.

Bygningsreglementer og bygningsvedtægter

Indførelsen af bygningsreglementer i de enkelte kommuner og af bygningsvedtægter i købstadskommunerne medførte nogen forskel i regelsættet, men fælles for dem var, at de anførte konstruktioner primært skulle sikre bygningsens statiske stabilitet og yde en rimelig modstand mod brand.

Bygningsreglementer med krav til bygningslydforhold

Bestemmelser om lydforhold vandt ret sent indpas i bygge Lovgivningen. Først i slutningen af trediverne fremkom der i enkelte bygningsreglementer og -vedtægter henvisninger til lydisolationen. I 1948 blev der stillet et generelt krav til mindstetykkelsen for vægge mellem boliger i statsstøttet etagebyggeri. Dette krav blev skærpet i 1952 og 1956, men stadig kun gældende for statsstøttet byggeri. I medfør af bygge loven af 1960 udsendte boligministeriet i 1961 »Bygningsreglement for købstæderne og landet«. Heri blev stillet krav til lydisolationen for vægge og etageadskillelser i nyt etageboligbyggeri uden for København og Frederiksberg. Med »Bygningsreglement« af 1972 blev også byggeri i Frederiksberg kommune inddraget under reglementets geografiske område. I medfør af byggeloven af 1975 og ændringer, der følger af senere love, udsendte boligministeriet »Bygningsreglement 1977« og »Bygningsreglement 1982« (i det følgende benævnt BR-82), som omfatter byggeri i alle landets kommuner.

»Landsbyggelov«

Bygningsreglement for hele landet

### Konstruktive forhold med relation til lydisolation

Bygninger opført før ca. 1930

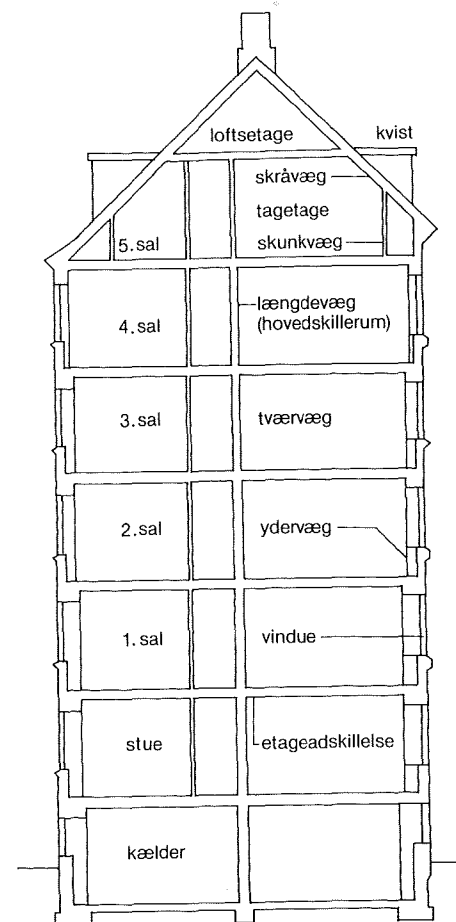
I bygninger opført før 1930 består de bærende konstruktioner hovedsagelig af murstensvægge og træbjælkelag.

Ydervægge

Ydervægge i fleretages bygninger er generelt massive og mindst 1½-sten med brystninger af 1-sten. Gavlvægge er mindst 1-sten. Disse vægtyper opfylder de krav, der sagligt kan stilles til ydervægges lydisolation. I figur 1 ses et snit i en ældre fleretages bygning.

Indervægge

Indervægge kan opdeles i tre grupper: Murstensvægge, bindingsværksvægge og lette vægge.



Figur 1. Lodret snit i en ældre bygning med træetageadskillelse og grundmuret længdevæg (hovedskillerum).

Murstensvægge

Murstensvægge er opført på eget fundament og har tykkelser fra ½-sten til 1½-sten afhængig af deres højde og frie spænd. Efter ca. 1890 blev det i nogle kommuner krævet, at de bærende længdevægge, såkaldte hovedskillerum, skulle have en tykkelse på mindst 1-sten, mens andre kommuner tillod hovedskillerum med mindre tykkelse. Tværvægge og trappevægge kunne generelt have mindre tykkelse end 1-sten. Vægge med ¾-stens tykkelse blev oprindeligt udført af normalsten og sten på kant. Omkring 1880 påbegyndtes

produktionen af 6"-sten, som i vid udstrækning afløste de traditionelle ¾-stensvægge muret af normalsten.

Murstensvægges lydisolation

Mange boligadskillende murstensvægge har mindre tykkelse end 1-sten og har ofte en lydisolation, der er 6–8 dB mindre, end hvad der i henhold til BR-82 kræves for boligadskillende vægge i nyt byggeri.

Bindingsværksvægge

Skeletvægge af træ med udmuring er anvendt til omkring 1900. Udmuringerne er som hovedregel udført med tykkelser svarende til ½-sten eller 6"-sten, og væggene er pudset på begge sider. Bindingsværksvægge findes anvendt både til tvær- og længdevægge. Tværvæggene har i reglen ingen stolper ved ydervæggene, og udmuringerne er normalt ikke i forbandt med disse. Længdevægge kan være udført med én rem eller med både fod- og toprem, hvor topremmen er bærende element for bjælkelaget. Fodremmen er normalt kæmmet over bjælkelaget.

Bindingsværksvægges lydisolation

Bindingsværksvægge uden revner mellem udfyldende murværk og bindingsværk svarer som rumadskillelser i lyd-mæssig henseende til murstensvægge med ½-stens tykkelse, men giver som flankerende vægge utvivlsomt anledning til mindre lydtransmission end murstensvægge med samme tykkelse. I huse med 4½" bindingsværksvægge er lydisolationen mellem naboboliger 8–10 dB dårligere, end hvad der i henhold til BR-82 kræves i nyt byggeri.

Lette vægge

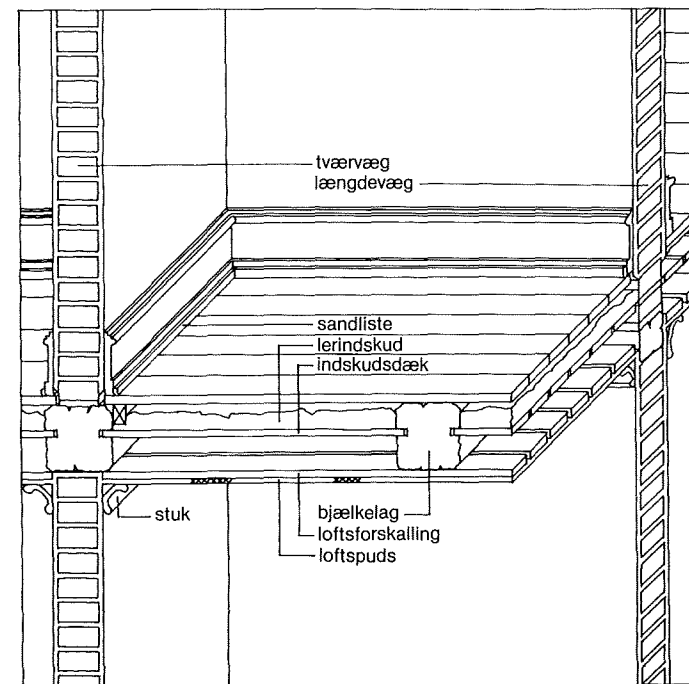
Lette vægge blev opstillet på bjælkelagene og er i reglen udført enten af forskallingsbrædder med rørvæv og puds på begge sider eller af slaggeplader opmuret med armeringsindlæg og pudset på begge sider. Pudsede bræddevægge findes udført både med to og tre lag forskallingsbrædder.

Lette vægges lydisolation

Lydisolationen for lette vægge i bygninger med træetageadskillelser er stort set som for tilsvarende lette vægge i nye boliger, men mange lette vægge er i det ældre byggeri anvendt som boligadskillelse, og lydisolationen kan være 10–15 dB ringere, end hvad der i henhold til BR-82 kræves for boligadskillelser i nyt byggeri.

Etageadskillelser med bjælkelag

Etageadskillelser med bjælkelag er i overvejende grad udført med træbjælkelag. I nogle bygninger, som regel til institutionsformål, indgår jernbjælker i etageadskillelserne. Det kan være som hoveddragere for et træbjælkelag, som jernbjælkelag med eller uden flangetræ eller som jernbjælkelag med murede kapper eller udstøbning.

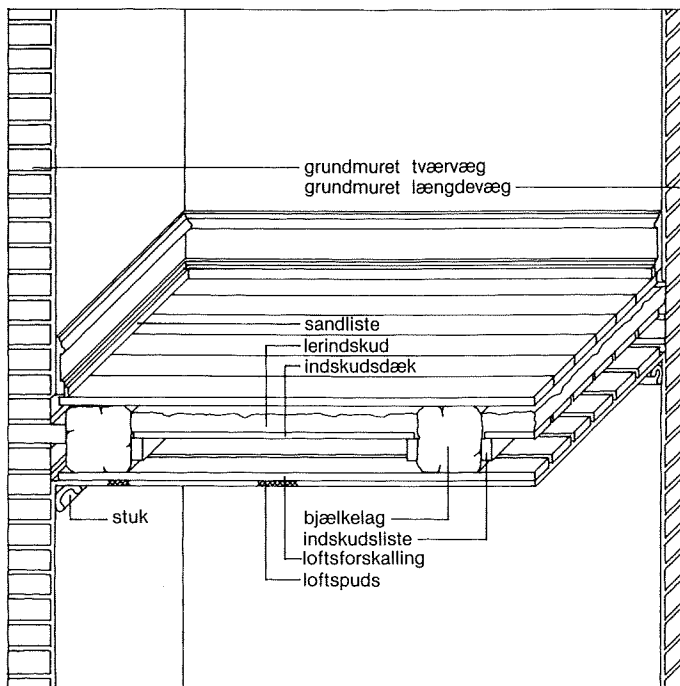


Figur 2. Etageadskillelse med træbjælkelag i bygning med indvendige bærende træskeletvægge med udmuring (bindingsværk). Hovedsageligt benyttet i bygninger opført før 1900. Dele af bjælkelaget indgår som bærende elementer både i gulve og tværvægge. Længdevæggens træskelet er udført med en rem for hver etage. Remmen er bærende underlag for bjælkerne og virker som fodrem i den overliggende etage og som toprem i den underliggende.

Træbjælkelag

Træetageadskillelser er normalt udført med 1⅛–1¼" fyrretræsgulve af høvlede og pløjede brædder, 2" indskudsler på indskudsdæk af 1" brædder og med 1" forskalling med rørvæv og puds. Indskudsdæk er ofte indlagt i noter i bjælkesiderne, dog kun når bjælkebredden er mindst 7", se figur 2. For bjælker med mindre tykkelse hviler indskudsdækket, hvor et sådant findes, altid på lister, der er sømmed på bjælkerne, se figur 3. Indskudsdækkets overside ligger ca. 3" under bjælkerne overside. Indskudslaget består i de fleste tilfælde af ler, men der kan være anvendt andre materialer, fx ubrændte teglsten overhældt med kalkmørtel, sand på papir mv.

Indskudsmaterialer



Figur 3. Etageadskillelse med træbjælkelag i bygning med murstensvægge. Hovedsageligt benyttet i bygninger opført før 1930. Bjælkelaget indgår som bærende element for gulve og for lette vægge. Indskudsdekke er vist lagt på lister, men findes i de fleste tilfælde lagt ind i not som vist i figur 2.

Indskudsler skulle ifølge de dengang gældende byggebestemmelser være faststampet og tørt, inden gulvet blev lagt. Imidlertid kan det med rimelighed antages, at det benyttede ler ofte har haft et betydeligt vandindhold, og at indskuds-laget derfor under udtørringen har fået mange og tilfældige revner.

Blandt tidens byggeteknikere var det en almindelig opfat-telse, at lerinskuddet ikke blot havde en funktion i brandtil-fælde, men også medførte øget brugskomfort ved at forhindre en umiddelbar nedsivning af vand og ved at dæmpe lydens gennemgang gennem etageadskillelsen.

Træetageadskillelsers lydisolations

Bygninger opført efter ca. 1930

Etageadskillelser med støbte dæk

Etageadskillelsers lydisolations

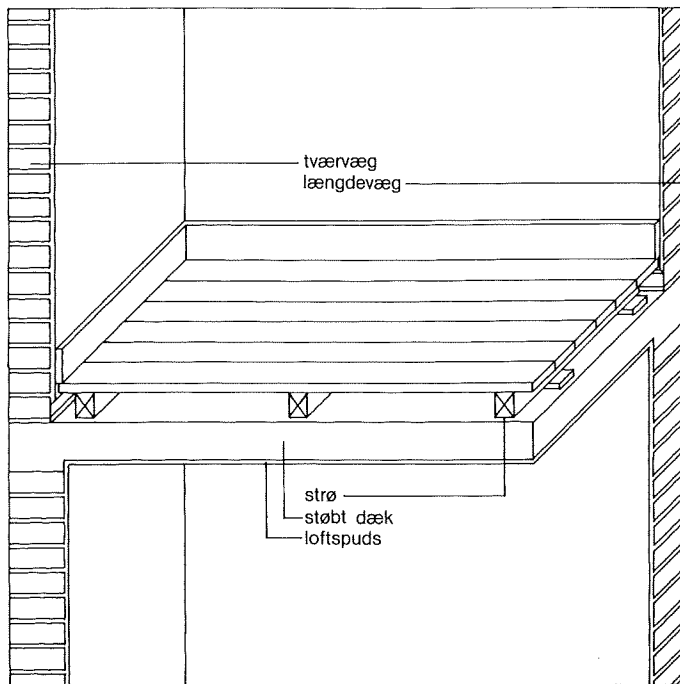
I mange ældre bygninger er etageadskillelserne udført uden indskudsdek og ofte tillige uden indskudsler. Gulvtykkelsen er i nogle tilfælde 1¾–2". Lydisolationen for etageadskillelser uden indskud er mindre end for etageadskillelser med indskud. Indskud af andre materialer end ler giver ofte ringere lydisolation end lerinskud. I bygninger fra før 1850 kan findes en anden type af gulvkonstruktion, hvor lerinskuddet er lagt som et mellemlag mellem et blændgulv og et gulv på strøer.

En træetageadskillelses aktuelle luftlydisolation må generelt forventes at være ringere end på ibrugtagningstidspunktet, ikke alene på grund af udtørringsrevner i indskuds-laget, men også på grund af svind ved udtørringen af træ, gulvbrædder og bjælker, hvortil kommer revner i loftspudsen. Almindeligvis er træetageadskillelsers luftlydisolation 2–7 dB mindre og trinlydniveauet 5–15 dB højere, end hvad der i henhold til BR-82 kræves for nyt byggeri.

Efter ca. 1930, hvor et voksende antal bygninger blev udført med betondæk, er de lette pudsede bræddevægge i nogen grad afløst af letbetonpladevægge og skeletvægge med pladebeklædning. På grund af flanketransmissionen kan et betondæk indvirke på den lette massive vægs lydisolation og omvendt.

Træetageadskillelser er efter 1930 i vid udstrækning afløst af jernbetondæk eller andre støbte dæk med gulv. Jernbetondæk, se figur 4, har i almindelighed tykkelser på 100–120 mm, men der findes eksempler på dæk med 80 mm tykkelse. Hulstensdæk har noget større tykkelse, og de findes med hulsten udført af teglmasse, klinkerbeton eller moler. Hulstensdæk med stor geografisk udbredelse er Røselser, Sperle og Bauma og fra den seneste periode Ståltegl og Roma. De støbte dæk er forsynet enten med afretning og tynd gulvbelægning, fx linoleum eller korkfliser, eller med trægulv på strøer, der er opklodset og eventuelt fastboltet til dækket. Gulvstrøer havde i reglen en større dimension, end der benyttes i dag. Opklodsninger er almindeligvis udført af hårde materialer med stor stivhed.

For de nævnte etageadskillelser med støbte dæk er luftlydisolationen almindeligvis 2–8 dB lavere og trinlydniveauet 5–10 dB højere, end hvad der i henhold til BR-82 kræves for nyt byggeri.



Figur 4. Etageadskillelse med støbt dæk i bygning med murstensvægge. Hovedsageligt benyttet i bygninger opført efter 1930. Strøene er opklodset af hensyn til gulvafretningen og findes ofte fastgjort til indstøbte stålankre.

### Genopretning

I tidens løb nedslides en bygning, og dens brugsværdi forringes. Ved en genopretning tilstræbes at hæve bygningens kvalitet til det oprindelige niveau og hensigten hermed er at forlænge bygningens brugsperiode, som regel med en kortere årrække, men uden intentioner om at opklassificere bygningens brugsværdi. Alligevel vil en genopretning i mange tilfælde medføre forbedringer i forhold til det oprindelige niveau, fx vil en fornyelse af installationerne kunne medvirke hertil, men samtidig vil også støjniveauet øges. En ændring af det oprindelige kvalitetsniveau kan eventuelt være lobestemt, fx gennem krav om øget brandsikring.

Genopretning kan medføre forbedring

Ved genopretningen kan der vælges mellem forskellige materialer og udførelser, som igen kan have forskellig indvirkning på lydisolationen.

### Forbedring

Ved en forbedring forstås større eller mindre ændringer ud over genopretningen som led i en bygnings fornyelse, hvorved det er hensigten at forlænge bygningens brugsperiode med en længere årrække. Ved forbedringen tilstræbes principielt at hæve bygningens kvalitet til et nutidigt niveau.

Omfanget af en forbedring er bestemmende for, om en bygnings brugsværdi kommer op på dagens kvalitetsniveau. Med hensyn til lydforhold vil det være muligt på de fleste områder at hæve kvaliteten til samme niveau som i nye bygninger. En eventuel brandsikring og/eller varmeisolering både kan og bør samordnes med anden sikring eller isolering, herunder lydisolering. Det vil ofte være muligt at øge bygningens lydisolering uden væsentlige meromkostninger.

Isoleringsforanstaltninger bør samordnes

### Ombygning

Ombygning til boligformål bør medføre en boligkvalitet svarende til dagens standard

Ombygning af gamle bygninger, hvor så at sige kun ydervægge og bærende indervægge genanvendes, medens etageadskillelser enten totalfornyes eller kun bjælkelag og gulv lades tilbage i en ny etageadskillelse, er en form for fornyelse, der kun anvendes i begrænset omfang.

Ombygning af ældre erhvervsbygninger til boligformål er en sådan form for fornyelse. Det er her muligt at skabe en boligkvalitet, som på de fleste områder svarer til dagens standard. Med hensyn til lydforhold er det muligt at opfylde de samme krav, som stilles til nyt byggeri.

Ombygning i beboelsesbygninger

Ombygning af dele af beboelsesbygninger til andet formål kan derimod på grund af krav til lydforholdene føre til byggeteknisk ret komplicerede konstruktioner. Det gælder indretning af boliger i tagetager og i endnu højere grad indretning af restaurationsvirksomhed i beboelsesbygninger.

## Lovmæssige bestemmelser vedrørende lydforhold

Byggeloven	Der er i medfør af byggeloven af 1975 (med ændringer, der følger af senere love) udarbejdet et bygningsreglement BR-82, hvori der stilles en række krav til boligens lydforhold. Herudover kan der i medfør af miljøbeskyttelsesloven af 1973 stilles en række krav, som kan have indflydelse på lydforholdene i boliger, der er beliggende i bygninger, hvor der også forekommer erhvervsvirksomhed. Indirekte kan krav i medfør af arbejdsmiljøloven af 1975 også indvirke på, hvordan lydforholdene skal tilgodeses.
Miljøbeskyttelsesloven	
Arbejdsmiljøloven	

### Bygningsreglementets krav vedrørende lydforhold

BR-82	<p>I BR-82 stilles krav med hensyn til:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luftlydisolation mellem boliger og mellem boliger og fællesrum, henholdsvis lokaler til erhvervsvirksomhed.</li> <li>- Isolation mod trinlyd mellem boliger og mellem fællesrum, henholdsvis lokaler til erhvervsvirksomhed og boliger.</li> <li>- Lydregulering i fællesgange, trapperum og daginstitutioner.</li> <li>- Grænser for støj frembragt af installationer og trafik.</li> </ul> <p>De af kravene i BR-82 (kapitel 9), som kan komme på tale ved ombygninger eller ved ændringer i boligens benyttelse, er anført i tabellerne 1-4, se dog også tabel 9, side 28.</p> <p>Bestemmelserne i BR-82 kan i mange tilfælde opfyldes uden meromkostninger, men i andre tilfælde kan meromkostningerne blive betydelige.</p> <p>Ved ombygning eller forbedring af ældre bygninger vil det være vanskeligere at forudsige en given konstruktions lyd-isolation, end det er i nye bygninger. I disse sidste er den lov-mæssige betydning af såvel variationer i udførelsen som af ændringer i konstruktionerne bedre belyst.</p>
Reglementskrav til lydforholdene kan undertiden opfyldes uden meromkostninger	

	Mindste tilladelige luftlydisolation $R'_{w}$ for vægge, etageadskillelser og døre i:			
	Beboelsesbygninger Etageboliger		Hoteller, plejehjem mv. Beboelsesenheder	
	Horisontal retning	Vertikal retning	Horisontal retning	Vertikal retning
Mellem bolig og rum i om-liggende boliger, beboelses- enheder, trappe- og fællesrum	52 dB	53 dB	52 dB	53 dB
Døre mellem boliger og fællesrum <sup>1)</sup>	32 dB		32 dB <sup>2)</sup>	
Mellem bolig og rum til fælles service eller erhvervsmæssig virksomhed <sup>3)</sup>	60 dB	60 dB	60 dB	60 dB

1) Generelt vil døre mærket 35 dB efter DS1082 opfylde de stillede krav.

2) I plejehjem dog kun 27 dB for døre med en bredde på 1,0-1,2 m. Dette kan opfyldes med døre mærket 30 dB efter DS1082.

3) Større luftlydisolation er nødvendig mellem fx et diskotek og en bolig for at nå ned på et støjniveau i boligen, som kan tilfredsstille kravene i Miljøstyrelsens vejledning nr. 2/1982. Den mindst tilladelige luftlydisolation  $R'_{w}$  vil i dette tilfælde være ca. 75 dB.

Tabel 1. Kravene til luftlydisolation i beboelsesbygninger mv. i henhold til BR-82.

Fra:	Største tilladelige trinlydniveau $L'_{n,w}$ i:	
	Beboelsesbygninger Rum i etageboliger <sup>1)</sup>	Hoteller, plejehjem mv. Beboelsesrum, fælles opholdsrum
Gulve i omliggende boliger <sup>2)</sup> , trapper, reposer, tagterrasser, altangange	58 dB <sup>3)</sup>	58 dB <sup>3)</sup>
Gulve i omliggende bade- og wc-rum samt altaner over 2,5 m <sup>2</sup>	63 dB	63 dB
Gulve i rum til fælles service eller erhvervsmæssig virksomhed <sup>4)</sup>	48 dB	48 dB

1) Trinlydniveau i bade-, wc-, pulterum o.l. undtaget.

2) Gulve i bade-, wc- og pulterum samt altaner under 2,5 m<sup>2</sup> undtaget.

3) For køkkener ved altangange dog op til 63 dB.

4) Lavere trinlydniveau er nødvendigt, fx fra et diskotek til en bolig, for at nå ned på et støjniveau i boligen, som kan tilfredsstille kravene i Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/1982. Det største tilladelige trinlydniveau,  $L'_{n,w}$  vil i dette tilfælde være ca. 25 dB.

Tabel 2. Kravene til trinlydniveau i beboelsesbygninger mv. i henhold til BR-82.



Største tilladelige gennemsnitsværdi for efterklangstid, $T$	Sekunder	Frekvensområde
I etagehuse, hoteller, plejehjem mv.:		
Trapperum fælles for flere end 4 boliger	1,3 s	500–3150 Hz
Gange fælles for flere end 2 boliger	0,9 s	500–3150 Hz

Tabel 3. Kravene til efterklangstid i beboelsesbygninger mv. i henhold til BR-82.

Fra:	Højest tilladelige lydtrykniveau $L_{Aeq}$ i beboelsesrum, køkkener og fælles opholdsrum i beboelsesbygninger, hoteller, plejehjem mv.
Fælles installationer (afløbs- og brugsvandsinstallationer, elevatorer, kompressorer, varmecentraler), installationer i vaske-, strygerum o.l.	35 dB
Radiatorer i fælles vandvarmeanlæg. Fælles ventilationsanlæg med indblæsning i opholdsrum	30 dB
Individuelle installationer i omliggende boliger	35 dB
Individuelle, ikke-manuelt styrede (funktionsstyrede) installationer inden for boligen	35 dB
Installationer i erhvervsvirksomheder i beboelsesbygninger, hoteller mv.	30 dB
Bygningers tekniske installationer, herunder anlæg til ventilation, opvarmning renovation mv.	Støjniveau på rekreative arealer herunder altaner, uderum og lign. 40 dB

Tabel 4. Krav vedrørende støjniveauet fra installationer i og ved beboelsesbygninger mv. i henhold til BR-82. De anførte lydtrykniveauer gælder for umøblerede rum. Hvis lydtrykniveauet måles i møblerede beboelsesrum, reduceres det tilladelige lydtrykniveau med 3 dB. Støjniveauet måles som det energiækvivalente A-vægtede lydtrykniveau over et tidsrum, der normalt ikke bør være kortere end 2 min., men som ikke må overstige det tidsrum, hvori installationen er i drift. Støjen bør ikke indeholde momentane lyde eller hørbare toner. Hvis dette er tilfældet, reduceres de tilladelige lydtrykniveauer med 5 dB.

## Andre bestemmelser og vejledninger

### Miljøhensyn

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/1974 om Ekstern støj fra virksomheder angives vejledende grænser for ekstern støj fra virksomheder og grænser for støj transmitteret gennem bygningskonstruktioner fra en virksomhed til en bolig i samme bygning.

### Støjniveau

Da støj ofte er meget varierende i styrke og ikke konstant over tiden, har det været nødvendigt at indføre et nyt og relativt kompliceret mål for støjniveauet, nemlig det energiækvivalente A-vægtede lydtrykniveau  $L_{Aeq}$ . Ofte benyttes betegnelsen  $L_{Aeq}(T)$ , hvor  $T$  angiver det benyttede måletidsrum angivet i timer.

### Energiækvivalent A-vægtet lydtrykniveau

### Erhvervsvirksomheder

Begrebet erhvervsvirksomhed kan i princippet fortolkes meget vidt. Støj fra forretninger og restauranter, foreningslokaler, varmecentraler mv. kan vurderes med udgangspunkt i de niveauer, der er anført i tabel 5.

### Indirekte krav til restaurationsvirksomhed

Hvad angår etablering af erhvervsvirksomheder i boligbebyggelser vil opfyldelse af kravene i BR-82 i de fleste tilfælde sikre, at også Miljøstyrelsens støjgrænser overholdes. Der findes imidlertid undtagelser, især for visse typer af restaurationer, hvor luftlydisolationen  $R'_{w}$  bør være større end 75

	Vejledende øvre grænse for støjniveau	
Referencetidsrum:		
Hverdage, søn- og helligdage	kl. 07–22	kl. 22–07
Støjniveau $L_r$ korrigeret for efterklangstid	30 dB	25 dB
Måletidsrum	1 time	30 min.

Tabel 5. Vejledende grænser for støj transmitteret fra en virksomhed til en bolig i samme bygning i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/1974, Ekstern støj fra virksomheder.

Støjniveauet måles som det energiækvivalente A-vægtede lydtrykniveau  $L_{Aeq}$ . Hvis støjen hverken indeholder en ren tone eller lydimpulser, er  $L_r = L_{Aeq}$ . Hvis den indeholder enten en ren tone eller lydimpulser eller eventuelt begge, adderes 5 dB til  $L_{Aeq}$ , dvs.  $L_r = L_{Aeq} + 5$  dB.

Der vælges inden for de respektive referencetidsrum de måletidsrum, som giver det største lydtrykniveau. Resultatet skal yderligere korrigeres til en efterklangstid på 0,5 sekund, dvs. at der til  $L_r$  skal adderes  $10 \log 0,5/T$ , hvor  $T$  er rummets efterklangstid ved 500 Hz.

Trafikstøj

dB og trinlydniveauet  $L'_{n,w}$  mindre end 25 dB. Hertil kommer en række problemer med støj i forbindelse med adgangsforholdene, se yderligere Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/1982 om Støj og lugt fra restaurationer.

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 2/1974 om Miljøhensyn ved planlægning angives vejledende grænser for tilfredsstillende og ikke tilfredsstillende udendørs støjniveauer fra vejtrafik, se tabel 6.

Støjniveau $L_{Aeq}(24)$		
	<i>Udendørs</i>	<i>Indendørs</i>
Tilfredsstillende	under 45 dB	under 30 dB
Utilfredsstillende	over 55 dB	over 35 dB

Tabel 6. Vejledende grænseværdier for støj fra vejtrafik i boligområder. De anførte grænseværdier for udendørs støj findes anført i Miljøstyrelsens vejledning nr. 2/1974, Miljøhensyn ved planlægning.

Fra Nordisk Komité for Bygningsbestemmelser foreligger en rapport om Retningslinier for bygningsbestemmelser vedrørende lydforhold, hvori der fremsættes forslag vedrørende facaders lydisolation. Forslaget bygger på, at støjniveauet  $L_{Aeq}(24)$  indendørs ikke bør overstige 30 dB og den nødvendige lydisolation for facader (underforstået vinduer) sættes i relation til de aktuelle udendørs støjniveauer. Forslaget, der tager sigte på boliger, er gengivet i en udvidet version i tabel 9.

Enkelte kommuner har i medfør af anden lovgivning (boligstøttelove mv.) stillet krav om, at hvis støjniveauet fra trafik overstiger fastsatte grænseværdier, skal dette imødegås i projekteringen i form af en lydisolering af boligers facader og/eller en tilbagerykning af boligerne fra trafikeret vej eller gade.

Forslag vedr. facaders lydisolation

Pålæg om lydisolation i medfør af anden lovgivning

## Klassificering af lydisolation

Standardiseret vurdering af lydisolation

Lydisolationen karakteriseres dels ved luftlydisolationen  $R'_w$  og dels ved trinlydniveauet  $L'_{n,w}$ , der efter standardiserede metoder hver for sig kan angives ved et enkelt tal. Det er dog ikke muligt at opgive nogen eksakt værdi for en konstruktions lydisolation, bl.a. fordi flanketransmissionen influerer på resultatet. Derfor er den skønnede lydisolation for en række konstruktioner angivet ved en lydklasse i stedet for ved en enkelt talværdi.

Lydteknisk dårlige samlinger trækker den adskillende bygningsdel ned i en lavere lydklasse

I et senere afsnit er foretaget skøn over samlingers lydtekniske kvalitet relateret til de anførte klasser. En adskillende konstruktion skal vurderes i relation til alle samlinger med omgivende bygningsdele, og ingen af disse må være vurderet lavere end den for konstruktionen tilstræbte værdi.

### Lydklasser for luftlydisolation

Ved vurderingen af etageadskillelsers og vægges luftlydisolation anvendes en inddeling som den i tabel 7 viste.

Hver lydklasse er karakteriseret ved en dB-værdi. Hvis en konstruktions luftlydisolation vurderes til  $n$  dB, betyder det, at konstruktionen kan forventes at give en luftlydisolation  $R'_w$  på mindst  $n$  dB.

36 dB	40 dB	44 dB	48 dB	52 dB	55 dB	60 dB	40 dB	44 dB	48 dB	51 dB	53 dB	55 dB	60 dB	20 dB	25 dB	30 dB	35 dB	40 dB	45 dB	50 dB	55 dB
Lydklasser for indervægge. Værdierne under 48 dB er ikke indeholdt i BR-82. De benyttes her i anvisningen til lydæssig vurdering af almindeligt anvendte tynde og lette vægge.						Lydklasser for etageadskillelser. Værdierne under 51 dB er ikke indeholdt i BR-82. De benyttes her i anvisningen til lydæssig vurdering af almindeligt anvendte etageadskillelser.						Lydklasser for ydervægge, vinduer og tage. Værdierne finder anvendelse, hvor der stilles krav til facaders isolation mod udefra kommende støj.									

Tabel 7. Lydklasser for indervægge, etageadskillelser og ydervægge, herunder vinduer og tage.

Lydklasserne følger kravene i BR-82

Lydklasserne er baseret på kravene i BR-82. For etageadskillelsers og skillevægges vedkommende medfører dette, at klasserne ikke bliver »lige brede«.

For ydervægges, vinduers og tages luftlydisolation anvendes en inddeling med samme bredde (5 dB) for alle de i tabellen anførte klasser.

### Lydklasser for trinlydniveau

Ved vurderingen af etageadskillelsers trinlydniveau anvendes en inddeling i lydklasser, som vist i tabel 8.

Hver klasse er kendetegnet ved en dB-værdi. Hvis en konstruktions trinlydniveau vurderes til  $n$  dB, betyder det, at konstruktionen kan forventes at give et trinlydniveau  $L'_{n,w}$  på højst  $n$  dB i omliggende rum.

Lydklasserne er knyttet til kravene i BR-82, som i dette tilfælde medfører samme bredde (5 dB) for alle de i tabellen anførte klasser.

48 dB	53 dB	58 dB	63 dB	68 dB	73 dB	78 dB
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Værdierne 68, 73 og 78 dB er ikke indeholdt i BR-82. De benyttes her i anvisningen til vurdering af almindeligt anvendte etageadskillelser.

Tabel 8. Lydklasser for trinlydniveau.

Lydklasserne følger kravene i BR-82

## Lydisolering af bygningsdele og samlinger

Lydisolation/lydisolering

Ved en bygningsdels lydisolation forstås dens evne til at reducere transmissionen af lydenergi gennem bygningsdelen. Ved en bygningsdels lydisolering forstås en foranstaltning, som reducerer transmissionen af lydenergi. Lydisolering af en bygningsdel begynder altid med en genopretning af bygningsdelen, hvilket vil sige, at eventuelle utætheder skal tætnes, således at bygningsdelen igen får en lydisolation svarende i det mindste til den lydisolation, den havde på ibrugtagningstidspunktet.

Genopretning er første led i en lydisolering

Lydisolationen er masseafhængig

Massive bygningsdeles lydisolation afhænger i første række af deres masse, men at lydisolere bygningsdele ved alene at forøge deres masse er ikke en fremkommelig vej, når der er tale om eksisterende konstruktioner.

Lydisolering med forsatskonstruktioner

Bygningsdele, der er udført som dobbeltkonstruktioner kan have større lydisolation end enkeltkonstruktioner med samme masse, dog er lydisolationen for dobbeltkonstruktioner meget afhængig af udførelsen. I eksisterende bygninger kan dobbeltkonstruktioner, når der ses bort fra vinduer, i reglen kun indføres i form af forsatsvægge, underlofter, forsatsbeklædninger eller svømmende gulve.

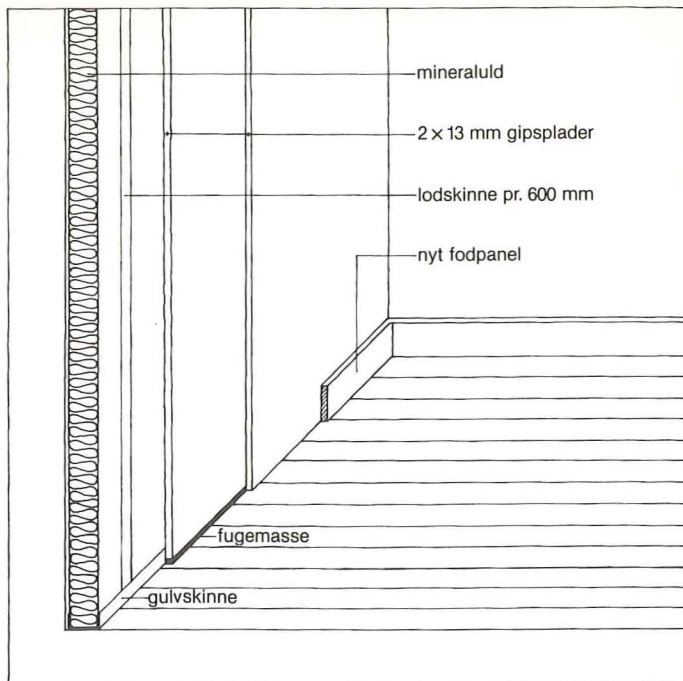
Forsatskonstruktioner kan i princippet udføres på flere måder og af mange forskellige materialer. Der anvendes imidlertid overvejende pladebeklædte skeletkonstruktioner i stål eller træ og med plader af brandklasse 1.

Med gipspladebeklædninger på stålskelet kan opnås en væsentlig isolationsforbedring, når beklædningerne opsættes som vist i figurerne 5-7.

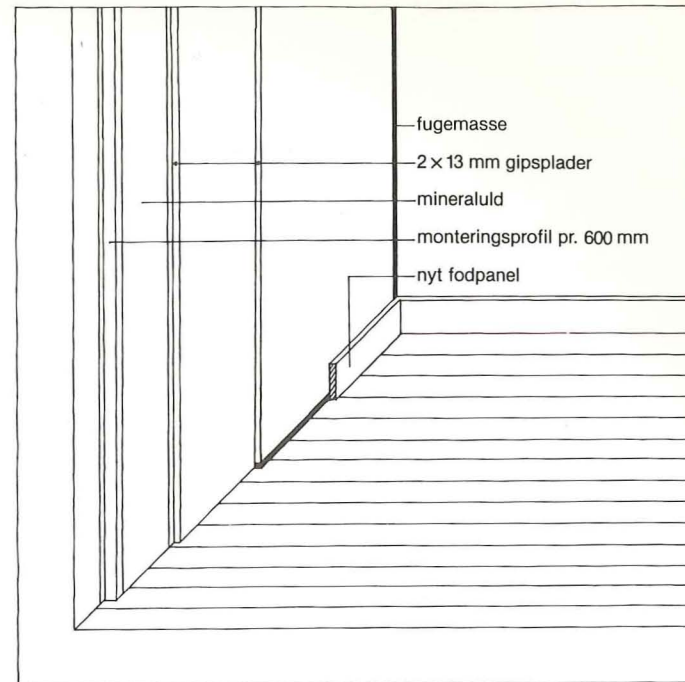
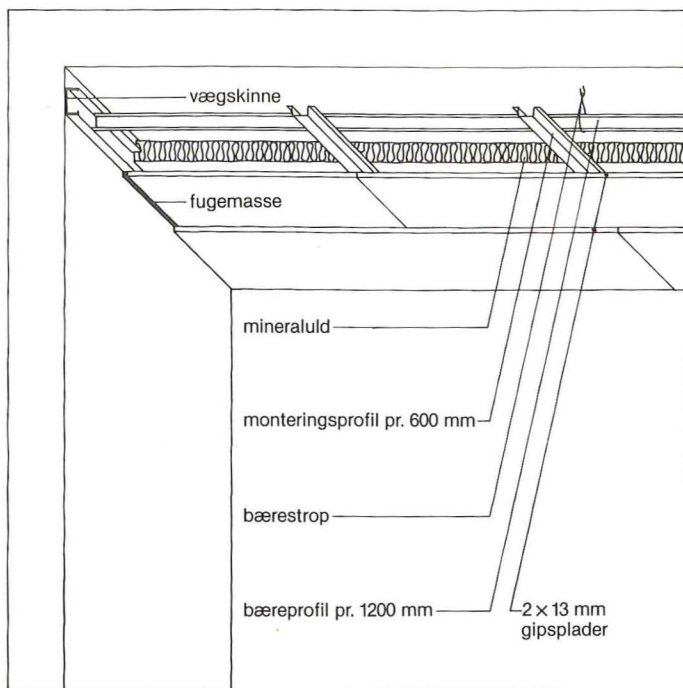
Forsatsbeklædninger er lyd-mæssigt ringere end fritstående forsatsvægge

Ved en forsatsbeklædning forstås en beklædning opsat direkte på den eksisterende konstruktion. En sådan beklædning må betragtes som en nødløsning, der kun anvendes, når opsætning af forsatsvægge og underlofter ikke er mulig. Den kan kun bruges i forbindelse med tunge konstruktioner.

Figur 5. Forsatsvæg bestående af 70 mm stålskelet opsat mindst 10 mm foran den eksisterende væg og beklædt med 2 lag gipsplader. Mindste pladsbehov for en forsatsvæg af denne type er ca. 105 mm.



Figur 6. Underloft bestående af et gipspladebeklædt stålskelet med 25 mm monteringsprofiler fastgjort til 45 mm bæreprøfer, der er ophængt i det eksisterende loft. Mindste pladsbehov for et underloft af denne type er ca. 150 mm.



Figur 7. Forsatsbeklædning med gipsplader på 25 mm stålprofiler monteret direkte på den eksisterende væg. Monteringsprofilerne skal give plads til mindst 25 mm mineraluld bag gipspladebeklædningen. Forsatsbeklædninger bør kun anvendes på vægge, hvis masse ligger over 200 kg/m<sup>2</sup>. Gipspladebeklædninger opsat på lette vægge og på monteringsprofiler med for ringe højde, dvs. med for lille afstand mellem væg og beklædning, kan i værste fald forringe lydisolationen ved de lave frekvenser.

Lydisolering af flankerende bygningsdele

Anvendes træskelet til en forsatsvæg bør afstanden mellem væg og træskelet være mindst 30 mm. Pladematerialet kan være gipskartonplader eller andet med tilsvarende lydtekniske egenskaber. En forudsætning for at forøge en bygningsdels lydisolering væsentligt ved hjælp af en forsatskonstruktion er, at bygningsdelens resonansfrekvens ligger under 90 Hz, se figur 41.

Lydtransmissionen mellem to rum foregår ikke alene gennem de adskillende bygningsdele, men også gennem omgivende bygningsdele, hvilket vil sige, at lyden også transmitt-

teres via flankerende vægge og dæk. En forbedring af lyd-isolationen mellem to naborum kan derfor i visse situationer betinge, at både den adskillende bygningsdel og nogle af de omgivende bygningsdele skal lydisoleres. En sådan situation kan forekomme både i bygninger med træetageadskillelser og i bygninger med støbte dæk.

Lydisoleringen af bygningsdele mod trafikstøj adskiller sig ikke fra anden lydisolering. Men i tilfældet trafikstøj afhænger den nødvendige lydisolation af både det udendørs og det indendørs støjniveau. Når det udendørs støjniveau  $L_{Aeq(24)}$  overstiger 55 dB, begynder en lydisolering af yder-vægge, tage og vinduer at blive aktuel, jvf. tabel 9. En lyd-isolering udover, hvad der kan opnås med en almindelig ter-morude med god tætning (det vil sige en lydisolation  $R'_w$  på ca. 30 dB) er i praksis først nødvendig, når det udendørs støjniveau  $L_{Aeq(24)}$  overstiger 60 dB og i reglen kun for yder-vægge mod gade og vej.

Udendørs lydtrykniveau $L_{Aeq(24)}$ dB	Indendørs lydtrykniveau $L_{Aeq(24)}$			
	25 dB	30 dB	35 dB	40 dB
under 56	30	25	25	25
56–60	35	30	25	25
61–65	40	35	30	25
66–70	45	40	35	30
71–75	50	45	40	35
76–80	–	50	45	40
over 80	–	–	50	45

*Tabel 9. Nødvendig lydisolation  $R'_w$  for vinduer, angivet ved lyd-klasse i afhængighed af det ønskede indendørs støjniveau og det forventede udendørs støjniveau målt 2 m fra facaden. Støjniveauet måles ved det energiekvivalente A-vægtede lydtrykniveau over et døgn. Når der anvendes vinduer, som tilhører de i tabellen under indendørsniveauet 30 dB anførte lydklasser, anses eventuelle krav om, at lydtrykniveauet  $L_{Aeq(24)}$  i boliger, plejehjem mv. ikke må overstige 30 dB, for opfyldt. Det er forudsat, at ydervæggens lyd-isolation ligger mindst 5 dB over vinduernes, at der ikke er andre væsentlige lydtransmissionsveje end vinduerne, og at forholdet mellem vinduesarealet og rummets ækvivalente lydabsorptionsareal ikke afviger væsentligt fra det normale i traditionelle beboelsesrum.*

Dårlig lyd-isolation kan være et inde-klimaproblem, men dets løsning må ikke frem-bringe nye pro-blemer

Lavere støjniveau ved bygningers bagside

Tunge vægge har tilstrækkelig lydisolation

Definition af vindue

Lydisolering af vinduer medfører, at disse får en større lufttæthed end ved anden isolering, og skaber derved mulig-hed for en påvirkning af indeklimaets andre parametre i ne-gativ retning. Lydisoleringen af et vindue bør derfor ikke overstige den i tabel 9 anførte lydklasse, som er nødvendig for at opnå et indendørs lydtrykniveau  $L_{Aeq(24)}$  på 30 dB, medmindre der ad anden vej er etableret et tilstrækkeligt luftskifte til at opretholde et acceptabelt indeklima.

Støjniveauet ved trafikerede gader og veje kan beregnes efter »Beregningsmodel for vejtrafikstøj«, rapport 23, Vej-datalaboratoriet, Vejdirektoratet 1981.

Støjniveauet i karrébebyggelsers gårde er ofte 20–25 dB la-vere end mod gade eller vej.

### Ydervægge

Ydervægge i ældre bygninger er i almindelighed tilstrækkelig lydisolerede i sig selv og yderligere lydisolering vil kun und-tagelsesvis være nødvendig. En varmeisolering af tunge ydervægge vil kun influere uvæsentligt på deres lydisolation.

Ydervægge med 1½-stens tykkelse har en lydisolation  $R'_w$  på 55 dB og kan derfor opfylde selv meget strenge krav til isolation mod trafikstøj. I tabel 9 er facaders nødvendige lydisolation fastlagt ud fra vinduers lydisolation og det udendørs støjniveau. Nogen information om lydisolationen for vægge af lettere materialer findes i SBI-anvisning 112: »Bygningers lydisolering. Nye bygninger«, 2. udgave, og i Vejdatalaboratoriets rapport 25: »Bygningers lydisolering over for vejtrafikstøj«.

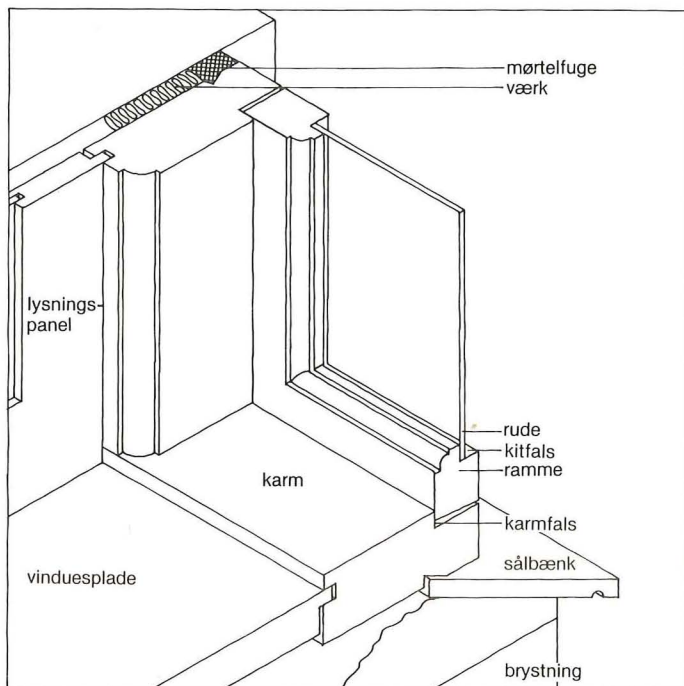
### Vinduer

Et vindue består normalt af ruder (indsat i ramme eller karm), lysningspaneler, indfatninger, tætningslister, beslag mv. Lydteknisk set regnes også fugen mellem væg og karm at høre til vinduet.

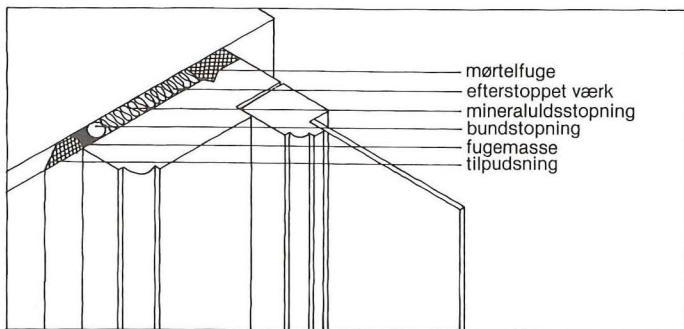
Et vindues lydisolation afhænger af dets enkelte bestand-deles isoleringsmæssige egenskaber, herunder de indbyrdes forbindelser og tilslutningerne til væg. I et givet frekvens-område er den bestanddel, forbindelse eller tilslutning, der



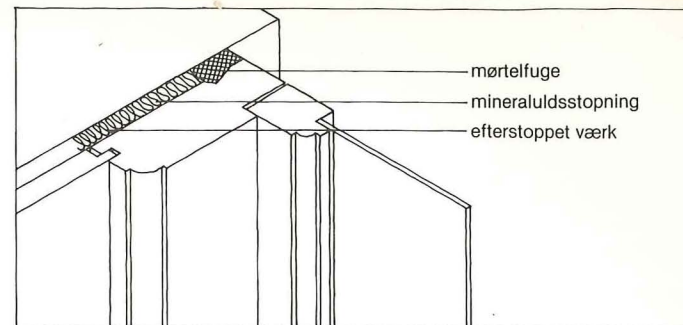
giver det største bidrag til lydtransmissionen stort set bestemmende for vinduets lydisolations. I praksis vil vinduets lydisolations i frekvensområdet 100–3150 Hz være bestemt af rudernes lydisolations, af tætheden mellem ramme og karm og af fugetætheden mellem karm og væg, se figur 8a–e.



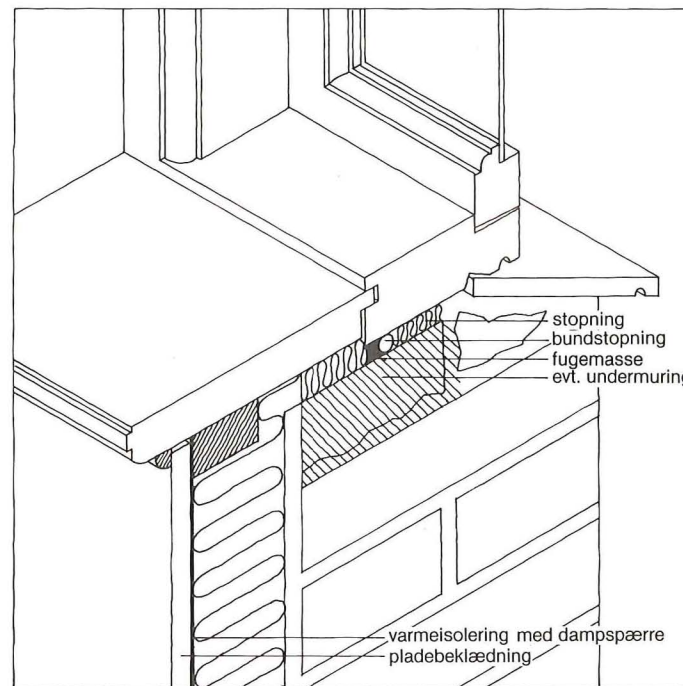
Figur 8a. Typisk ældre vindue med skifersålbænk og lysningspanel, som det ser ud, før der foretages tætningsforanstaltninger.



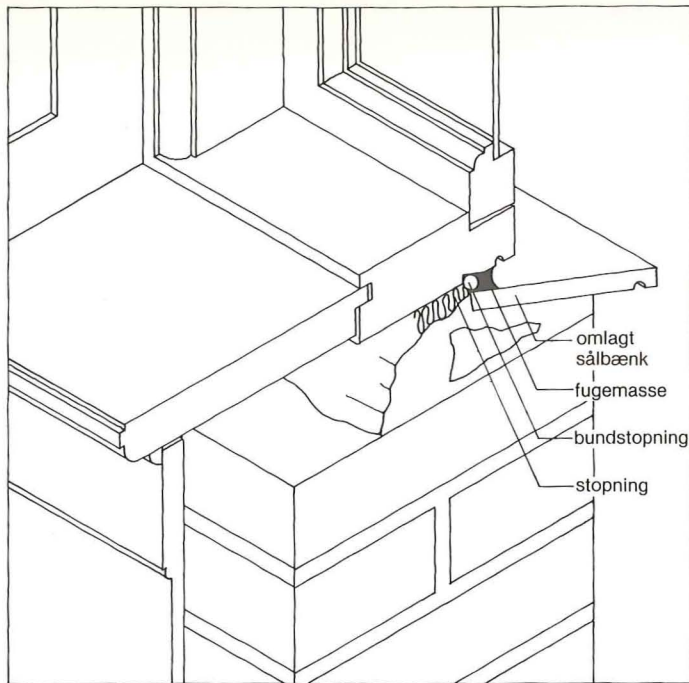
Figur 8b. Fugeforsegling ved et vindues indvendige side.



Figur 8c. Hvor en fugeforsegling ved et vindues indvendige side ikke er gennemførlig, tilrådes at stoppe tæt med mineraluld og anvende en mørtelfuge som regnskærm.



Figur 8d. Fugeforsegling ved et vindues karmunderstykke. Det er i reglen nødvendigt at udmure under karmen for at kunne etablere en tilfredsstillende fuge, som kan stoppes med mineraluld og forsynes med en bundstopning for fugemassen, før en forsegling kan finde sted.



Figur 8e. Fugeforsegling i forbindelse med omlægning af en sålbænk. Forseglingen bør føres mindst 50 mm op langs karmsidestykket og ligge så langt tilbage, at mørtelfugen kan føres forbi fugeforseglingen.

Øget ventilationsbehov

Vinduer med stor lydisolering er samtidig så tætte, at en tilfredsstillende ventilation af boligen må sikres ad anden vej, hvilket i praksis vil sige fra andre rum, idet luftindtag ikke bør anbringes i vægge mod vej eller gade med stor trafikintensitet, af hensyn både til støjen og til kvaliteten af den indtagne friskluft, som kan have et stort indhold af både faste partikler og udstødningsgasser. Lyddæmpning af luftindtagene vil ofte kræve, at der installeres mekanisk ventilation.

Udluftning af glasmellemrum

I vinduer med to sæt ruder er der risiko for kondens på det yderste sæt, hvorfor hulrummet mellem de to sæt ruder må udluftes. Af hensyn til lydisoleringen bør tværsnittet i udluftningsåbningerne være mindst mulig. Udluftningen bør ske gennem nogle få huller med lille diameter fremfor et enkelt større hul eller en spalte, da disse giver større forringelse

af lydisoleringen. I de fleste tilfælde er et 6 mm hul pr. 200 mm i vinduesrammens understykke tilstrækkeligt, se figur 10. Hulsiderne bør behandles med træimprægneringsvæske.

### Ruders lydisolering

Flerlagsruder

Ruders lydisolering øges med deres masse pr. arealenhed. I ruder med to adskilte lag glas afhænger lydisoleringen også af resonansfrekvensen, det vil sige både af afstanden mellem glaslagene og af disses masse pr. arealenhed. Lydisoleringen for ruder med flere lag glas kan ved frekvenser over resonansfrekvensen være større end lydisoleringen for ruder med et lag glas med samme masse. Derfor bør resonansfrekvensen for en flerlagsrude være så lav som mulig.

Koincidens

Lydisoleringen kan formindskes af et fænomen, der kaldes koincidens. Virkningen af koincidensen kan modvirkes ved at erstatte et lag glas med flere tyndere, sammenlagte glaslag, fx lamineret glas. Herved opnås, at ruden får samme tykkelse og masse, men væsentlig mindre stivhed. Dette princip udnyttes både i dobbeltruder og i enkeltruder. Laminerede ruder udføres undertiden med skiftende lag af akrylplast og glas.

Termoruder

De fleste termoruder med mindre end 40 mm mellem glaslagene har resonansfrekvenser over 125 Hz, hvilket medfører, at de stort set giver samme lydisolering som etlagsruder med samme masse pr. arealenhed. Et eventuelt tredje lag glas i termoruder ændrer ikke lydisoleringen mærkbart. I såkaldte lydrunder, her benævnt termolydrunder, er lydisoleringen forøget ved, at termorudens ene glaslag er erstattet med lamineret glas.

Termolydrunder

Gasfyldte ruder

I nogle termolydrunder er lydisoleringen forøget yderligere ved, at den indespærrede atmosfæriske luft er erstattet med en gasart, hvori lyd hastigheden er væsentlig forskellig fra lyd hastigheden i atmosfærisk luft. Dette medfører en forøget lydisolering i et frekvensområde over rudens resonansfrekvens og atypiske forløb for lydisoleringen i forhold til ruder med atmosfærisk luft. Den gasfyldte termorude er desuden mere udsat for tab af lydisolering end normale termoruder, idet lydisoleringen vil aftage væsentligt hvis der opstår en utæthed i ruden, hvorved den indespærrede gas vil sive ud af ruden og atmosfærisk luft trænge ind.

Gasfyldte ruders lydisolering forringes væsentligt ved punktering



Termolydruder med meget stor lydisolations har samtidig en stor masse pr. arealenhed, hvilket igen kræver meget kraftige rammer.

#### *Tæthed mellem ramme og karm*

Oplukkelige vinduesrammer er normalt hængslede i en fals, som omslutter rammen således, at der fremkommer fornøden »luft« for åbning og lukning. Falsen danner desuden anslag for rammen i vindueskarmen.

Luftspalten mellem ramme og karm spiller en væsentlig rolle for lydets transmission. Det er derfor vigtigt, at anslaget mellem ramme og karm er tæt, således at lydtransmissionen ad denne vej er ubetydelig i forhold til transmissionen gennem ruden. Jo større lydisolations et vindues ruder har, desto mindre må lydtransmissionen gennem anslag og luftspalter altså være. Med dobbelt fals, det vil sige dobbelte anslag, opnås normalt en mindre lydtransmission end med enkelt anslag. Enkeltfals kombineret med overfals svarer lydteknisk til en dobbeltfals, se figur 13b og c. Mens en dobbeltfals med tætning i to anslag altid vil være en lydteknisk fordel, er den ikke altid en fordel set fra et fugtteknisk synspunkt. Hvis der benyttes tætning i to planer, er det nødvendigt, at den største lufttæthed findes i det plan, som ligger nærmest vinduets varme (indvendige) side.

For at opnå tilstrækkelig tæthed i anslaget mellem ramme og karm må der almindeligvis anvendes tætningslister enten indsat i falsen, forudsat at anslagsbredden er tilstrækkelig dertil, eller opsat i karmen, således at tætningslisterne danner anslag og forøger anslagsbredden. I begge tilfælde er det en forudsætning, at tætningslisterne aktiveres korrekt langs alle rammekanter. Til tætning i karm kan benyttes en kombineret anslagstætningsliste eller anslagslister plus tætningslister.

Svenske forsøg har vist, at slangelister og vinkellister giver stor lufttæthed, og at lister af specialgummi er mere holdbare end lister af PVC. Slangelister med diametre under 6 mm kan monteres i en karmfals, således at der kun forekommer én samling for hver vinduesramme. Lister med større diameter skal sammenskæres i hjørnerne, og det bør ske med tætsluttende geringssamlinger. Lister bør monteres således,

Luftspalter mellem ramme og karm

Tætningslister

Slangelister af gummi

at aktivering sker mellem to flader og ikke mellem en flade og en rammekant.

Brugen af V-formede gummitætningslister mellem vinduesramme og anslag i fals vil kræve enten uddybning af vinduets fals eller udfræsning i vinduesrammen. Alligevel vil det være vanskeligt at opnå en effektiv tætning i vinduets hængselside uden at ødelægge tætningslisten ved åbning og lukning af vinduesrammen.

#### *Tæthed mellem karm og væg*

Gennem fugerne mellem vindueskarm og væg, karmfugerne, sker ofte en væsentlig lydtransmission. Karmfuger bør imidlertid være så tætte, at lydtransmissionen gennem dem bliver ubetydelig i forhold til transmissionen gennem ruderne. Karmfugens lyddæmpning, det vil sige dens lydreducerende virkning, afhænger først og fremmest af korrekt tætning med materialer, som sikrer varig tæthed. Karmfugens bredde bør ikke overstige 15 mm. Den bør stoppes med mineraluld og forsegles med fugemasse. Af fugttekniske årsager bør en fugeforsegling ske ved vinduets indvendige side, et eksempel er vist i figur 8b og d.

I mange tilfælde spærres adgangen til karmfugens indvendige side af lysningspaneler, som det vil være meget udgiftskrævende at nedtage. I sådanne tilfælde kan det overvejes at udføre forseglingen bag mørtelfugen ved vinduets udvendige side i tilfælde, hvor ydervæggen består af murværk af normalbrændte teglsten. Men det må i øjeblikket anses for mere sikkert at undlade en sådan udvendig fugeforsegling og i stedet stille større krav til stopningstætheden, som skal svare til 50–80 kg/m<sup>3</sup>. Fugerne langs karmens over- og sidestykker renses for mørtel og efterstoppes med mineraluld. Hvis fugen forsegles med fugemasse, må mørtelfugningen først udføres, når fugemassen er hærdet.

Ved underkarmen er det i reglen vanskeligt at opnå en tilfredsstillende tæthed uden ændring af sålbænken. I figur 8d er vist en indvendig fugeforsegling ved en skifersålbænk, og der er samtidig vist varmeisolering af vinduesbrystningen. I figur 8e er vist en fugeforsegling ved den udvendige side af vinduet efter en omlægning af skifersålbænken. Fugeforseglingen ved karmundersiden bør føres 50–100 mm op bag

Karmfuger

Fugebredde

Fugeforsegling ved vinduers udvendige side bør undgås

Fugeforsegling ved sålbænke

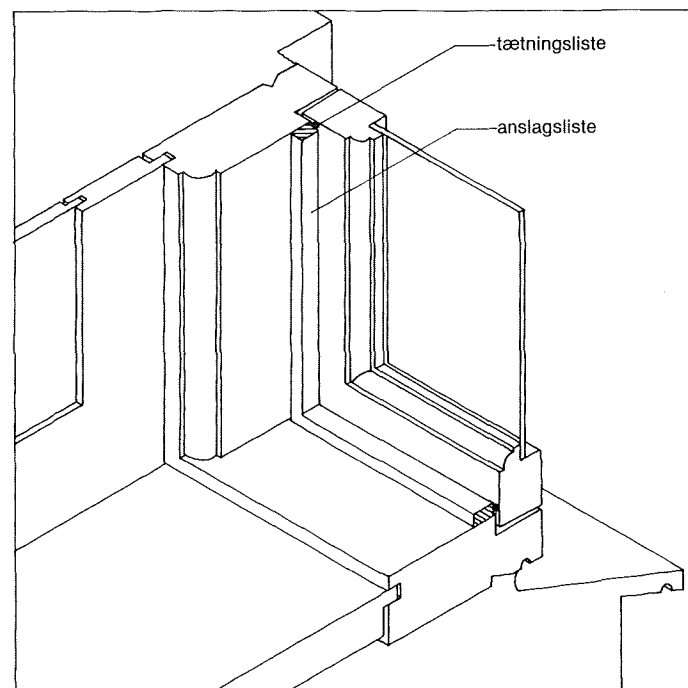
mørtelfugerne i begge karmsider. I princippet udføres tætningen på tilsvarende vis for andre typer af sålbænke.

En varmeisolering af vinduesbrystningen kan ske ved indblæsning af mineraluldsgranulat i hulrummet bag brystningspanelet. Det forudsættes, at samlinger mellem paneler og mellem paneler og gulv er tætte, og at panelerne er olie-malede.

#### Genopretning af vinduer

Ved genopretning af vinduer udbedres karme og rammer i nødvendigt omfang. Defekt træværk og dårligt fungerende beslag udskiftes, defekte ruder udskiftes, og de øvrige ruders kittætning repareres. Fugen mellem karm og væg udkradses, efterstoppes med mineraluld og tilfuges.

Fra et lydteknisk synspunkt er det vigtigt, at rammens anslag bliver tætte, hvorfor der bør monteres effektivt lukken-



Figur 9. Genoprettet vindue forsynet med effektive tætningslister langs rammerne, her vist i form af kombinerede anslags- og tætningslister, der er limet og skruet på karmen.

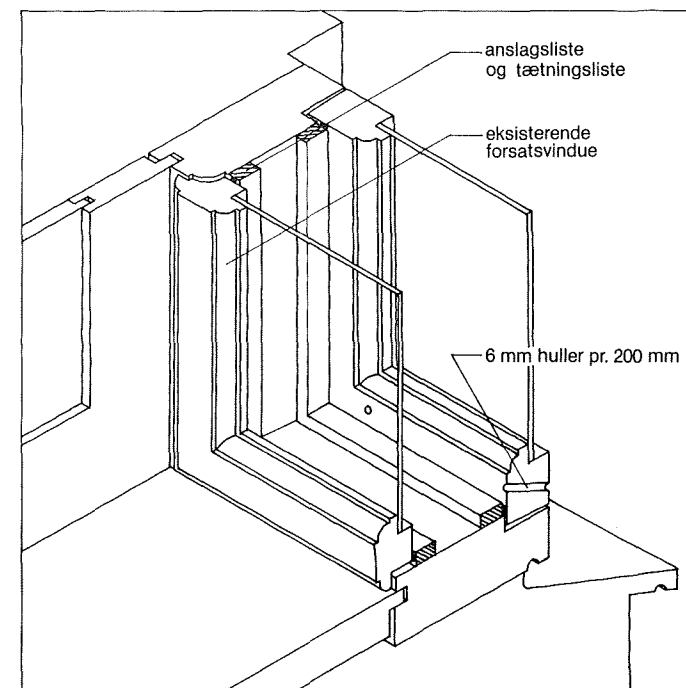
Tætningslister

Vinduer med  
koblede rammer

de anverfere og opsættes tætningslister. Anslagene mellem ramme og karm er ofte utætte, og anslagsbredden mindre end ønskeligt, hvorfor anslagstætningslister i mange tilfælde vil være de mest hensigtsmæssige. Listerne skal limes og sømmes eller skrues til karmene.

Det genoprettede vindue forsynet med tætningslister, som i figur 9, er udgangspunktet for alle de i det følgende nævnte forbedringer af eksisterende vinduer, hvor vinduesrammerne bevares.

Koblede rammer adskilles og genoprettes som ovenfor nævnt. Der indlægges mellem de koblede rammer en gummitætningsliste med en tykkelse, som er lidt større end afstanden mellem rammerne. Der etableres udluftningshuller i den yderste rammes understykke, eller tilsvarende åbninger i tætningslisten mellem de to underramstykker. Der etableres anslagstætning mellem karmen og den påkoblede ramme.



Figur 10. Genoprettet vindue med forsatsruder og effektive tætningslister, der er limet og skruet på karmen. Udluftningshuller i underramstykket modvirker kondensdannelse på vinduesruden.

Vinduer med forsatsrammer

Forsatsrammer forsynes med anslagstætningslister ligesom de udvendige rammer, se figur 10. Dette kan imidlertid være vanskeligt, hvis forsatsrammen har overfals med kehl. For at forsatsrammerne kan lukke tilstrækkeligt tæt, er det ofte nødvendigt at forsyne karmene med anslagslister, som kan danne underlag for tætningslister mellem forsatsramme og karm.

Lydklasser for vinduer er anført i tabel 10.

Vinduesopbygning	Figur	Glasafstand, mm				
		under 26	26-75	76-150	151-300	over 300
Vindue før genopretning	8	15-20				
Vindue efter genopretning	9	25				
Genoprettede vinduer med forsatsruder:						
I koblede rammer		30				
I forsatsrammer fastgjort på vindueskarm	10		35	-	-	
I plastrammer	11, 12	30	35	35	40	
I forsatsrammer i karm med eller uden fals	13		35	35	40	
Genoprettede vinduer med forsatsvinduer:						
Isat termoruder	14 <sup>1)</sup>		40	40	45	
Isat termolydruder	14 <sup>1)</sup>		40	45	45	
Genoprettede vinduer isat nye rammer:						
Enkeltrammer med termoruder		30				
Enkeltrammer med termolydruder	15	35				
Koblede rammer med enkeltruder eller med enkeltrude plus termorude		30				

<sup>1)</sup> Eventuel lydabsorberende beklædning kan forøge den anførte lydisolations med 1-5 dB.

Tabel 10. Forventet lydisolations  $R_w'$  for forskellige vinduesudførelser.

Forsatsvinduer

### Forbedring af vinduer

Vinduers lydisolations kan forbedres ved opsætning af forsatsvinduer. I ældre bygningers relativt tykke ydervægge er der god plads til forsatsvinduer, og opsætningen er et forholdsvist enkelt arbejde. De eksisterende vinduer skal genoprettes, før der opsættes forsatsvinduer, der må være den foretrukne løsning til lydisolering, hvor vinduernes virkning som en del af facadearkitekturen ønskes bevaret. Afstanden mellem glassene i vinduesrammer og forsatsrammer bør være så stor som mulig. Stor glastykkelse kan være en fordel ved isolering mod lavfrekvent støj. Da forsatsvinduer af lydtekniske grunde skal være helt tætte, vil skyderammer kun undtagelsesvis være egnede til lydisolering af eksisterende vinduer.

Forsatsruder med plastrammer

De billigste typer af forsatsvinduer er ruder i plastrammer. Hvis sådanne opsættes direkte på vinduesrammerne, giver det en forøgelse af varmeisolationen, men ingen væsentlig forøgelse af lydisolations. Ruder af lamineret glas kan dog forøge lydisolations. Der opnås større lydisolations, hvis forsatsruderne anbringes på karmens inderside, se figur 11.

Fastgørelse af plastrammer på karm kan kræve påføring

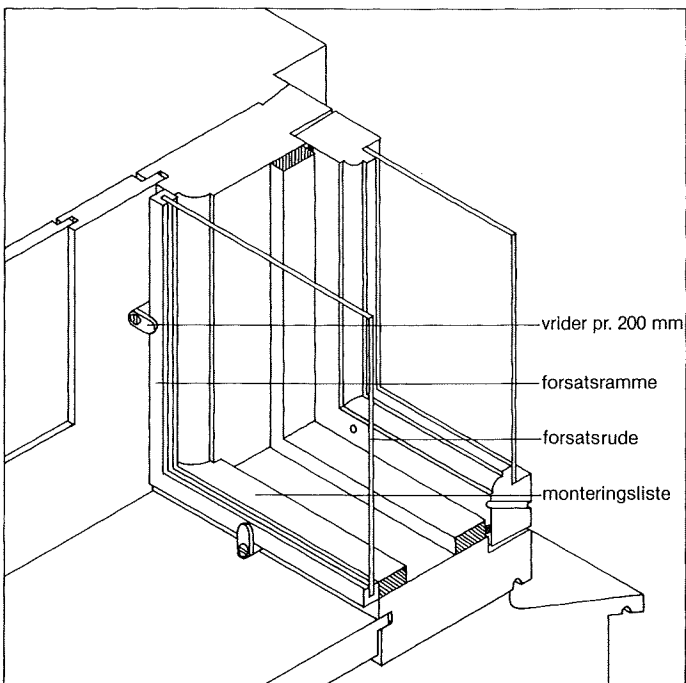
Det vil, af hensyn til håndteringen af forsatsruderne og muligheden for at åbne vinduet, være en fordel at opdele ruden. Post (lodpost) og løsholt (tværpost) må i så fald have påføringer, hvis de har mindre dybde end sidekarmstykket, således at der kan opsættes en rude for hver vinduesramme, se figur 12. Større ruder i plastramme bør af sikkerhedshensyn være af akrylplast. For at opnå tilstrækkelig tæthed mellem ramme og karm vil det ofte være nødvendigt at anvende en 2-3 mm tyk og 5-7 mm bred tætningsliste af ekspanderet gummi. Der findes flere typer af rammeprofiler i plast eller metal, nogle endog med hængselbeslag. Fælles for alle systemerne er vanskeligheden ved at etablere et tilstrækkeligt tæt lukke mellem ramme og karm.

Forsatsruder i koblede rammer

I mange tilfælde kobles forsatsrammer på eksisterende vinduesrammer. Der opnås imidlertid ingen lydteknisk forbedring derved, hvis ikke tætningerne dels mellem rammerne indbyrdes og dels mellem den påkoblede ramme og karmen er tilstrækkelig gode. Tætningerne skal udføres som beskrevet under genopretning af vinduer.

Forsatsruder i ramme og karm

En dyrere løsning er forsatsvinduer, hvis ruder er indsat i forsatsrammer, der er beslået i forrammer. Disse benævnes i

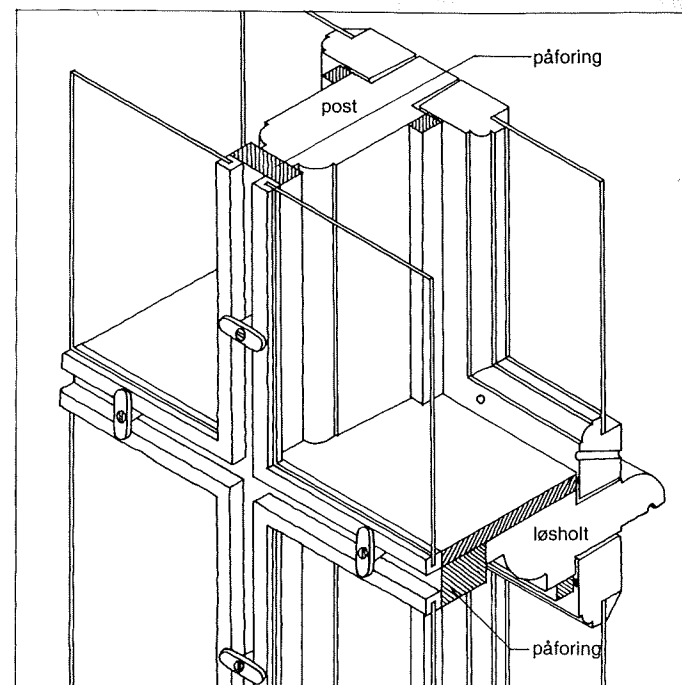


Figur 11. Genoprettet vindue med forsatsrude i plastramme fastgjort til vindueskarmen med vridere. Afstanden mellem vriderne bør ikke overstige 200 mm. Undertiden er det nødvendigt at anvende en blød gummitætningsliste mellem karm og ramme for at opnå tilstrækkelig tæthed mellem disse. Hvis forsatsruden fastgøres på vinduesrammen, dvs. kobles til rammen, formindskes lydisolationen. Både tætningsliste ved vinduesramme og ventilationshuller til glasmellemrum er nødvendige ved anvendelse af koblede rammer.

det følgende forsatskarme. For at opnå en god lydisolation skal der være en høj grad af tæthed såvel mellem forsatsramme og forsatskarm som mellem forsatskarm og lysningspanel eller vindueskarm. Det er derfor vigtigt, at der anvendes forsatskarme og -rammer med tilstrækkelig stabilitet, og at der anvendes egnede tætningslister og solide vridere eller andet lukkebeslag, som kan lukke forsatsrammerne lufttæt til karmen.

Forsatsrammerne kan have enkeltruder eller termoruder. Normalt udføres forsatsrammerne med overfals og forsatskarmene uden fals, se figur 13a. Men en bedre tætning mellem ramme og karm opnås med både karmfals og overfals,

Fals – overfals



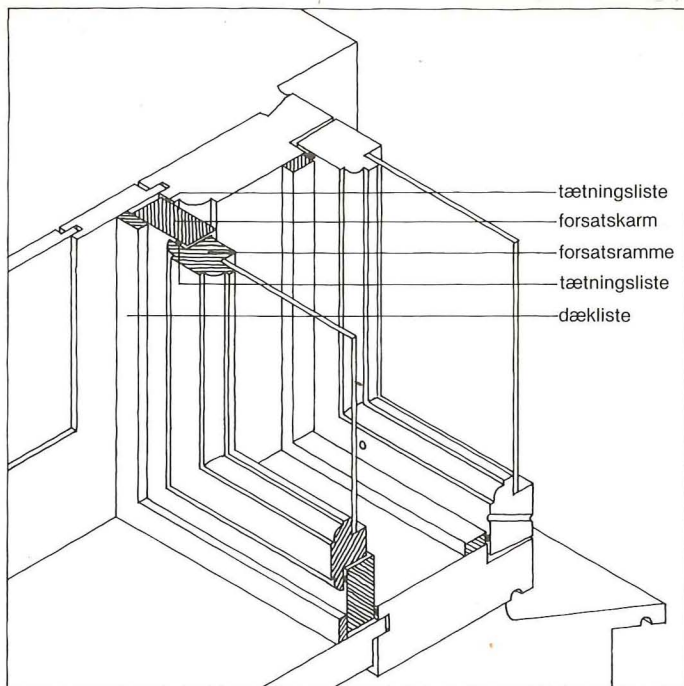
Figur 12. Genoprettet vindue med påføringer på post og løsholt (tværpost) som underlag for forsatsruder i plastrammer.

se figur 13b og c, der altid vil være nødvendige for forsatsvinduer med lydrunder, uanset om disse er udført som enkelt-ruder af lamineret glas eller som termoruder.

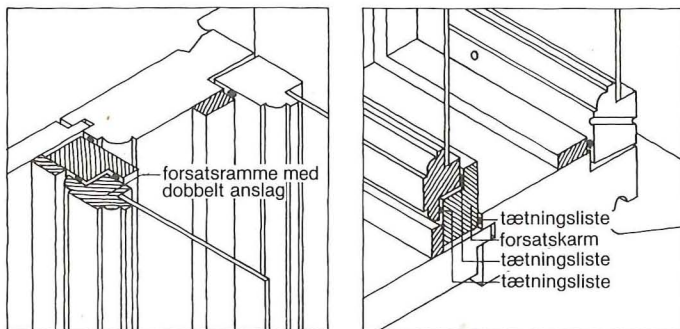
Forsatskarme kan placeres mod vindueskarmene og fastgøres i disse. Tætningen kan udføres enten med en tætningsliste mellem de to karme, se figur 13b og c, eller ved hjælp af fugemasse mellem forsatskarm og lysningspaneler. Forsatskarme kan dog også placeres med en vis afstand til vindueskarmen.

Forsatskarme med ringe dybde, dvs. med karmtræ i tykkelser på 25–30 mm, fastgøres normalt til monteringslister på lysningspanel eller murfals. Tætningen kan udføres enten ved tætning af fugen omkring forsatskarmen eller med tætningsliste mellem forsatskarm og monteringslister, figur 13d og e. Brugen af sidstnævnte tætning forudsætter, at der også er tætnet mellem monteringslister og panel eller murfals.

Fastgørelse af forsatskarme

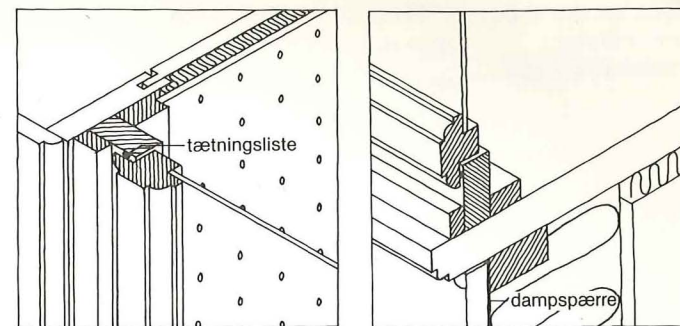


Figur 13a. Genoprettet vindue med forsatsvinduer med ruder monteret i rammer med overfals og med forsatskarm uden fals. Mellem forsatskarm og vindueskarm og mellem forsatskarm og ramme tætnes med tætningslister.

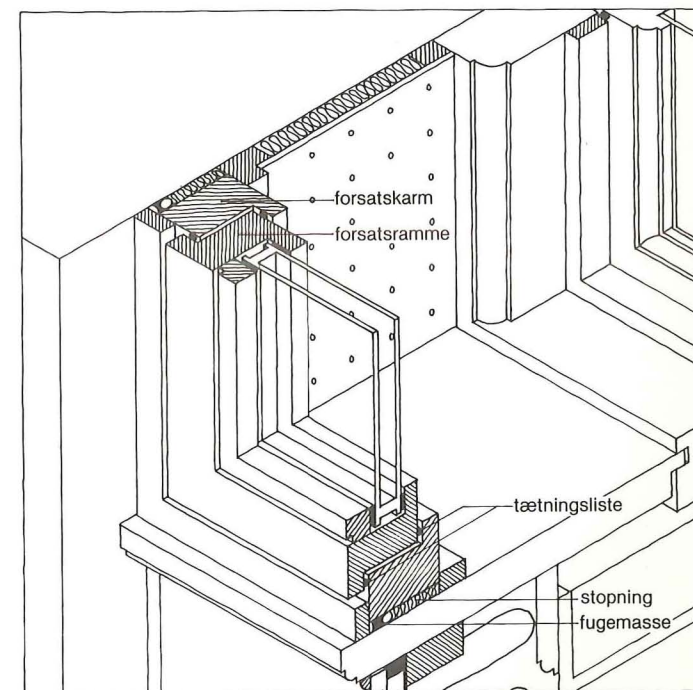


Figur 13b og c. Forsatskarm, hvor karmen er falset og rammen overfals. Der er monteret tætningslister i både fals og overfals.

Forsatskarme med større dybde kan fastgøres i panel eller fals, og karmen kan indsættes med karmfuge, som stoppes og forsegles med fugemasse, figur 14.



Figur 13d og e. Forsatskarm monteret i stor afstand fra vindueskarmen og fastgjort til monteringslister med en mellemliggende tætningsliste. Mellem forsatskarm og vindueskarm er anbragt en lydabsorberende beklædning bestående af mineraluld bag en perforeret plade.



Figur 14. Forsatskarm med fals, overfalsede rammer og tætningslister i både fals og overfals. Forsatskarmen er monteret i stor afstand fra karmen i et vindue med pudset murfals. Fugen mellem karm og væg er lukket med mineraluld, bundstopning og fugemasse. Murfalsen mellem forsatskarm og vindueskarm er dækket med lydabsorberende beklædning.

Lydabsorberende beklædning i vindueslysninger

Hvor en forsatskarm anbringes nær ydervæggens indvendige side og fastgøres til murfalsen, kan forsatsvinduet lyd-isolation forøges lidt ved yderligere at anbringe en lydabsorberende beklædning mellem vindueskarm og forsatskarm. Beklædningen kan bestå af en perforeret plade med en hulprocent større end 15, anbragt ca. 20 mm foran murfals eller lysningspanel, se figurerne 13 og 14. I hulrummet bag den perforerede plade kan anbringes mineraluld. Beklædningen opsættes på vindueslysningen både på siderne og foroven.

Lydisolerende beklædning i vindueslysninger

I tilfælde, hvor der anvendes forsatsvinduer med termolydruder, er lydtransmissionen fra hulrummet mellem vindue og forsatsvindue via lysningspanelerne i reglen for stor, hvorfor en lydisolerende beklædning af panelet er nødvendig. Hertil kan fx anvendes en tynd plade på listeunderlag, hvor hulrummet mellem listerne er udfyldt med mineraluld. Beklædningen svarer i princippet til den i figur 14 viste, dog uden perforering.

#### Udskiftning af vinduesrammer

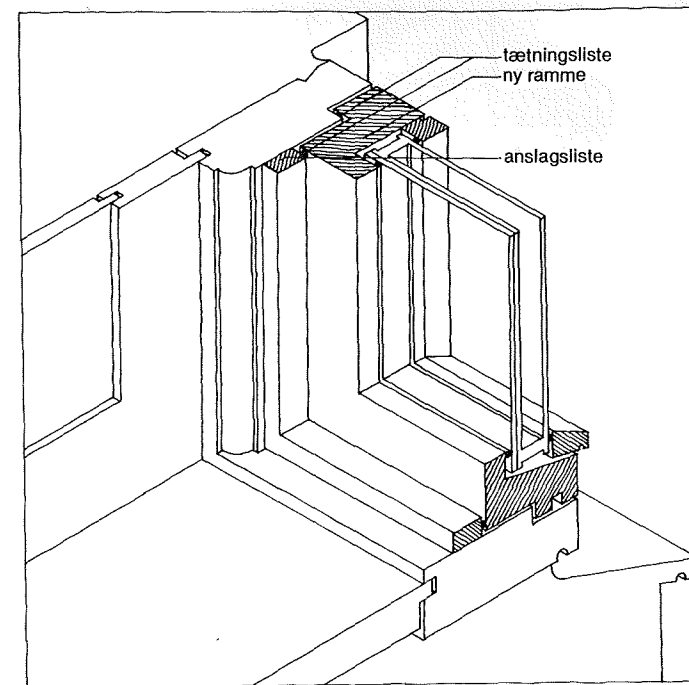
Nye rammer med termolydruder

Vinduers lyd-isolation kan også forbedres ved, at rammerne udskiftes med nye med termolydruder, som har større lyd-isolation end normale termoruder. Erfaringerne viser, at tætning i den eksisterende fals er vanskelig at udføre korrekt, og hvor der er plads dertil, er det derfor hensigtsmæssigt at opsætte en anslags- og tætningsliste, som vist i figur 15. Lydteknisk ville det være ønskeligt at have tætningslister i begge false, men det medfører fugtproblemer, medmindre den yderste tætningsliste tillader vanddampdiffusion. Det vil i praksis sige, at hulrummet mellem listerne skal udluftes og den sikreste løsning er at undlade tætningsliste i karmunderstykkets fals. Anbringes en sådan liste alligevel, kan udluftning af hulrummet ske enten gennem huller i underkarmstykket eller gennem udsparinger i tætningslisten, sidstnævnte forudsætter dog, at der ikke kan opstå vandtryk på den udvendige side af tætningslisten. Risikoen herfor kan nedsættes ved at forsyne underramstykket med en not i undersiden. Lydklasser for vinduer er anført i tabel 10.

#### Udskiftning af vinduer

Termoruder forbedrer ikke lyd-isolationen

Ved valg af vinduer bør der tages hensyn til det udendørs støjniveau, se tabel 9, og det bør erindres, at termoruder ikke



Figur 15. Vindue forsynet med nye rammer og med termolydruder. Tætningslister såvel i den oprindelige fals som ved anslagslisterne ville være lydteknisk ønskelige, men af hensyn til risikoen for kondensdannelser er der ingen tætningslister i karmunderstykkets fals.

i væsentlig grad forbedrer lyd-isolationen i forhold til enkelt-ruder med samme masse pr. arealenhed. Data vedrørende nye vinduers lyd-isolation bør forlanges dokumenteret af fabrikant eller forhandler.

DS-mærkede vinduer

Der bør anvendes vinduer, som er certificerede i henhold til DS 1084, eller hvis lyd-isolation ved måling i laboratorium opfylder betingelserne for certificering. I standarden inddeles vinduers lyd-isolation i klasser svarende til de i tabel 9 anførte.

Indsætning skal ske i henhold til fabrikantens vejledning

Indsætning af vinduerne skal ske i overensstemmelse med fabrikantens monteringsvejledning, hvilket i reglen vil sige med tæt mineraluldstopning omkring karmene, bundstopning og forsegling med fugemasse ved den indvendige side.

Vinduer med adskilte karme

Ønskes der større lyd-isolation  $R_w$  end ca. 45 dB, må det påregnes, at der skal anvendes vinduer i adskilte karme.



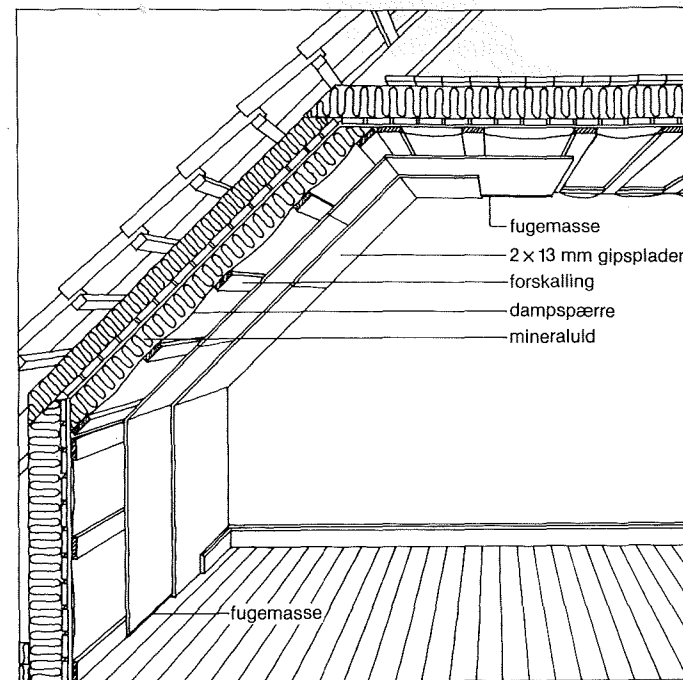


Figur 16. Fremgangsmåde ved udskiftning af vindue uden nedtagning af eksisterende lysningspaneler.

1. Lysningspanelerne fastholdes med et passende antal skruer (mindst 6 stk.).
2. Vinduet frigøres og udtages.
3. Murhullet renses, lysningspanel og vinduesplade rettes op og forsynes med diverse underlagsklodser og kiler. Der stoppes med mineraluld i en passende dybde mellem panel og væg, henholdsvis plade og væg. Der mures eventuelt et bedre underlag for vinduet.
4. Nyt vindue indsættes, en eventuelt nedtagen eller ny sålbænk etableres, således at der er plads til stopning og fugning under vinduet.
5. Fugen omkring vinduet stoppes med mineraluld, der komprimeres til en massetæthed på 50-80 kg/m<sup>3</sup> og fuges med mørtel.
6. Tilslutningen mellem karm og lysningspanel, henholdsvis vinduesplade, forsynes med dækliste.

Ønskes eventuelle lysningspaneler og vinduesplader bevareret, men vinduet udskiftet, kan det fx ske som skitseret i figur 16. Det må dog betegnes som en ulempe ved den skitserede løsning, at fugeforseglingen ikke kan etableres ved vinduets indvendige side.

Bevaring af lysningspanel ved vinduesudskiftning



Figur 17. Bolig i tagrum, hvor de skrå vægge isoleres med mineraluld og en indvendig beklædning af to lag gipsplader. Skunkvægge og loft beklædes med to lag gipsplader på spredt forskalling. Den øvrige varmeisolering lægges i skunkrummet og på loftet.

## Tage

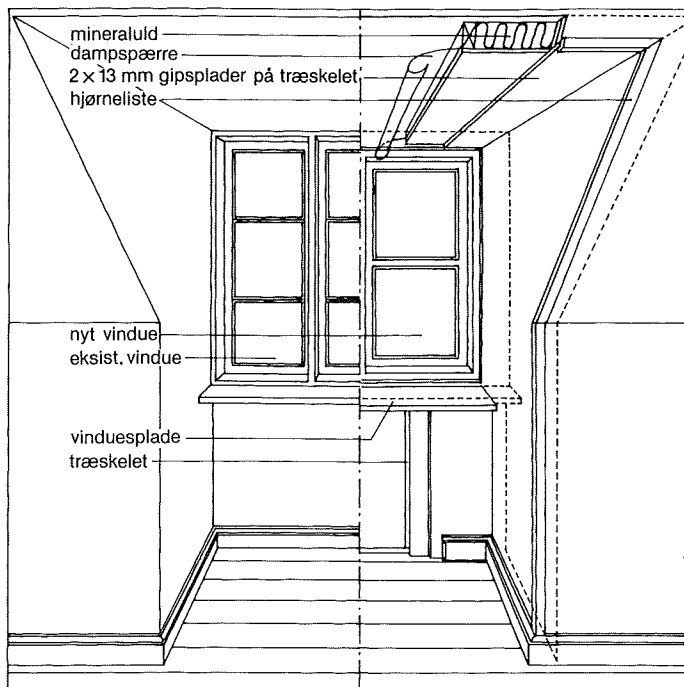
Tages lydisolering er generelt dårlig

På ældre bygninger har tagene i reglen ikke nogen stor isolation, hverken mod kulde eller mod lyd.

I bygninger med uudnyttede tagetager består tagene normalt af en tagkonstruktion med en udvendig beklædning, som kun har ringe lydisolering, og det vil ikke være lønsomt at forøge denne lydisolering medmindre der skal indrettes beboelse i tagetagen.

I ældre bygninger med udnyttede tagetager, se figur 1, består de til taget knyttede bygningsdele af skunkvægge, brædevægge samt forskalling på undersiden af tagspær og hanebånd, alle med rørvæv og puds. Tagkonstruktionens varmeisolation er i reglen så ringe, at en forbedring er nødvendig. Hvis tagkonstruktionens tilstand i øvrigt er tilfredsstillende





Figur 18. Forbedring af en kvist uden zinkinddækning. Det eksisterende 3-fags vindue udskiftes med et nyt 2-fags vindue med mindre bredde og højde. Mellemrummet mellem den nye karm og kvistkarmen er ved siderne og foroven dækket ud- og indvendigt med plade, og hulrummet er udfyldt med mineraluld. Flunker, kvist, loft og brystning er varme- og lydisolering med 100 mm mineraluld, dampspærre og to lag gipsplader.

Forbedringen af en kvist med zinkinddækning kan ske enten ved en udvendig isolering, således at zinkbeklædningen benyttes som dampspærre, eller ved at udskifte zinkbeklædningen med en anden beklædning, der alene virker som regn- og vindskærm, hvorefter isoleringen kan foretages indvendigt som ovenfor beskrevet.

Kombineret varme-, fugt- og lydisolering

ud fra statiske og fugttekniske synspunkter, udføres varme- og lydisolering lettest ved hjælp af en indvendig pladebeklædt forsatskonstruktion på skråvæggene, mens skunkvæggene og loftet kan pladebeklædes på afretningslister, og isoleringsmateriale kan anbringes i tagrum og skunkrum, se figur 17. Lydisolationen  $R'_w$  kan dermed forventes at blive 40–45 dB. For at opnå denne lydisolation er det dog nødvendigt, at også kvistflunkerne isoleres, figur 18. Ved udskift-

ning af vinduer i tagetager betaler det sig ikke at stille krav om større lydisolation for vinduerne end for taget.

Den nødvendige isolation mod trafikstøj til sikring af et tilfredsstillende indendørs støjniveau findes skitseret i tabel 9. Ud for tage i 4–6 etagers højde kan regnes med et støjniveau, der er ca. 5 dB lavere end det, der måles i stueetagen.

### Etageadskillelser

Støbte dæk

I etageadskillelser med støbte dæk sker lydtransmissionen stort set ligeligt gennem hele dækkets areal, og etageadskillelsens luftlydisolation er principielt uafhængig af dens alder, når der ses bort fra utætheder i forbindelse med installationer.

Træbjælkelag

I etageadskillelser med træbjælkelag er lydtransmissionen forskellig gennem bjælkerne og gennem bjælkemellemrummet. Desuden vil luftlydisolationen efter en årrække være nogle dB mindre end på ibrugtagningstidspunktet. I figur 19 er vist tre veje for lydets transmission: Transmissionsvej 1 går gennem gulv, bjælker og forskalling, transmissionsvej 2 gennem gulv, indskud og forskalling og transmissionsvej 3 gennem eventuelle utætheder mellem etageadskillelsen og de omgivende vægge. Transmissionen ad vej 1 ændres ikke væsentligt med tiden, det gør derimod transmissionen ad vejene 2 og 3.

Veje for lydets transmission

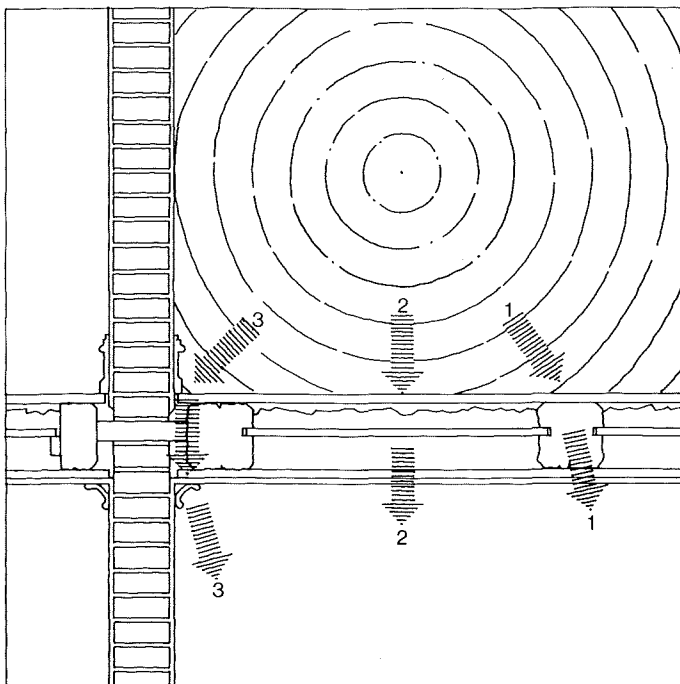
En eventuel lydtransmission ad vej 3 kan reduceres tilstrækkeligt ved passende tætningsforanstaltninger. Hvis der er utætheder mellem gulvbrædderne, i indskudslaget eller i loftpudsen, sker lydtransmissionen fortrinsvis ad vej 2. Den kan da reduceres ved tætning af gulv og loftspuds, men etageadskillelsens lydisolation kan ikke blive bedre end hvad lydtransmissionsvej 1 tilsiger, medmindre der sker en væsentlig lydteknisk ændring af etageadskillelsen. For etageadskillelser uden indskudsdæk må der regnes med, at lydisolationen er mindst en klasse ringere end anført i tabellerne 11–13.

Etageadskillelser uden indskudsdæk

Genopretning

Genopretningen af en etageadskillelse betyder i de fleste tilfælde afretning af gulve og reparation af lofter. Herved forbedres etageadskillelsens lydisolation ikke, men en forbedring kan opnås ved hjælp af underlofter, svømmende gulve eller begge dele. Hvilken udførelse, der bør vælges i det konkrete tilfælde, vil afhænge af etageadskillelsens og her-

Forbedring



Figur 19. Lydens transmission gennem en træetageadskillelse:

1. Gennem gulv, bjælke, forskalling og puds.
2. Gennem gulv, indskud, forskalling og puds.
3. Gennem utætheder mellem etageadskillelse og væg.

under af gulvets og loftets udførelse og tilstand, samt af hensynet til eventuelle loftsgesimser og -friser, væg- og fodpaneler, døre og dørfløjenes frigang over gulve mv. En utilstrækkelig frihøjde vil altid nedsætte frihedsgraden for udførelsesmulighederne.

Af hensyn til brandsikkerheden må der ikke findes større sammenhængende hulrum over nedhængte lofter, og det må påregnes, at der for at hindre røgudbredelse skal opsættes adskillelser for hver m<sup>3</sup> hulrum. Brændbart isoleringsmateriale regnes som hulrum.

Nogle af de i det følgende omtalte forbedringsarbejder kan udføres uden ændring af dørene. Hvor dørfløjenes frigang over gulvene ikke er tilstrækkelig, må dørfløjene afkortes forned, og karmunderstykkerne påføres eller hæves til-

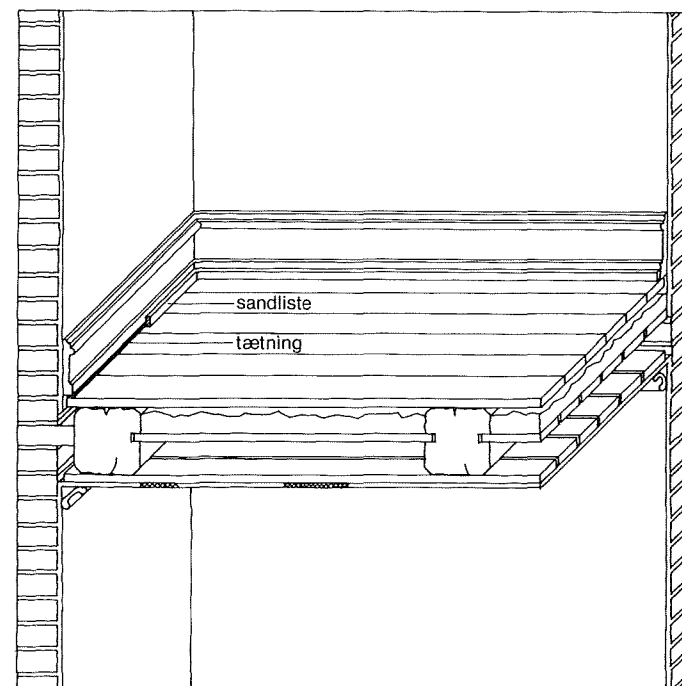
Svømmende gulve kan give problemer ved døre og trapper

svarende. Hvor en etageadskillelse lydæssigt forbedres ved hjælp af et svømmende gulv med stor konstruktionshøjde, må dørene ofte udtages og overkanten i dørhullerne hæves. Hvor eksisterende døre har større højde end hvad der er normalt i dag, og hvor de ønskes udskiftet med nye døre, kan ændringer af dørhullerne måske samtidigt undgås.

#### Genopretning af etageadskillelse med træbjælkelag

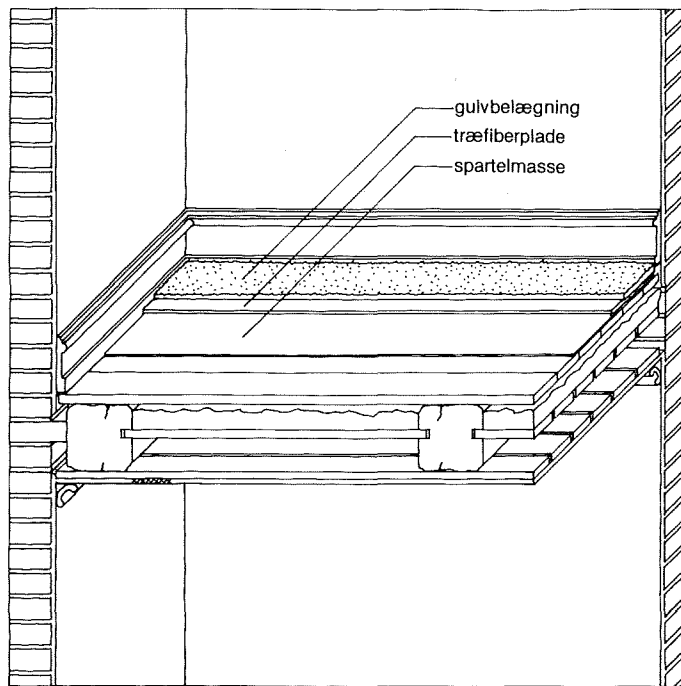
Genopretning af træetageadskillelser omfatter generelt opretning af gulvet og reparation af loftet. I de fleste tilfælde sker dette ved, at gulvene afhøvles og loftspudsens reparerer eller erstattes med en pladebeklædning, se figur 20. Af lydtekniske hensyn må det anbefales, at utætheder langs fodpanelerne tætnes, hvilket som regel kan ske med fugemasse, når eventuelle sandlister aftages. Hvis også fodpanelerne ta-

Tætning langs fodpaneler



Figur 20. Træetageadskillelse, der er genoprettet ved reparation af loftspudsens, afhøvling af gulvet, fornyelse af sandlister og tætning under fodpanelet.

Brandhensyn



Figur 21. Træetageadskillelse, der er genoprettet ved reparation af loftspuds, aftagning af sandlister, tætning under fodpaneler, udspartling af gulvet og udlægning af tynde træfiberplader som underlag for en gulvbelægning.

ges af, kan hulrum mellem vægge og bjælker ofte tættes ved stopning med mineraluld.

Genopretningen af et gulv kan også ske ved, at det afhøvels og/eller spartles og belægges med 3–6 mm træbaserede plader og linoleum, vinyl eller lignende, figur 21. Derved kan lydisolationen som regel komme op på samme niveau som på ibrugtagningstidspunktet, men der fås ingen væsentlig forbedring i forhold hertil. Anvendes tæppebelægnings eller tynde belægnings med bløde underlag, fx vinyl med skumplastunderlag, vil trinlydniveauet blive reduceret, men luftlydisolationen vil ikke blive forbedret derved.

Lydklasser for genoprettede træetageadskillelser er anført i tabel 11.

Etageadskillelsens opbygning:	Figur	Luftlydisolation, $R'_w$ dB	Trinlydniveau, $L'_{n,w}$ dB
Træbjælkelag med lerindskud, gulv, forskalling og loftspuds			
Før genopretning	ikke vist	48	73
Genopretning:			
Gulv tætnet langs fodpanel, loftspuds repareret (eller pladebeklædt)			
Gulv afhøvlet	20	48	73
Gulv spartlet og belagt med plader, linoleum el. lign.	ikke vist	48	68
Gulv spartlet og belagt med plader og tæpper eller vinyl med blødt underlag el. lign.	21	48	63
Forbedring af genoprettet etageadskillelse med svømmende gulv:			
Trægulv på strøer på brikker af blød plade, mineraluld mellem strøer			
	22	53 (48)	63
Tynd belægning på trykfordelende plade på mineraluld	23	53 (48)	58
Tynd parket på skumunderlag på afrettet gulv	ikke vist	48	63
Forbedring af genoprettet etageadskillelse:			
Underloft af stålskelet med dobbelt gipspladebeklædning og mineraluld i mellemrummet. Afstand mellem loftspuds og pladebeklædning minimum ca. 0,15 m			
	24	53 (48)	58
Underloft af træskelet med dobbelt gipspladebeklædning og mineraluld i mellemrummet. Afstand mellem loftspuds og pladebeklædning minimum ca. 0,15 m			
	25	53 (48)	58

Tabel 11. Forventet lydisolations og trinlydniveau for genoprettede og forbedrede træetageadskillelser. Værdierne i parentes gælder i de tilfælde, hvor der forekommer flankerende 1/2-stens vægge uden forsatsvæg.

Tynde belægnings på oprettede gulve

### Forbedring af etageadskillelse med træbjælkelag

Træetageadskillelsers lydisolations kan forbedres på mange forskellige måder. Af de i det følgende viste eksempler kan nogle anvendes nogenlunde generelt, andre kun når særlige omstændigheder taler derfor, fx hvor etageadskillelsers gulve aftages eller hvor lofter nedtages for reparation eller udskiftning af defekte bjælker, ved omlægning eller fornyelse af gulve mv. Hvor der er anvist svømmende gulve på mineraluld, skal der benyttes mineraluld med ringe sammentrykkelighed, dvs. Glasuld med densiteter fra 50 til 80 kg/m<sup>3</sup> eller Rockwool med densiteter fra 100 til 150 kg/m<sup>3</sup>.

Lydklasser for forbedrede træetageadskillelser er anført i tabellerne 11–13.

Densitet for mineraluld til svømmende gulve

Etageadskillelse	Figur	Luftlydisolation, $R'_w$ dB	Trinlydniveau, $L'_{n,w}$ dB
Forbedring af træbjælkelag med lerindskud, gulv, forskalling og genoprettet loftspuds: Gulv taget op. Trægulv på strøer på trykfordelende pladestrimler på mineraluld på indskudsdæk	26	53 (48)	58
Gulv taget op, indskud fjernet. Trægulv på strøer på to lag gipsplader på mineraluld på indskudsdæk	27	53 (48)	58
Indskud erstattet med gipsplade, mineraluld og to gipsplader Gulv på strøer på brikker af blød plade	28	53 (48)	63
Gulv genudlagt på bjælkelaget	ikke vist	51 (48)	68
Forbedring af træbjælkelag med lerindskud, genoprettet gulv og med nedtaget loftsforbalkning: Underloft med dobbelt gipspladebeklædning opsat på et selvstændigt bjælkelag. I mellemrummet 100 mm mineraluld med ringe sammentrykkelighed	29	53	58

Tabel 12. Forventet lydisolations og trinlydniveau ved ændring af træbjælkelag med lerindskud. Værdierne i parentes gælder i de tilfælde, hvor der forekommer flankerende 1/2-stens vægge uden forsatsvæg.

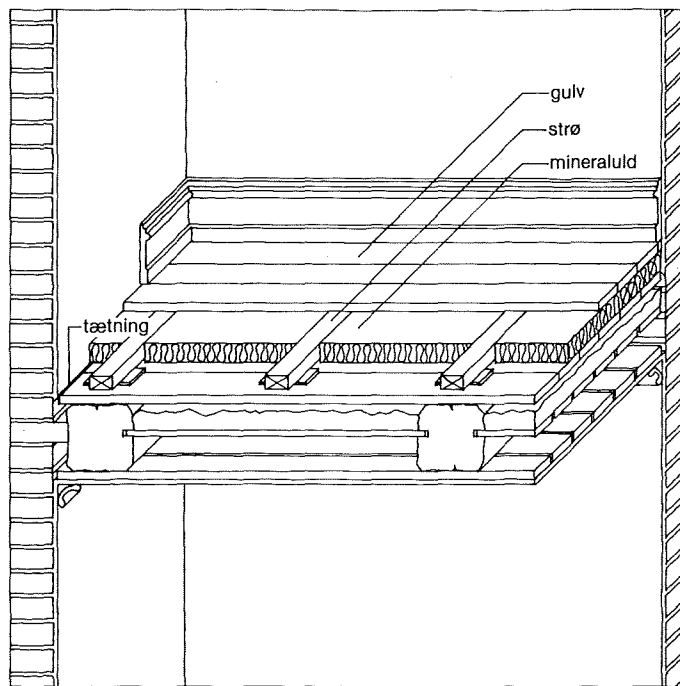
Etageadskillelse	Figur	Luftlydisolation, $R'_w$ dB	Trinlydniveau, $L'_{n,w}$ dB
Forbedring af genoprettet etageadskillelse med underloft. Flankerende vægge forsynet med forsatsvægge: Underloft som vist i figur 29 med beklædning af tre lag gipsplader og i mellemrummet 150 mm mineraluld med ringe sammentrykkelighed	ikke vist	over 60	under 48
Underloft med ophæng som i figur 24 og 25 og med afstand mellem puds og beklædning på ca. 0,3 m, samt beklædning af tre lag gips. I mellemrummet 100 mm mineraluld med ringe sammentrykkelighed	ikke vist	over 60	53
Forbedring af etageadskillelse i tidligere lagerbygning. Træbjælkelag med plankegulv, 100 mm mineraluld, dobbelt gipspladebeklædning mellem bjælkerne: Plankegulv afrettet med beton og forsynet med svømmende gulv	30	53	
Plankegulv afrettet og forsynet med svømmende pladegulv på 50 mm mineraluld	ikke vist	51	63

Tabel 13. Forventet lydisolations og trinlydniveau ved forbedring af træetageadskillelse og flankerende vægge med henholdsvis underloft og forsatsvægge og ved forbedring af træbjælkelag med plankegulv.

Tynde belægninger

### Lydisolering af gulve

Træetageadskillelsers lydisolations kan forbedres relativ enkelt ved hjælp af belægninger, eventuelt svømmende gulve, oven på de genoprettede gulve. Tynde belægninger kræver en jævn gulvflade, dvs. afhøvlet eller udspartlet med et egnet materiale, og de kan, som allerede nævnt, forbedre isolationen mod trinlyd, men ikke mod luftlyd. En mindre forbedring af luftlydisolationen kan opnås med bøjningsstive belægninger på et elastisk underlag, fx 5–10 mm parketbelægning på ca. 10 mm polystyrenskum. En sådan løsning vil i nogle tilfælde kunne anvendes, uden at der opstår komplikationer ved dørene.



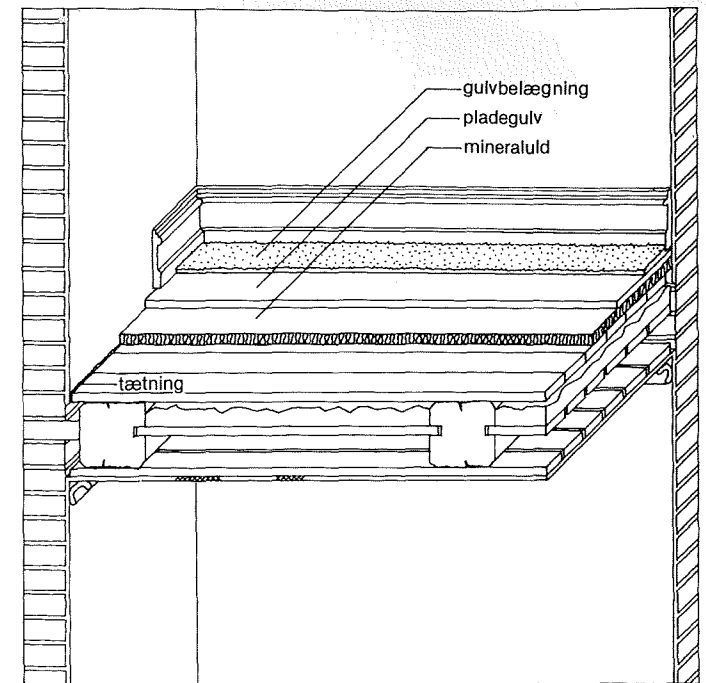
Figur 22. Genoprettet træetageadskillelse, der er forbedret med et trægulv på strøer, som hviler på brikker af blød træfiberplade på det eksisterende gulv.

En større isolation mod både luft- og trinlyd kan opnås ved hjælp af svømmende trægulve udlagt på genoprettede gulve, det vil sige tætne, eventuelt ved spartling eller pladebelægning. Et sådant gulv kan fx være et trægulv udlagt på strøer, der hviler på brikker af blødt materiale, se figur 22, eller et gulv af tynd belægning (vinyl, linoleum el.lign.) på bøjningsstive trykfordelende 22 mm spånplader, der hviler på 25–30 mm mineraluld med ringe sammentrykkelighed, figur 23. Det bør forud undersøges, hvor store belastninger den påtænkte mineraluldtype kan tåle, idet sammentrykningen ved den hvilende belastning ikke må overstige 10 pct. af den nominelle tykkelse. Lydklasser for genoprettede etageadskillelser med nye svømmende gulve er anført i tabel 11.

I praksis vil foranstaltninger, der indebærer, at gulvet hæves, medføre problemer ved døre og trappereposer. Sætning

Svømmende gulve

Mineraluld har ikke lineære fjederegenskaber



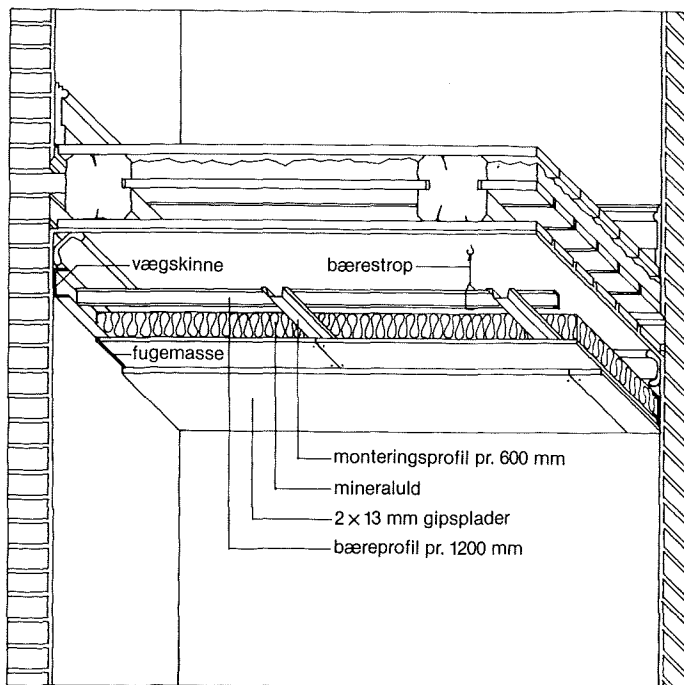
Figur 23. Genoprettet træadskillelse, der er forbedret med et svømmende pladegulv, som hviler på et mineraluldsunderlag udlagt på det eksisterende gulv. Herudover en gulvbelægning af tæpper, vinyl, linoleum eller lignende.

ger i den bærende længdevæg kan nødvendiggøre en opretning af gulvene. Hvis denne opretning sker ved udlægning af et trægulv på strøer, som på kortere strækninger må skæres til mod det eksisterende gulv, vil der i reglen opnås en ringere lyd isolation end anført i tabel 11.

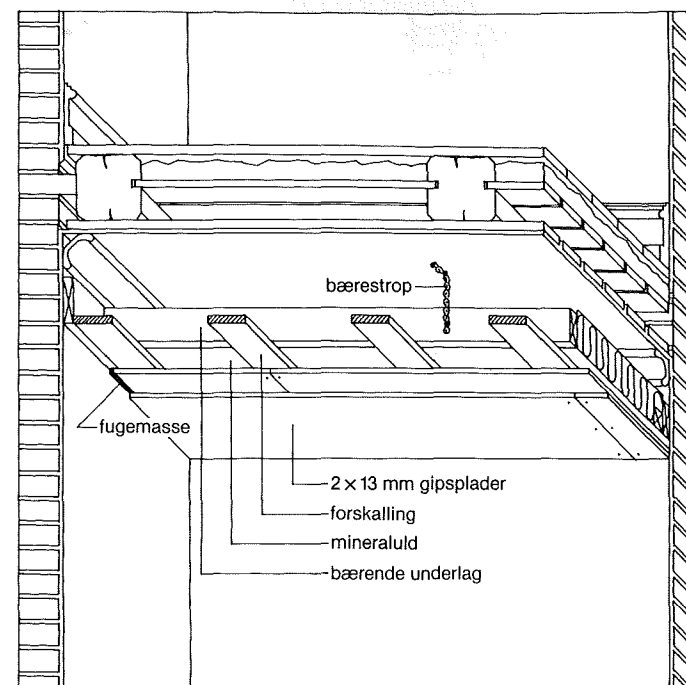
#### Lydisolering af lofter

Lydisolering ved opsætning af et underloft er en relativ enkel foranstaltning til forbedring af træetageadskillelser lyd isolation, men den kræver, at rumhøjden er tilstrækkelig stor. Loftspudsen er på grund af bristede bæretråde i rørvævet ofte i en så dårlig stand, at den alligevel kræver reparation eller fornyelse. Det må frarådes at nedtage fastsiddende stuk, gesimser, rosetter mv., fordi der da kan fremkomme huller, som vil nedsætte etageadskillelsens lyd isolation.

Isoleringsmuligheden afhænger af rumhøjden



Figur 24. Genoprettet træetageadskillelse, der er forbedret ved hjælp af et nyt underloft bestående af et pladebeklædt nedhængt stålskelet.



Figur 25. Genoprettet træetageadskillelse, der er forbedret ved hjælp af et nyt underloft bestående af et pladebeklædt nedhængt træskelet.

## Underlofter

Et underloft bør principielt bæres af elastiske ophæng. I praksis benyttes båndjernsstropper, og det medfører en underloftshøjde på mindst 150 mm. I mange tilfælde skal afstanden mellem nyt underloft og eksisterende loft imidlertid være mere end 150 mm for at defekte dekorationer, stuk, gesimser, rosetter mv. kan blive dækket. Med en større afstand opnås også bedre isolation mod både luft- og trinlyd, se figur 24 og 25. I hulrummet mellem loft og underloft skal af lydtekniske hensyn indlægges mindst 50 mm mineraluld af type A, når andet ikke er anvist.

En forsatsbeklædning kan forøge en etageadskillelses lyd-isolation med nogle få decibel, men det forudsætter, at beklædningen fastgøres til loftet på en måde, der lydteknisk virker som en elastisk ophængning. Jo mindre stiv forbin-

delsen er, jo større er muligheden for en mærkbar forbedring, se SBI-meddelelse 11.

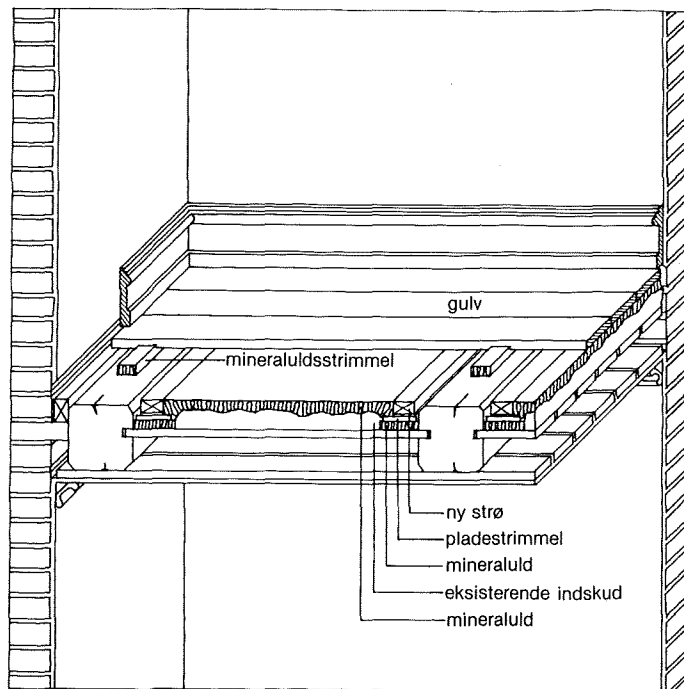
Lydklasser for etageadskillelser er anført i tabel 11.

## Lydisolering i bjælkelag

Hvis gulvet af en eller anden grund må tages op, fjernes i reglen også indskuddet helt eller delvist. Borttages lerindskuddet eller dele deraf, og erstattes det med mineraluld, reduceres såvel etageadskillelsens masse som dens lyd-isolation. Den mindre masse betyder samtidigt, at etageadskillelsen med en given bevægelig belastning får større udsvingsamplituder (vibrationer). Den psykologiske virkning heraf kan føre til en negativ vurdering af isoleringsforanstaltningerne.

Virkning af reduceret egen-vægt for etageadskillelser

I underlofter anvendes mineraluld af A-typen

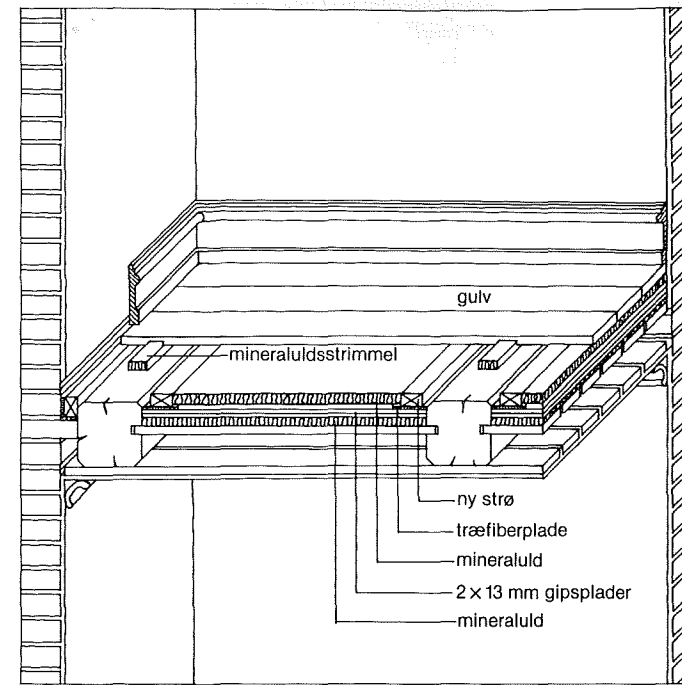


Figur 26. Træetageadskillelse med genoprettet loftspuds og nyt eller omlagt gulv på strøer. Strøerne er klodset op på brikker af hård træfiberplade, der hviler på ca. 25 mm tykke strimler af spånplade eller krydsfiner lagt på ca. 20 mm tykke mineraluldstrimler, der ligger på indskudsdekke langs bjælkerne. Mellem bjælker og gulv og mellem indskud og gulv er udlagt mineraluld. Gulvbrædderne må kun sømmes til de nye strøer, ikke til bjælkerne. Mineraluldstrimlerne mellem bjælker og gulvbrædder og mellem indskudsdekke og trykfordelende pladestrimmel under strøer skal have ringe sammentrykkelighed.

Hel eller delvis udtagning af indskud

Fjernes indskuddet kun delvist, kan en forbedring af etageadskillelsens lydisolations og trinlydniveau opnås ved hjælp af et svømmende gulv på strøer, der er udlagt og oprettet på et trykfordelende træ- eller pladeunderlag, der hviler på mineraluld med ringe sammentrykkelighed, se figur 26.

Fjernes indskuddet helt, kan lydisolations bevares og måske forbedres ved at udlægge ca. 20 mm mineraluld på indskudsdekke som underlag for to lag gipsplader, hvorpå et svømmende gulv med strøer kan opklødes på strimler af hård fiberplade, se figur 27. Mellem strøerne bør udlægges yderligere et lag mineraluld med gipsplader over.

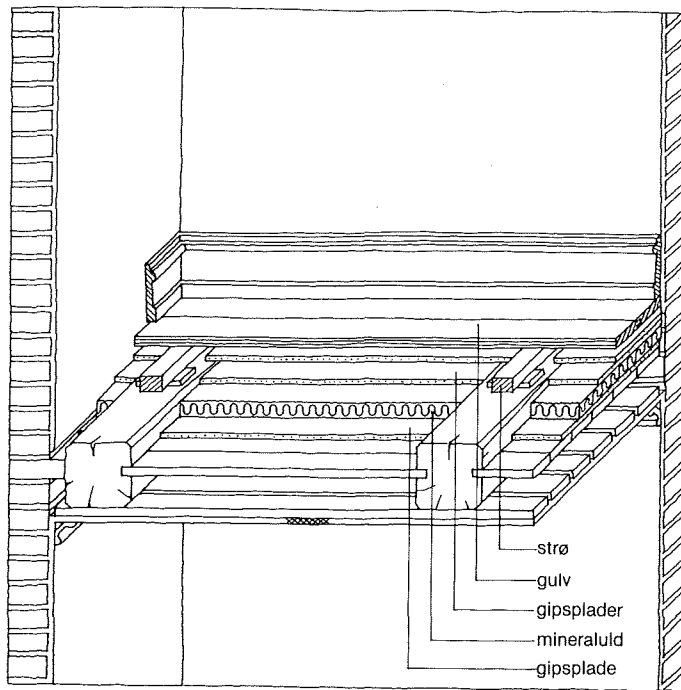


Figur 27. Træetageadskillelse med genoprettet loftspuds og nyt eller omlagt gulv på strøer. Strøerne er klodset op på brikker af hård træfiberplade, der hviler på mindst to lag gipsplader udlagt på ca. 20 mm mineraluld placeret på indskudsdekke mellem bjælkerne. Mellem pladelag og gulv og mellem bjælker og gulv er udlagt mineraluld. Mellem bjælker og gulvbrædder og mellem indskudsdekke og gipspladelag skal anvendes mineraluld med ringe sammentrykkelighed. Gulvbrædderne må kun sømmes til strøerne, ikke til bjælkerne.

Svømmende gulve giver øgede gulvhøjder

Hvis gulvhøjden kan forøges med mere end 80 mm, kan etageadskillelsens lydisolations forbedres med et svømmende gulv udlagt på strøer, der hviler på bløde brikker placeret på bjælkerne. Indskuddets bidrag til etageadskillelsens lydisolations kan forbedres ved at udlægge et lag mineraluld dækket af en gipsplade på det eksisterende indskudslag, og hvor dette er fjernet, udlægges mineraluld af A-typen og gipsplader, se figur 28. En god lydisolations forudsætter, at pladerne slutter tæt mod bjælkerne. Gipspladerne giver et bidrag til etageadskillelsens masse og reducerer herved den ugunstige vibrationsmæssige virkning, som reduktionen af





Figur 28. Træetageadskillelse med genoprettet loftspuds og med nyt eller omlagt gulv på strøer. Strøerne er oplodset på brikker af blød træfiberplade placeret på bjælkerne. På indskudsdækket er i rækkefølge udlagt et lag gipsplader, 50 mm mineraluld og to lag gipsplader.

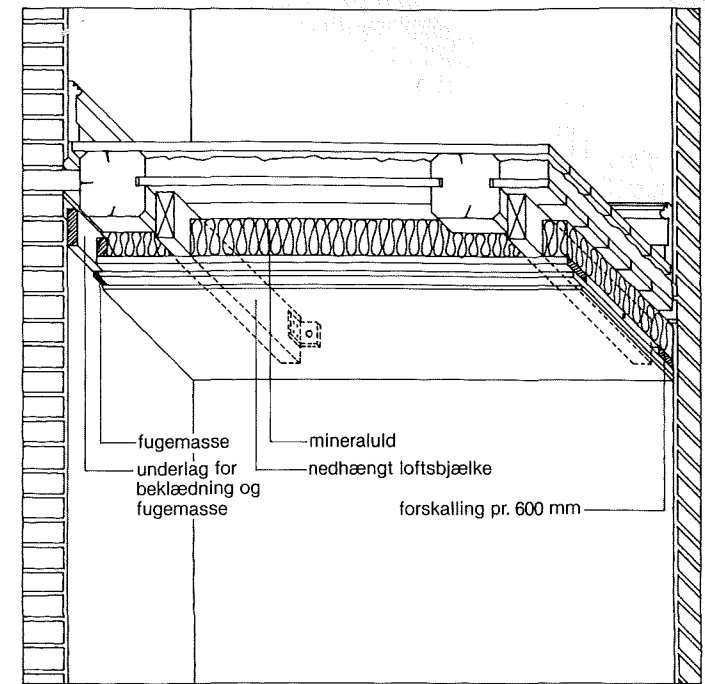
etageadskillelsens masse ved borttagning af lerindskuddet ellers ville medføre.

Lydklasser for etageadskillelserne er anført i tabel 12.

#### Lydisolering under bjælkelag

Hvis forskallingen under bjælkelaget skal tages ned, kan etageadskillelsens lydisolation forbedres ved opsætning af en ny selvstændig loftskonstruktion med eget bjælkelag, uden at etageadskillelsens tykkelse øges væsentligt mere end et ophængt underloft ville medføre. Bjælkerne i den nye loftskonstruktion skal være opsat på en sådan måde, at de sammen med en spredt forskalling danner underlag for den nye pladebeklædning. Underlaget skal være tætnet effektivt langs de omgivende vægge, således at en tætning med fugemasse

Frithængende underlofter



Figur 29. Træetageadskillelse med genoprettet gulv og ny uafhængig loftskonstruktion, der er underklædt med spredt forskalling og gipsplader.

masse kan udføres i forbindelse med opsætning af det første lag plader. I hulrummet anbringes mindst 50 mm mineraluld af A-typen, se figur 29.

Nedtages også indskuddet, vil det ikke være tilstrækkeligt kun at indlægge et nyt underloft. Det vil være nødvendigt også at oplægge en erstatning for indskudslagets masse, fx som vist i figur 27.

I bygninger, hvor der kræves en meget stor lydisolation, og hvor rumhøjden er tilstrækkelig dertil, kan en fritliggende loftskonstruktion udføres uden at gribe direkte ind i den eksisterende etageadskillelse. Lydisoleringen iværksættes da ved, at etageadskillelsen forsynes med en ny selvstændig loftskonstruktion ophængt under den gamle.

Lydklasser for etageadskillelserne er anført i tabellerne 12 og 13.

Fritliggende loftskonstruktioner

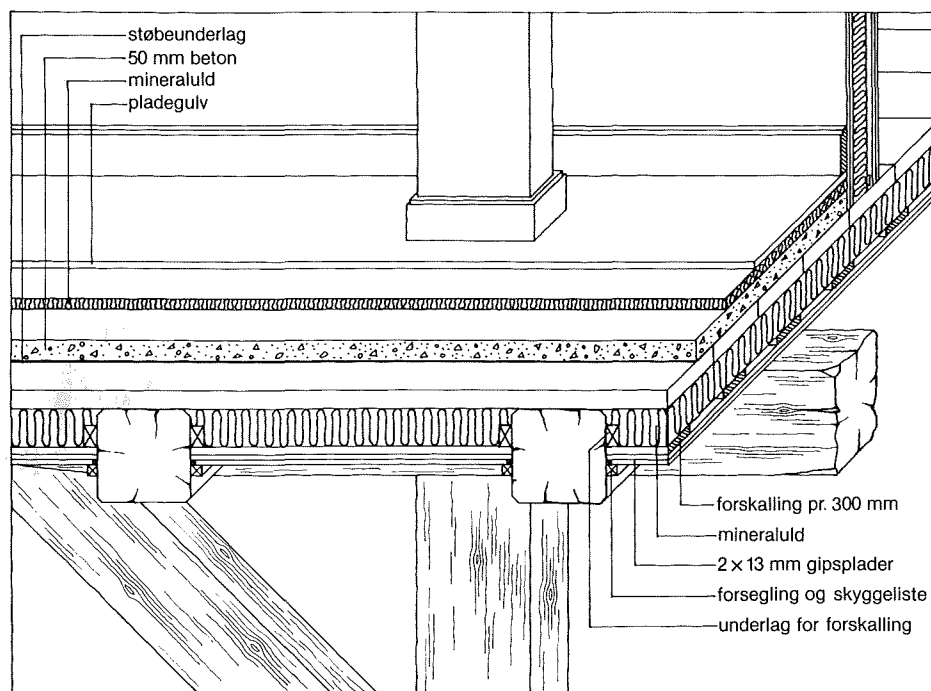
### Lydisolering af bjælkelag med synlige bjælker

Ved ombygning af gamle huse vil bjælkelagene ofte blive blottede, enten fordi gulve og lofter skal fornyes eller fordi tømmeret skal undersøges og eventuelt udbedres. Og ofte besluttes det så at bibeholde de synlige bjælker på trods af, at det kan være vanskeligt at opnå en blot nogenlunde tilfredsstillende lydisolation. I alle tilfælde vil et nyt overgulv være nødvendigt for at opnå en lydisolation svarende til de nugældende krav.

I andre ældre bygninger, som ikke har været anvendt til boligformål, men fx til pakhuse, findes undertiden tømmerkonstruktioner, som ønskes bevaret synlige efter ombygningen. Det kan også her være vanskeligt at sikre en tilfredsstillende lydisolation, men et forslag hertil er vist i figur 30.

Synlige bjælker kan give lydproblemer

Ændret brug af »pakhuse«



Figur 30. Forbedring af træetageadskillelse i ældre erhvervsbygning. Under plankegulvet indlægges 100 mm mineraluld på forskalling og en 2-lags pladebeklædning. Et af pladelagene forsegles med fugemasse langs bjælkerne. Plankegulvet er afrettet med beton med en gennemsnitstykkelser af 50 mm. På afretningslaget er udlagt et svømmende pladegulv til belægning med tæppe, vinyl, linoleum eller tynd parket.

Utætheder i bjælker og søjler

Gulvkoten er sjældent den samme overalt på samme etage

Hulstensdæk

Svømmende gulve

Ved ombygning af bygninger med søjle-drager konstruktioner kan der foruden lydtransmissionen gennem etageadskillelsen også forekomme transmission via utætheder og svindrevner i søjler og bjælker. Det er nødvendigt at planlægge udbedring af utætheder i bjælker og søjler i alle detaljer før skillevægge opsættes, idet disse kan forhindre effektive tætningsforanstaltninger, således at den eneste mulighed, der står tilbage, kan være at forsyne tømmeret med lyd-isolerende forsatsbeklædninger.

I praksis vil gulvkoterne i den enkelte etage kunne variere en del, fx forårsaget af uens sætninger. Dette medfører, at gennemsnitstykkelsen på overliggende afretningslag skal være ret stor, hvis man skal sikre, at afretningslagets minimumstykkelse kan overholdes langs ydervæggene. Den opnåelige minimumstykkelse kan få indflydelse på valget af gulvbelægning.

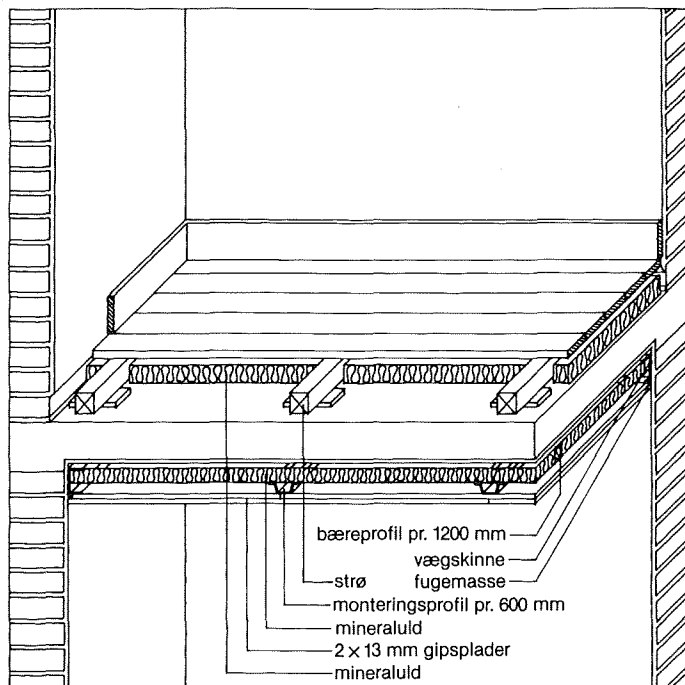
Lydklasse for etageadskillelser er anført i tabel 13.

### Forbedring af etageadskillelse med støbt dæk

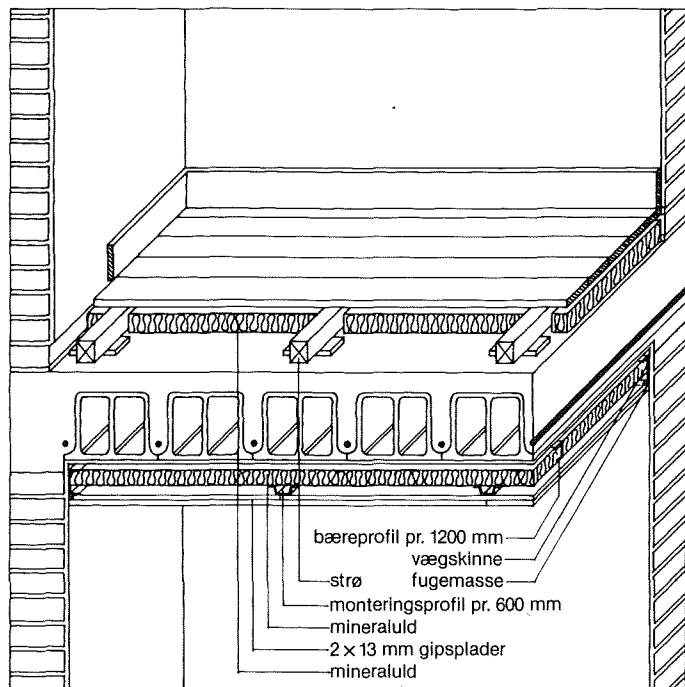
Etageadskillelser med støbte dæk (massive betondæk eller hulstensdæk) fra tiden før 1950, se figur 31 og 32, er i reglen af en lydteknisk ringere kvalitet end den der i henhold til BR-82 kræves for nyt byggeri. Årsagerne hertil er, at dæktykkelserne for de massive dæk i de fleste tilfælde ligger under 140 mm, at hulstensdækkene generelt har for ringe lydisolation uanset dæktykkelsen, og at der i en del tilfælde tillige er anvendt tynde belægninger uden væsentlig trinlyddæmpning, fx linoleum på et afretningslag direkte på dækket eller trægulve på strøer uden bløde underlag. Efter ca. 1950 er det blevet almindeligt at anvende svømmende beton- eller trægulve.

Hvis en etageadskillelse med støbt dæk skal bringes til at opfylde kravene i BR-82, skal der i reglen ske både en ned-sættelse af trinlydniveaue og en forøgelse af luftlydisolationen. Begge dele kan opnås ved hjælp af svømmende beton- eller trægulve. Men samtidigt forøges imidlertid gulvtykkelsen ofte med mere end 50 mm, og rumhøjden reduceres altså tilsvarende, hvis ikke det nye svømmende gulv har mindre konstruktionstykkelse end det guly, som fjernes. Ved at bruge et svømmende asfaltgulv kan tykkelsen sættes noget ned,

Figur 31. Etageadskillelse med betondæk, der er forbedret med underloft og/eller nyt gulv.



bæreprøfil pr. 1200 mm  
vægskinne  
strø fugemasse  
monteringsprofil pr. 600 mm  
mineraluld  
2 x 13 mm gipsplader  
mineraluld



bæreprøfil pr. 1200 mm  
vægskinne  
strø fugemasse  
monteringsprofil pr. 600 mm  
mineraluld  
2 x 13 mm gipsplader  
mineraluld

Figur 32. Etageadskillelse med Røsel hulstendæk, der er forbedret med underloft og/eller nyt gulv.

### Tæppebelægninger og underlofter

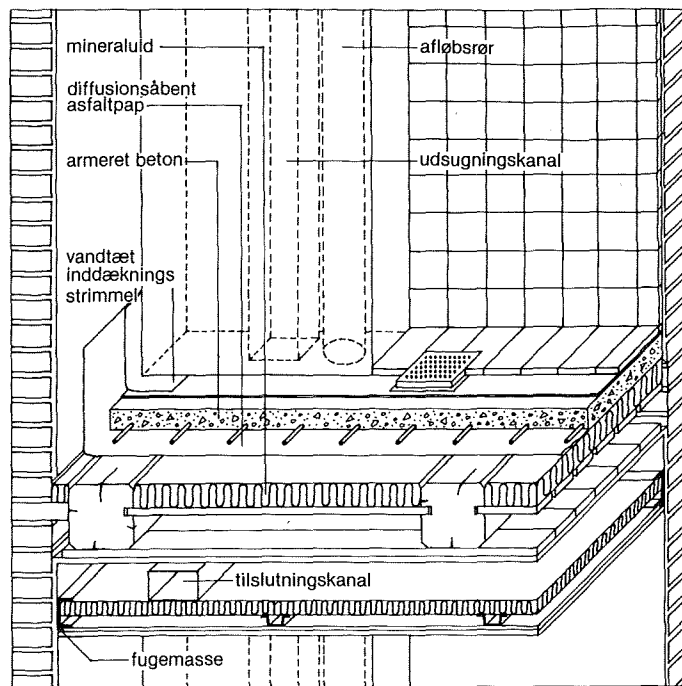
men det vil ofte være nødvendigt at have trykfaste gulvbelægninger for at undgå indtryksmærker hidrørende fra store kortvarige eller mindre, men langvarige belastninger.

En støbt etageadskillelises lydisolations kan også forbedres ved at forsyne gulvene med tæppebelægninger og selve dækket med et underloft. Denne fremgangsmåde vil imidlertid kræve forholdsvis megen højde og kan kun bruges, hvis rumhøjden er tilstrækkelig stor. Det vil dog være muligt at opnå en rimelig forbedring af støbte dæks luftlydisolation ved i stedet for et underloft at anvende en beklædning direkte på loftet, se figurene 5-7.

Lydklasser for etageadskillelser er anført i tabel 14.

Gulvet:	Trægulv på strøer		Betonaftretning				Svømmende betongulv med tynd belægning	
	uden bløde brikker	med bløde brikker	med linoleum	med korkfliser	tæppe	$R'_w$	$L'_{n,w}$	
Etageadskillelser med støbte dæk	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$R'_w$	$L'_{n,w}$	$R'_w$	$L'_{n,w}$
Massive dæk:								
90 mm beton	44	68	48	63	44	78	44	63
120 mm beton	48	68	51	63	48	78	48	63
150 mm beton	51	63	53	58	51	73	51	58
120 mm betondæk med forsatsbeklædning	51	63	53	58	51	68	51	58
90-120 mm betondæk med underloft	53	58	53	53	53	63	53	58
Hulstendæk:								
Bauma								
Rösel								
Sperle	44	68	48	63	44	78	44	63
Hustendæk med underloft	51	58	53	53	51	68	51	58

Tabel 14. Skønnet luftlydisolation og trinlydniveau for støbte etageadskillelser. I tilfælde, hvor der forekommer flankerende 1/2-stensvægge uden forsatsvæg, skønnes lydisolationen  $R'_w$  maksimalt at være 48-51 dB.



Figur 33. Forbedring af etageadskillelse i baderum ved hjælp af et underloft. Den lodrette ventilationskanal og faldstammen er inddækket. Gulv- og toiletafløb er ført gennem etageadskillelsen og tilsluttet faldstammen over underloftet. Den vandrette ventilationskanal er ført over underloftet, og udsugningsåbningen findes i underloftet. Koldt- og varmtvandsrør er udført synlige til bad, håndvask og toilet. Hverken etageadskillelsen under den diffusionsåbne pap eller underloftet må indeholde vandtætte lag.

#### Etageadskillelser i våde rum

Ved ombygning af ældre bygninger er det i reglen også nødvendigt at etablere nye baderum eller ændre de eksisterende. I vådrum kan gulvet beklædes på forskellig måde, jævnfør SBI-anvisning 109: Gulve på træbjælkelag og skeletvægge i vådrum, 2. reviderede udgave. Der kan anvendes en tynd belægning, fx PVC på træundergulv, fliser klæbet på træbaseret undergulv eller fliser lagt i mørtel på betonudstøbning. Transmissionen af trinlyd fra sådanne gulve til omliggende rum er forholdsvis beskeden sammenlignet med transmissionen fra gulve i bygninger med støbte dæk. Lydisolationen

Træunderlag eller betonudstøbning

Rørgennemføringer skal tætnes

Støbte dæk

Svømmende gulve eller trinlyddæmpende belægninger

Vægges lydisolation afhænger af samlingerne til de omgivende bygningsdele

Genopretning af vægge

Forsatsbeklædninger kun på murstensvægge

for de nævnte konstruktioner svarer i det store og hele til, hvad der er anført i de foregående afsnit, når blot eventuelle rørgennemføringer er tætte. I praksis medfører lydtransmission gennem afløbsinstallationer og stikledninger en nedsættelse af lydisolationen, og vandets transport gennem gulvafløb og rør kan give anledning til støj, se SBI-anvisning 96: »Afløbsinstallationer«, kapitel 17. Et lydisolerende underloft, se figur 33, vil afhjælpe en væsentlig del af både støj- og lydisolationsproblemerne.

I bygninger med støbte etageadskillelser vil installationerne i vådrummene i reglen være ret støjfremkaldende og gulvene har tillige en dårlig isolation mod trinlyd. Forbedring af installationerne kan medføre ændringer i rørføring, i installationskomponenter og måske også i gulvkonstruktionen. En isolering mod trinlyd kan opnås med tynde, trinlyddæmpende belægninger og i tilfælde, hvor der skal ske ombygninger eller fornyelse af installationerne, kan svømmende gulve af beton eller andet egnet materiale være en løsningsmulighed.

#### Skillevejge

Ældre bygningers indervægge er normalt massive, og deres luftlydisolation bestemmes i første række af massen pr. arealenhed, af tætheden og af flanketransmissionen via omgivende bygningsdele. Sidstnævnte har især betydning i bygninger med gennemgående tynde betondæk eller hulstensdæk. En vægges lydisolation kan derfor kun bedømmes, når man kender samlingerne til de omgivende bygningsdele. Alligevel ses den maksimale lydisolation ofte anført, selv om den kun kan opnås, når flanketransmissionen er forsvunden og væggene helt tætte. Før en væg lydisoleres, må revnede eller løse pudslag fornyes, subsidiært erstattes af egnede tætte plader. En lydisolering af væggene kan fx ske med gipspladebeklædte forsatsvægge.

I mange ældre bygninger er rummene relativt små, ofte under seks kvadratmeter. Anvendelsen af forsatsvægge med dybe hulrum betyder selvsagt en væsentlig arealreduktion i så små rum. Forsatsbeklædninger med ringe hulrumsdybde, se figur 7, kan derfor i mange tilfælde være et nødvendigt kompromis, når der er tale om tunge, stive vægge. Men sam-

me kompromis kan ikke anvendes ved forbedring af lette vægges lydisolations, her kan kun anvendes forsatsvægge, se figur 5.

### Samlinger mellem bygningsdele

Samlingerne mellem bygningsdele har væsentlig betydning for lydisolations, dels fordi samlingernes konstruktion kan indvirke på flanketransmissionens størrelse, og dels fordi samlingernes tæthed kan have afgørende indvirkning på lydtransmission gennem dem. En samplings lydisolations kan ikke måles efter standardiserede metoder, men i tabellerne 15 og 16 er anført lydisolations for en række adskillende byg-

Samlingers lyd-isolation kan ikke måles direkte

Adskillende væg	Flankerende væg:											
	Uden forsatsvæg eller -beklædning				Med forsats-beklædning				Med forsatsvæg			
	1½-sten	1-sten	¾-sten	½-sten	1½-sten	1-sten	¾-sten	1½-sten	1-sten	¾-sten	½-sten	
Uden forsatsvæg eller -beklædning:	Lydisolations $R_{w'}$ , dB:											
½-stens væg	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
¾-stens væg	48	48	48	44	48	48	48	48	48	48	48	48
1-stens væg	52	52	52	48	52	52	52	52	52	52	52	52
1½-stens væg	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Bræddeskillevæg:												
to lag brædder	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
tre lag brædder	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Slaggepladevæg	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Med forsatsbeklædning:												
¾-stens væg	52	52	48	48	52	52	52	52	52	52	52	52
1-stens væg	55	52	52	52	55	52	52	55	55	55	55	52
1½-stens væg	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
Med forsatsvæg:												
½-stens væg	52	52	52	48	52	52	52	52	52	52	52	52
¾-stens væg	55	55	52	48	55	55	52	55	55	55	55	52
1-stens væg	60	55	55	52	60	60	55	60	60	60	60	60
1½-stens væg	60	60	55	55	60	60	55	60	60	60	60	60
Bræddeskillevæg:												
to lag brædder	48	48	48	44	48	48	48	48	48	48	48	48
tre lag brædder	52	52	48	44	52	52	52	52	52	52	52	52
Slaggepladevæg	52	52	48	44	52	52	52	52	52	52	52	52

Tab. 15. Skønnet lydisolations for vægge under hensyntagen til transmissionen gennem flankerende vægge.

ningsdele med forskellige flankerende konstruktioner. Lydisolations for en adskillende bygningsdel skal altid vurderes successivt i sammenhæng med alle omgivende bygningsdele, og den ringeste af disse værdier er den, der i lyd-mæssig henseende kan tillægges den adskillende bygningsdel.

### Vægge/flankerende murede vægge

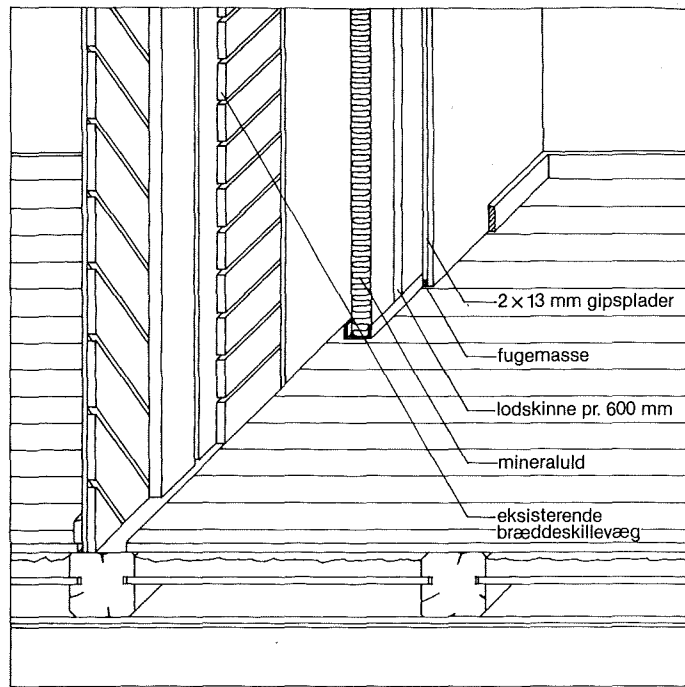
Vægge med mindre tykkelse end 1-sten har for ringe lydisolations

Flankerende vægge influerer på adskillende vægges lydisolations

Adskillende, murede vægge med tilhørende flankerende vægge, begge i tykkelser på mindst 1-sten, udført i forbandt og med fyldte fuger, vil kunne tilfredsstille kravene i BR-82. En række andre vægkonstruktioner giver imidlertid mindre lydisolations. Adskillende murede vægge i ½-stens og ¾-stens tykkelse og adskillende lette vægge af to eller tre lag brædder, slaggeplader, gasbetonsten, rabbitz eller moler tilsluttet flankerende murede vægge med tykkelse på mindst 1-stens kan imidlertid alle, når de forsynes med en forsatsvæg, give en tilstrækkelig stor lydisolations, tabel 15 og figur 34. Er de adskillende vægge tilsluttet flankerende vægge i ½-stens

Adskillende væg	Flankerende støbt dæk											
	Uden underloft eller forsatsbeklædning på loft				Med forsatsbeklædning på loft				Med underloft			
	90 mm beton	120 mm beton	150 mm beton	hulsten	90 mm beton	120 mm beton	150 mm beton	hulsten	90 mm beton	120 mm beton	150 mm beton	hulsten
Uden forsatsvæg eller -beklædning:	Lydisolations $R_{w'}$ , dB:											
½-stens væg	44	44	44	40	44	44	44	44	44	44	44	44
¾-stens væg	44	48	48	44	48	48	48	48	48	48	48	48
1-stens væg	48	52	52	48	52	52	52	52	52	52	52	52
1½-stens væg	52	52	55	52	55	55	55	52	55	55	55	55
Med forsats-beklædning:												
¾-stens væg	48	48	52	48	52	52	52	52	52	52	52	52
1-stens væg	48	52	52	48	52	52	55	52	52	52	55	52
1½-stens væg	52	52	55	52	55	55	55	52	55	55	55	55
Med forsatsvæg:												
½-stens væg	48	52	52	48	52	52	52	52	52	52	52	52
¾-stens væg	48	52	55	48	52	52	55	52	55	55	55	55
1-stens væg	52	52	55	48	52	55	60	52	60	60	60	60
1½-stens væg	52	52	55	52	52	55	60	55	60	60	60	60

Tab. 16. Skønnet lydisolations for vægge under hensyntagen til lydtransmissionen gennem flankerende støbte dæk.



Figur 34. Bræddeskillevæg af tre lag brædder, rørvæv og puds forsynet med en forsatsvæg beklædt med to lag 13 mm gipsplader.

tykkelse, må både den adskillende og de flankerende vægge forsynes med forsatsvægge for at opnå en lydisolering svarende til kravene for nye boliger.

Flankerende vægge i  $\frac{3}{4}$ -stens tykkelse vil det derimod ikke være nødvendigt at lydisolere yderligere.

#### Vægge/etageadskillelser med træbjælkelag

I samlinger mellem murstensvægge og etageadskillelser med træbjælkelag bidrager træbjælkelaget ikke til flanketransmissionen gennem tværvæggene, fordi det afbrydes af disse vægge. Derimod kan træbjælkelaget bidrage til flanketransmissionen gennem en bærende længdevæg, hvis bjælkerne spænder fra ydervæg til ydervæg. Ved lydtransmissionen gennem etageadskillelsen sker der ikke blot en transmission gennem selve den adskillende konstruktion, men også gennem de flankerende vægge og gennem utætheder mellem

Lodret  
lydudbredelse

Flanke-  
transmission i  
træbjælkelag

Flanke-  
transmission i  
samlinger med  
bindingsværks-  
vægge

væggene og etageadskillelsen, se figur 19. I en murstensvæg dæmpes flanketransmissionen ikke af samlingerne mellem væg og bjælkelag, i modsætning til, hvad der sker i en samling mellem en murstensvæg og et støbt dæk, hvor der på grund af afledning af lydenergi fra væg til dæk sker en dæmpning af lydenergien i væggen ved passagen af knudepunktet mellem væg og dæk.

I samlinger mellem lette vægge og træetageadskillelser er forholdene helt andre, idet lette vægge hviler på bjælker eller indskudsdæk. De bliver derved skåret over ud for etageadskillelsen og kan derfor ikke i væsentlig grad bidrage til en flanketransmission i lodret retning. Derimod kan bjælkelaget bidrage til flanketransmissionen i vandret retning.

Samlinger mellem bindingsværksvægge og etageadskillelser kan karakteriseres som en mellemting mellem de ovennævnte to samlingstyper, men det er mere problematisk at vurdere flanketransmissionen i dette tilfælde end i de to netop nævnte. Samlinger mellem bindingsværks-tværvægge og etageadskillelser har lydteknisk set stor lighed med samlingerne mellem lette vægge og etageadskillelser, hvor tværvægge også hviler på bjælkerne. En bærende længdevæg udført som bindingsværksvæg kan have et stykke tømmer ved bjælkelagets underside, hvilket svarer til, at den murede væg står på en bjælke. Længdevæggen kan også være udført med tømmer både ved under- og oversiden af bjælkelaget. I sidstnævnte tilfælde er fodremmen kæmmet over bjælkelaget, hvilket medfører, at der ofte efterlades åbninger mellem top- og fodrem. Hvis disse åbninger ikke udfyldes, kan de forringe lydisoleringen for længdevæggen. Flanketransmissionen gennem bindingsværksvægge er mindre end gennem murstensvægge med samme tykkelse. Flanketransmissionen gennem etageadskillelser er derimod større, hvor der er bindingsværksvægge end hvor der er murstensvægge.

#### Murede vægge/flankerende etageadskillelser

Lydtransmissionen gennem en væg kan betragtes som uafhængig af flanketransmissionen gennem en træetageadskillelse, men ikke af flanketransmissionen gennem et dæk af beton eller hulsten mv., hvilket betyder, at der i forbindelse med støbte dæk i nogle tilfælde må anvendes et underloft som lydisolierende foranstaltning.

Flanketransmissionen større i støbte dæk end i træetageadskillelser

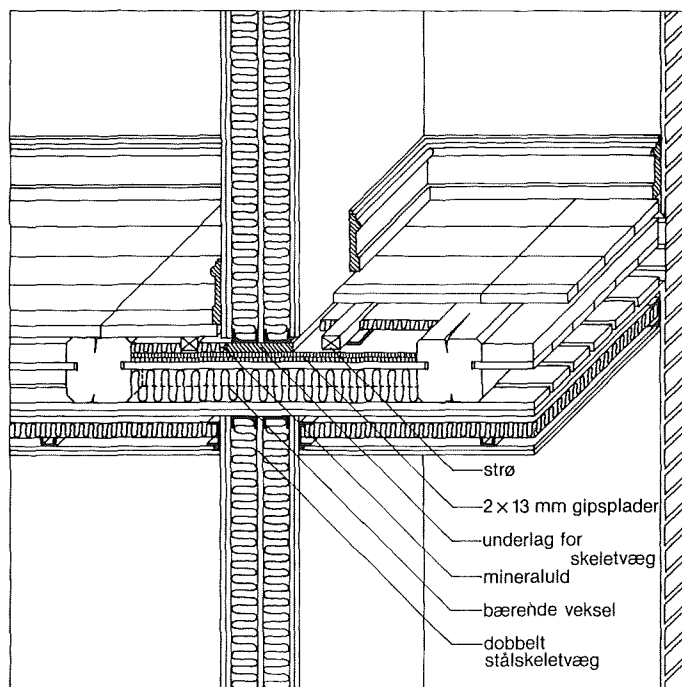
Vandret  
lydudbredelse

Flanketransmissionen kan være betydelig i tynde, stive vægge

Samlinger mellem en etageadskillelse med støbt massivt dæk eller hulstensdæk og en muret væg, hvis tykkelse er mindst 1½-sten, vil tilfredsstille kravene i BR-82, hvis samlingerne vel at mærke er udstøbte. Samlinger mellem en tilsvarende etageadskillelse og en væg af 1-stens tykkelse eller derunder giver ofte for ringe lydisolations, med mindre dækket forsynes med underloft eller forsatsbeklædning, se tabel 16.

### Lette vægge som adskillelse mellem beboelsesenheder

Hvor et tagrum inddrages til beboelse skal etageadskillelsen ombygges, så bygningsreglementets krav til lydisolations op-



Figur 35. Adskillende væg mellem to boliger opstillet mellem bjælkerne i etageadskillelsen. Væggen bæres af 50 x 100 mm væksler pr. 0,9 m, som danner underlag for et nyt indskudsdæk af 19 mm krydsfinerplade, hvorpå der ligger to lag gipsplader. Herpå udlægges underlaget for et stålskelet. Vækslerne fastgøres til bjælkelaget med bjælkesko. Hulrummet udfyldes med mineraluld. Konstruktionens bæreevne forudsættes eftervist.

Gulve skal afbrydes ved boligadskillelser

Opdeling af boliger

fyldes. Forbedringen af etageadskillelsers lydisolations er allerede omtalt, men ud over en forbedring af etageadskillelsen vil det også i dette tilfælde være nødvendigt at sikre, at gulvene ikke bliver gennemgående fra bolig til bolig, hvilket umiddelbart peger på anvendelsen af svømmende gulve. Væggene mellem de nye beboelsesenheder skal føres ned gennem det svømmende gulv. På tilsvarende måde må hverken loftsbeklædning eller forskalling være gennemgående over flere boligenheder. Hvis ikke disse principper overholdes, kan det ikke forventes, at de i BR-82 stillede krav til lydisolations opfyldes.

Ved opdeling af en større bolig i et antal mindre kan det være nødvendigt at opsætte boligadskillende vægge uden for det af murstensvæggene givne modul. I sådanne tilfælde bør opdelingen altid ske parallelt med tværvæggene. Gipspladebeklædte skeletvægge kan give en tilstrækkelig lydisolations, men det forudsætter, at væggene føres gennem gulvet, et eksempel er vist i figur 35. En yderligere forudsætning er, at der opsættes underlofter, som vist i figur 24.

### Lokaler til erhvervsformål

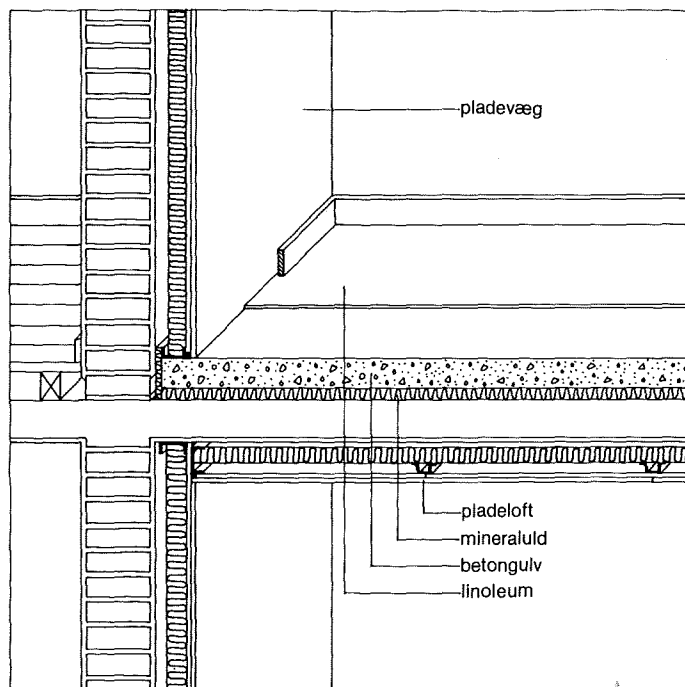
Ved indretning af lokaler til erhvervsformål stilles der i BR-82 i forhold til boliger skærpede krav til både lydisolations og støjniveau fra installationer.

Et eksempel på en forbedret etageadskillelse, der kan forventes at opfylde disse krav er vist i figur 36. Der findes imidlertid også situationer, hvor en opfyldelse af kravene i BR-82 ikke vil være tilstrækkelig, det gælder fx ved indretning af restaurations med musik, både såkaldt levende musik og diskoteksmusik. I et sådant tilfælde sættes grænserne for støjniveauet af Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/1982 om Støj og lugt fra restaurations. Udmøntes de heri nævnte grænser for maksimalt støjniveau i krav til lydisolations, fører det til, at luftlydisolations  $R'_{w}$  skal være større end 75 dB og trinlydniveauet  $L'_{n,w}$  mindre end 25 dB målt fra restaurationsgulv til beboelse.

Disse krav er så strenge, at der skal gennemføres helt exceptionelle isoleringsforanstaltninger, og ofte vil der fx ikke være rumhøjde nok til, at tilstrækkelige foranstaltninger kan gennemføres. En betingelse for indretning af den nævn-

Lydisolations i relation til Miljøstyrelsens vejledende grænser for støj

Ekstreme lyd-isoleringsbehov



Figur 36. Adskillelse mellem bolig og erhvervslejemål i ældre bygning med støbt dæk. De murede vægge er forsynet med en lydisolerende forsatsvæg. Det tidligere trægulv er udskiftet med et svømmende betongulv med tynd belægning, fx linoleum.

te form for restaurationsvirksomhed kan derfor i mange tilfælde være, at der ikke findes boliger i etagen umiddelbart over eller ved siden af restaurationen, men selv om dette ikke måtte være tilfældet, er det nødvendigt, at alle bærende vægge forsynes med forsatsvægge, hvis resonansfrekvens ligger under 30 Hz. Dette kan opnås med en beklædning af tre lag gipsplade på en skeletvæg med 160 mm mellem væg og beklædning og hulrummet udfyldt med 150 mm Glasuld med densitet 50 kg/m<sup>3</sup> eller Rockwool med densitet 80 kg/m<sup>3</sup>.

Hvis der er betonetageadskillelse over restaurationen, skal der indlægges et underloft, hvis resonansfrekvens også bør ligge under 30 Hz. Hertil kommer, at vinduernes lydisolering skal være særdeles god, og at det kan blive nødvendigt at

lydisolere ikke blot restaurationens vinduer, men også de nærmest omliggende boligers. Herudover er det en forudsætning, at adgangsvejene til restaurationen ikke virker støjbelastende på boligområdet, og at ventileringen af restaurationen kan ske uden indgreb i de lydisolerede foranstaltninger, hvilket bl.a. vil sige, at mellemrummet mellem loft og underloft ikke umiddelbart kan anvendes til kanalføringer.

## Trapperum og entrédøre

### Efterklangstid i trapperum

I BR-82 stilles krav om, at gennemsnitsværdien for efterklangstiden i frekvensområdet 500–3150 Hz ikke må overstige 1,3 sekunder i trapperum og 0,9 sekunder i fælles gange. I ældre etageboliger med trætrapper er efterklangstiden i reglen rimelig kort. I beboelsesejendomme med trapper af beton med hårde belægninger på trin og reposer er efterklangstiden normalt for lang. Efterklangstiden kan sænkes ved, at trapperummet forsynes med lydabsorbierende beklædninger på undersiden af reposerne.

### Forbedring af entrédørens lydisolering

Dørens lydisolering bestemmes i de fleste tilfælde af lydtransmissionen gennem utætheder langs anslaget i falsene, men ofte er også transmissionen gennem utætte fuger omkring karmene betydelig. En normal fyldningsdørs lydisolering ligger som regel under 20 dB. Hvis dørens lydisolering skal forøges, må dørpladens lydisolering forbedres, fugerne omkring karmen stoppes og tætnes og anslaget mellem karm og dørplade forbedres med anslagslister og tætningslister. Fugebredden mellem karm og væg bør ikke overstige 15 mm. Fugerne skal for at virke lydteknisk tilfredsstillende stoppes tæt med mineraluld, det gælder også fugen ved underkarmstykket.

Døre kan lydisoleres og brandsikres med pladebeklædning og mineraluld, hvorved der kan opnås en lydisolering på cirka 25 dB, se figur 37. Af praktiske og æstetiske grunde anbringes pladebeklædningen på dørens inderside, og den føres ikke helt ud til ramtræets kant. Hvis en eksisterende dør agtes renoveret ved at påsætte fuld pladebeklædning på

Reglementskrav vedr. efterklangstiden

Lydabsorptionsmaterialer i trapperum

Anslagstætning

Fugetætning

Isolering af dørplader

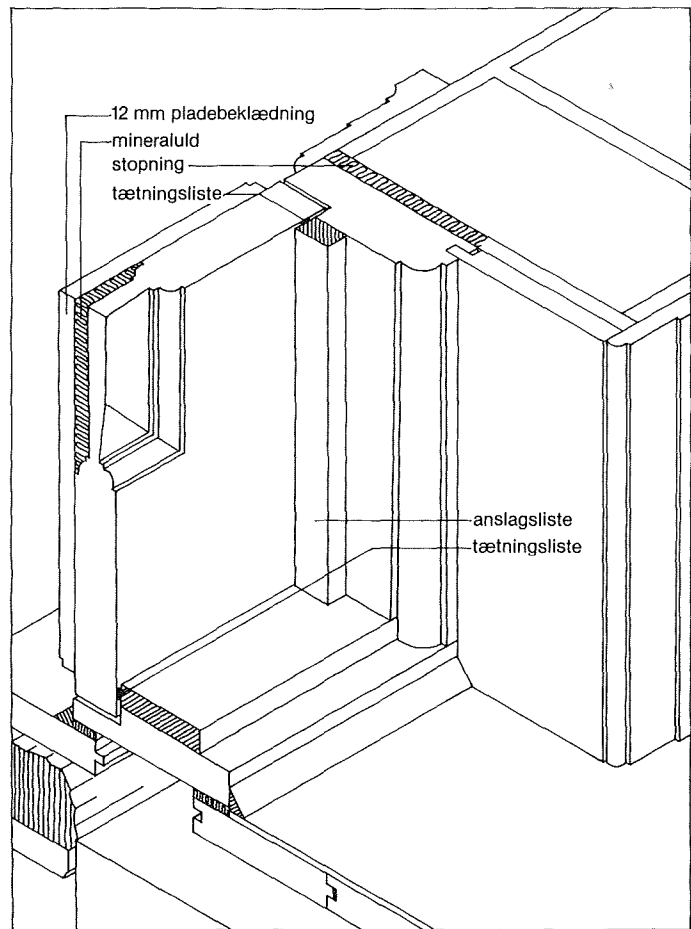
Forsatsvægge og underlofter med mere end 150 mm's afstand til bærende bygningsdel

Lav resonansfrekvens



begge sider af døren, er det som regel mere lønsomt at ind-sætte en ny dør, medmindre man selv udfører arbejdet.

Der kan opnås en betydelig forbedring af lydisolationen mellem trapperum og bolig, hvis der kan etableres dobbelte entrédøre med en mellemliggende indbyrdes afstand, »vindfang«, på ca. 1 m.



Figur 37. Trappedør, der indvendigt er brandsikret med en pladebeklædning og udvendigt forsynet med anslagslister og tætningslister. Fugen omkring dørkarmen stoppes tæt med mineraluld. Lyd-isolation  $R'_w$  ca. 25 dB.

## Installationer

Installationsstøjen kan være vanskelig at nedbringe

I ældre fleretages beboelsesbygninger kan installationerne frembringe støj, som det kan være vanskeligt at nedbringe til et tilfredsstillende lavt niveau. Lyddæmpning af installationer var tidligere et næsten ukendt begreb. Derfor vil det for installationsområdet ikke have mening at tale om genopretning, men alene om forbedring af lydforholdene. Det kan imidlertid være vanskeligt eller direkte umuligt at nedsætte eksisterende installationers støjemission i nævneværdig grad og mulighederne afhænger af så mange og så varierende omstændigheder, at der næppe kan anvises generelle metoder.

Installationernes levetid er i reglen kortere end bygnin-gens, hvilket medfører, at der ved en sanering af ældre byg-ningers konstruktioner og bygningsdele som hovedregel også foretages hel eller delvis udskiftning af installationerne og samtidigt kommer ofte supplerende installationer til.

Installationer kan influere på lydforholdene både ved di- rekte at frembringe støj og ved at der i installationernes gen-nemføringer i etageadskillelser og vægge kan opstå utæthe-der, som nedsætter bygningsdelenes luftlydisolation. Der bør altid foretrækkes materiel, som afgiver mindst mulig støj, og alle gennemføringer bør udføres varigt tætte. For aftapningsarmaturer til brugsvandsinstallationer findes en klassifikation mht. støj. Armaturer støjmåles efter en stan- dardiseret prøvningsmetode og inddeles i tre grupper, hvor støjgruppe 1 indeholder de mest støjsvage armaturer. Der bør til brug i boliger altid vælges armaturtyper i støjgruppe 1. Se i øvrigt SBI-anvisning 118: »Vandinstallationer«.

De metoder, som anvendes ved måling af støj fra aftap- ningsarmaturer, kan også anvendes ved måling af støj fra toiletter, og det vil derfor være muligt at skaffe relevante støjdata om forskellige toiletfabrikater. Støjdata vedrørende ventilationskomponenter kan fremlægges af de fleste fabri- kanter og importører.

Det bør bemærkes, at det acceptable støjniveau ligger la- vere for funktionsstyrede enheder end for programstyrede. Funktionsstyrede enheder er fx fryseskabe, der i reglen sty- res af en temperaturføler. Programstyrede enheder er fx op- vaskemaskiner, der styres efter et forud valgt vaskeprogram.

Der foreligger endnu ikke målemetoder, som på entydig

Installationer kan forårsage utætheder i bygningsdelene

Klassifikation af armatur

Støjdata for installationskomponenter

Det acceptable støjniveau er lavere for funktionsstyrede end for programstyrede komponenter

måde gør det muligt at foretage en støjmæssig sammenligning af komponenter til vandvarmeanlæg. Primært drejer det sig om støj fra ventiler, som ofte er funktionsstyrede termostatventiler og om støj fra cirkulationspumper. Oplysninger om sådanne komponenters støjemission bør dog i alle tilfælde afkræves forhandler eller fabrikant.

Installationer kan som allerede nævnt medføre utætheder ved rør- eller kanal gennemføringerne, men de kan også i sig selv transmittere og udstråle lyd. Det gælder i særlig grad vandvarmeanlæg, hvor radiatorerne kan virke både som udstrålingsflader for luftlyd til et rum og som transmissionsflade for luftlyd fra et rum. Herved kan varmeanlægget utilsigtet blive bestemmende for den opnåelige lydisolering mellem to rum.

Rørinstallationer, som fastgøres til bygningsdelene, overfører en del af den transmitterede lydenergi til disse bygningsdele. Rørinstallationernes placering bør derfor altid overvejes grundigt, og de bør ikke fastgøres til boligadskilende bygningsdele. Jo tungere bygningsdele installationerne bliver fastgjort til, desto mindre vil lydtransmissionen være, hvorfor installationer fortrinsvis bør anbringes på tunge bygningsdele, dvs. vægge med tykkelser på mindst 1-sten. Hvis rør anbringes i udsparede nicher i væggene, skal afstanden mellem rørene og nichens sider henholdsvis bund være mindst en rørdiameter eller 40 mm. Ved eventuel indstøbning skal rørene være indpakket i mineraluld. Lægges der varmerør langs ydervæggene under nye gulve, fx i det hulrum som skabes ved, at nogle gulvbrædder i det oprindelige gulv fjernes, kan det medføre reduktion af etageadskillelsens lydisolering, medmindre der udføres en ekstra lydisolering.

Tagventilatorer kan frembringe vibrationer, som overføres til tagkonstruktionen, hvorfra de kan transmitteres til underliggende boliger. Det er derfor af væsentlig betydning, at ventilatorer fastgøres korrekt til tagkonstruktionen, hvilket vil sige elastisk, men til stive underlag, fx en bærende, tung væg, der er ført til tag. Hvis tagetagen ændres fra vaske-, tørre- eller pulterrum til boligareal, bliver problemet betydeligt større, og det vil ofte være støjen fra tagventilatorer, som vil være udslagsgivende for lydforholdene i en eller flere af disse boliger, medmindre der tages særlige hensyn ved valget af ventilatorer og ved deres montering.

Installationer kan begrænse den opnåelige lydisolering mellem boliger

Installationer fastgjort til tunge bygningsdele

Tagventilatorer kræver en elastisk fastgørelse til et fast underlag

## Lydisolering i relation til anden isolering

Ved forbedring af lydforholdene i ældre boliger vil der ofte være mulighed for valg mellem flere materialer og udførelsesmetoder. I den konkrete situation bør der vælges materialer og metoder, som samtidig giver tilfredsstillende isolering mod fugt og kulde samt sikring mod brand, og også en renovering af installationerne bør tages med ind i overvejelserne.

### *Lyd – brand*

I de fleste tilfælde vil en lydisolering ikke komme i konflikt med de krav, som stilles for sikring mod brand. Det vil endda som regel være således, at de krav til udførelsestætheden, der stilles i forbindelse med lydisoleringen vil overstige de tilsvarende krav for brandsikring. Når således de valgte materialer til lydisolering opfylder kravene til brandsikring, vil lydisoleringen samtidig kunne anerkendes som brandsikring, hvor en sådan er nødvendig. Det må dog erindres, at der til lydregulering findes lydabsorberende materialer på markedet, som ikke opfylder de krav, der stilles om sikkerhed mod spredning af overfladebrand.

Det kan derfor anbefales, at der til lydisolering og lydregulering kun anvendes materialer og udførelser, som også opfylder de brandtekniske krav.

### *Lyd – varme*

I praksis kan kravene til lyd- og varmeisolering være modstridende, hvad angår ydervægge, tage og vinduer. Fx kan en stiv eller halvstiv isoleringsplade, der opsættes med lim eller lignende på den indvendige side af en ydervæg og beklædes med en pålimet stiv pladebeklædning eller et pudslag foranledige flanketransmission i konstruktionens resonansområde. Det vil fx være tilfældet for træbetonplader opsat i mørtel og pudsede, men det er vanskeligt at sige, hvor resonans-

Akustikplader bør yde en rimelig sikkerhed mod overfladeantændelse

Forsatsvægge og underlofter bør udføres som dobbeltkonstruktioner

området ligger for en sådan konstruktion. Det vil være bestemt af forpladens (pudsens) masse, af det elastiske materials dynamiske stivhed og af ydervæggens masse.

10-15 mm tykke pladebeklædninger på skeletkonstruktioner med passende afstand til ydervægsflade eller tagunderside vil bevirke, at konstruktionens resonansfrekvens kommer under ca. 90 Hz, se figur 41, hvilket vil sige, at risikoen for lydtekniske problemer er beskedne. Ved varmeisolering af vinduer kommer man ofte i konflikt med kravene til lydisolering. Mens en termorude med tre lag glas fra et varmeisoleringssynspunkt er en god foranstaltning, kan den fra et lydisoleringssynspunkt kun anses for hensigtsmæssig, hvis vinduet forsynes med en ekstra rude i relativ stor afstand fra termoruden, foran eller bag ved denne.

#### *Lyd - fugt*

I praksis vil der ikke være modstrid mellem de krav, der stilles til henholdsvis isolering mod lyd og isolering mod fugt. Isolering af ydervægs- og tagkonstruktioner mod fugtdiffusion influerer ikke på lydisoleringen, derimod kræver isolering mod både fugt og lyd lufttætte samlinger mellem indvendige beklædninger og mellem disse og de omgivende bygningsdele. På enkelte områder influerer de foranstaltninger, der træffes mod fugt dog på lydisoleringen. Det gælder for ventilationen af dobbelte vinduer, for dræn i underramstykker i vinduer med særlig lydisolierende termoruder og for fugeforsegling af karmfuger, hvor det ofte lydteknisk ville være en fordel med forsegling ved både ud- og indvendig side.

#### *Lyd - installationer*

En fornyelse af installationerne eller en forøgelse af antallet af dem vil i reglen kræve speciel isolering mod lydtransmission, men det vil undertiden være muligt at udnytte en planlagt lydisolering til samtidigt delvis at skjule en rørføring.

I ældre bygninger med aftrækskanaler for naturlig ventilation kan en forbedring af lydisoleringen give anledning til ventilationsproblemer, idet en øget lydisolering kan medføre en betydelig forøgelse af bygningens tæthed og dermed nærmest umuliggøre virkningen af de normalt forekommende simple ventilationsystemer. Nye anlæg for mekanisk ventilation vil kræve lyddæmpning af kanaler og ventilatorer og i

Lufttætte samlinger ønskelige

Større tæthed kræver bedre og mere effektiv ventilation

områder med højt støjniveau desuden af luftindtagene, hvis sådanne overhovedet kan etableres uden indtag af forurenede luft (benzin og udstøds-gasser).

Enhver isolering mod lyd eller kulde betyder generelt en tætning af bygningerne, der nødvendiggør et kontrolleret luftskifte.



# Lydens udbredelse

Lydudbredelse via omgivende bygningsdele

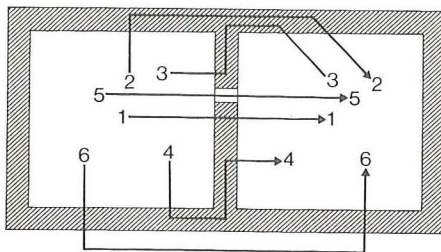
Lyd er betegnelsen for molekylers hørbare svingninger, der udbredes som bølgebevægelser i luft, væske eller fast stof.

I bygninger sker lydudbredelsen gennem alle konstruktioner i både lodret og vandret retning, men der transmitteres mere lydenergi gennem nogle konstruktioner end gennem andre. I bygninger med træetageadskillelser sker lydtransmissionen, når der ses bort fra transmission mellem to naborum, i overvejende grad gennem murstensindervæggene, især i op- og nedadgående retning. I bygninger med støbte dæk transmitteres lydenergien mere ligeligt i vandret og lodret retning.

## Luftlyd

Luftlyd – lyd, som udbredes i luft

Ved luftlyd forstås lyd, som transmitteres i luft, og som udstråles direkte fra en lyd giver til luften. Stemmebånd og



Figur 38. Forskellige veje for lydets transmission fra et rum til et naborum. Principskitsen kan opfattes som lodret eller vandret snit. Ved tredimensional afbildning ville antallet af transmissionsveje blive endnu større.

1. Gennem adskillende væg.
2. Gennem flankerende væg eller dæk.
3. Gennem adskillende + flankerende bygningsdele.
4. Gennem flankerende + adskillende bygningsdele.
5. Gennem utætheder og utætte samlinger.
6. Gennem tilstødende rum.

højtalermembraner er eksempler på lydgivere, hvis svingninger overføres direkte til den omgivende luft. Lydisolationen mellem to rum benævnes luftlydisolationen, når lyd giverne frembringer luftlyd, selv om lyden transmitteres via bygningens konstruktioner, se figur 38.

## Bygningslyd

Bygningslyd – lyd, som udbredes i bygningsdele

Trinlyd – en speciel form for bygningslyd

Ved bygningslyd forstås lyd, som transmitteres i fast stof. Bygningslyd kan i sin oprindelse være luftlyd eller slaglyd, det vil sige lyd frembragt ved slag eller gnidning mod en bygningsdel eller mod genstande, som bygningsdelen er i fast forbindelse med. Lyd frembragt af menneskers gang kaldes for trinlyd, som således er en speciel form for slaglyd.

Bygningslyd forekommer både i konstruktioner og i installationssystemer, og transmissionsbetingelserne afhænger af bl.a. bygningens materialer og samlinger.

Trinlyd transmitteres til et underliggende rum dels direkte gennem etageadskillelsen og dels via denne gennem omgivende bygningsdele. I bygninger med træetageadskillelser sker lydtransmissionen til de underliggende rum dog primært gennem etageadskillelsen og kun i ubetydelig grad via de flankerende vægge.

## Isolering mod luftlyd

Luftlydisolationen vokser med konstruktionens masse

Luftlydisolationen for en adskillende bygningsdel vokser ca. 5 dB ved en fordobling af massen.

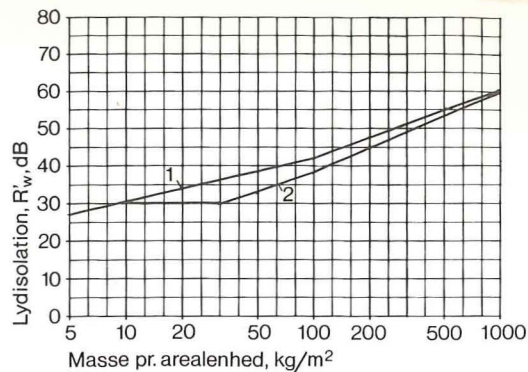
Flankertransmissionen bør være mindre end transmissionen gennem den adskillende væg

For at få den bedst mulige luftlydisolation for en given bygningsdel skal dens samlinger mod andre bygningsdele være varigt tætte. Lydtransmissionen gennem de fire flankerende bygningsdele bør tilsammen ikke overstige den direkte lydtransmission gennem den betragtede bygningsdel.

Et groft skøn over massive bygningsdeles lydisolation er angivet i figur 39.

## Koincidens

En bygningsdel kan sættes i svingninger ved en direkte mekanisk påvirkning, eller ved at bygningsdelen rammes af en



Figur 39. Lydisolation for massive bygningsdele som funktion af massen pr. arealenhed.

1. »Vægtkurven«, empirisk bestemt.
2. Samme kurve korrigeret for koincidensvirkning.

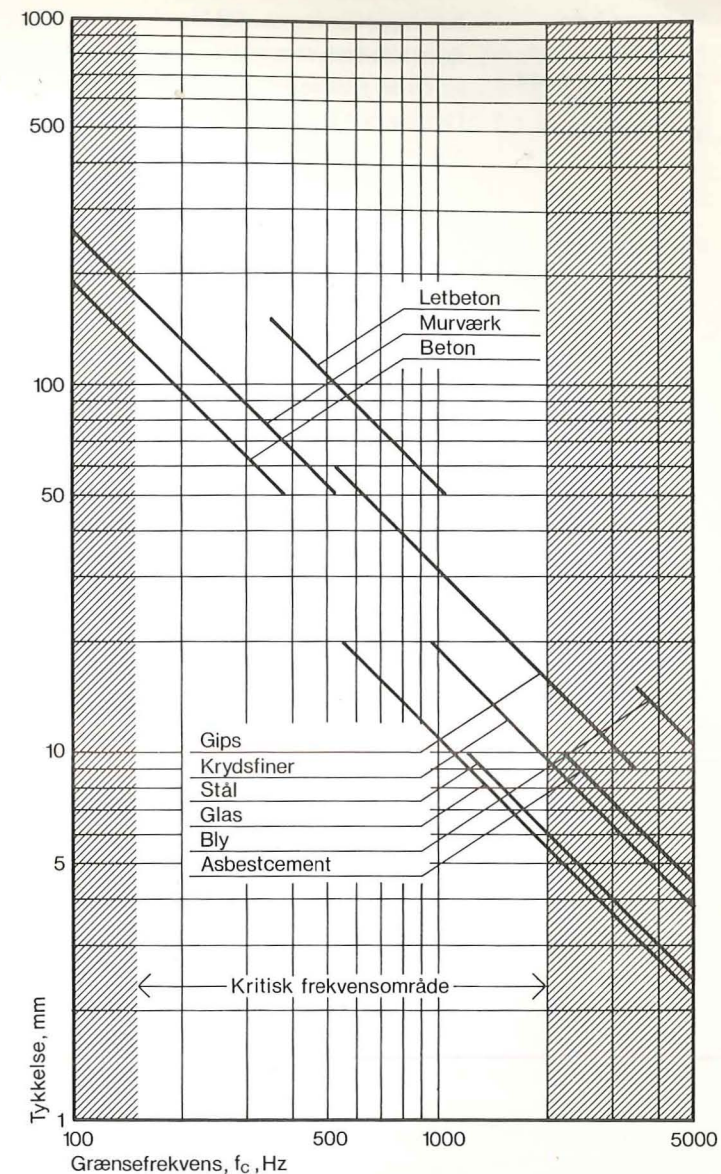
lydbølge i luft. Efter ophør af den ydre kraftpåvirkning kan der i nogen tid fortsat optræde svingninger i bygningsdelen i form af frie bøjningsbølger.

Når en lydbølge i luft rammer en bygningsdel under en indfaldsvinkel mellem  $0^\circ$  og  $90^\circ$ , påtrykkes bygningsdelen en bølgebevægelse. Hvis bølgelængde og udbredelseshastighed af denne bølgebevægelse falder sammen med bølgelængde og udbredelseshastighed af en fri bøjningsbølge i bygningsdelen, opstår der et fænomen, som kaldes koincidens. I en bygningsdel kan der optræde koincidens ved forskellige frekvenser svarende til forskellige indfaldsretninger for lydbølgen. Ved strejfende lydindfald optræder den laveste koincidensfrekvens, den kritiske frekvens eller grænsefrekvensen, som betegnes  $f_c$ .

Grænsefrekvensen for koincidens afhænger af bygningsdelens materiale og tykkelse, som vist i figur 40. I et frekvensområde på en til to oktaver omkring grænsefrekvensen for koincidens kan luftlydisolationen være betydelig nedsat.

Massive konstruktioner med tykkelser på 50–150 mm har på grund af koincidens ofte en mindre lydisolation end forventet efter deres masse. Grænsefrekvensen for koincidens bør principielt ligge uden for det frekvensområde, som omfattes af bygningsreglementet. Det vil sige, at grænsefrekvensen

Luftlydisolationen formindskes af koincidens



Figur 40. Grænsefrekvensen  $f_c$  for koincidens i massive plader som funktion af pladetykkelsen og med pladematerialet som parameter. Når  $f_c$  ligger uden for det kritiske frekvensområde, er der ingen væsentlig risiko for nedsættelse af lydisolationen  $R_w$  på grund af koincidens.



Massive konstruktioner bør enten have ringe tykkelse eller stor tykkelse

bør ligge under ca. 90 Hz eller over ca. 3500 Hz. I praksis er ikke alle frekvenser lige kritiske for lydisoleringen. Det mest kritiske frekvensområde ligger fra ca. 160 til ca. 2000 Hz. Derfor bør fx vinduesruders tykkelse normalt ikke overstige 6 mm.

Konstruktioner med koincidens i frekvensområdet 160–1000 Hz forekommer hyppigt som flankerende vægge i en bygning, og de kan forringe en adskillende vægs lydisolering.

#### Dobbeltkonstruktioner

Lydisoleringen kan forøges ved brug af dobbeltkonstruktioner

Luftlydisoleringen kan forøges ved brug af dobbeltkonstruktioner, idet en dobbeltkonstruktions maksimale lydisolering er summen af de to enkeltkonstruktioners lydisolering plus lydæmpningen i mellemrummet mellem konstruktionerne. Denne maksimale isolation opnås dog kun i sjældne tilfælde i praksis. For vinduer med stor afstand mellem glassene kan opnås en isolation, som nærmer sig summen af enkeltlagenes isolation.

Stive dobbeltkonstruktioner kræver helt adskilte enkeltkonstruktioner

Hvor der anvendes stive dobbeltkonstruktioner, fx af tegl eller beton, skal der ikke blot være en fuldstændig adskillelse mellem enkeltkonstruktionerne, men der skal også være tilsvarende adskillelser i de tilstødende bygningsdele ud for dobbeltkonstruktionernes mellemrum. Det vil sige, at der skal være adskillende hulrum såvel i de omgivende vægge som i gulv og tag.

Dobbeltkonstruktioner af mindre stive pladematerialer behøver ikke samme grad af adskillelse som stive konstruktioner for at yde en væsentlig større lydisolering end en massiv enkeltkonstruktion med samme masse. Derfor kan »slappe« forsatskonstruktioner, som fx forsatsvægge, forsatsbeklædninger og underlofter med fordel benyttes til forbedring af lydisoleringen i eksisterende bygninger, se figur 5–7.

Mellemrummet bør dæmpes

Anbringelse af et lydabsorberende materiale, fx mineraluld, i en dobbeltkonstruktions mellemrum forøger lydisoleringen væsentligt, idet mellemrummets egenfrekvenser der ved dæmpes kraftigt. I vindueskonstruktioner kan en tilsvarende virkning opnås ved montering af en lydabsorberende beklædning i vinduets lysning, se figur 14.

Både koincidens og resonans

I dobbeltkonstruktioner forekommer ikke blot koincidens, men også resonans mellem de to enkeltkonstruktioner.

#### Dobbeltkonstruktioners resonans

I dobbeltvægge udgør vægdelene og deres mellemrum et svingningssystem, som består af to masser med en mellem-liggende fjeder. Resonansfrekvensen  $f_r$  for en dobbeltvæg kan beregnes af følgende udtryk:

$$f_r = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2} \cdot \frac{\rho}{d}} \text{ Hz} \quad (1)$$

hvor

$m_1$  og  $m_2$  er massen pr. arealenhed af de to enkelte vægge, kg/m<sup>2</sup>

$\rho$  luftens massefylde, 1,2 kg/m<sup>3</sup>

$c$  lyd hastigheden i luft, 340 m/s og

$d$  afstanden mellem væggen, m.

Dobbeltkonstruktioner virker under resonansfrekvensen som enkeltkonstruktioner

Ved frekvenser under resonansfrekvensen virker konstruktionen akustisk som en enkeltvæg, der har den samme masse pr. arealenhed. Resonansfrekvensen bør ligge under 90 Hz for ikke at formindske lydisoleringen i frekvensområdet 100–3150 Hz.

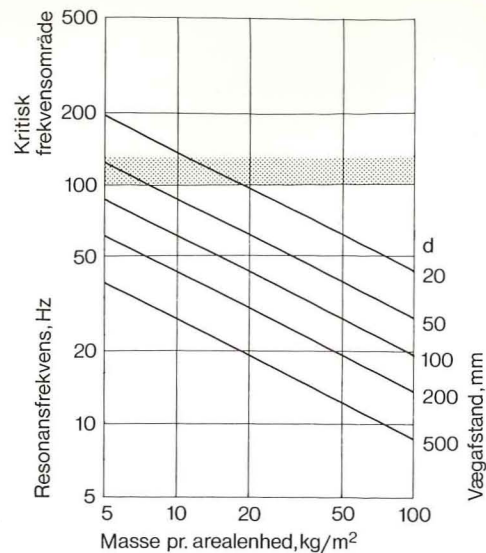
Resonansfrekvensen for en væg eller etageadskillelse med tilhørende forsatskonstruktion (beklædning, forsatsvæg eller underloft) skal som for en dobbeltkonstruktion ligge under 90 Hz. Resonansfrekvensen for forsatsvægge kan beregnes af (1) eller findes af figur 41.

#### Isolering mod trinlyd

Begrebet trinlyd kan ikke som begrebet luftlyd på meningsfuld måde kombineres med ordet isolation, idet forskellen mellem lydtrykniveauerne i sende- og modtagerum ikke giver nogen brugbar information om isolationen mod trinlyd. Som mål for isolation mod trinlyd benyttes i stedet begrebet trinlydniveau, der defineres som et lydtrykniveau frembragt af en standardiseret bankemaskine.

Trinlydniveau – støjniveau frembragt med en standardiseret bankemaskine

En isolering mod trinlyd kan iværksættes ved at dæmpe lydets udbredelse i bygningsdelene og ved at nedsætte lydudstrålingen fra disse. Dette vil kunne ske ved at forsyne alle lydtransmitterende flader med lydisolerede forsatskonstruktioner.



Figur 41. Resonansfrekvensen  $f_r$  for vægge med forsatsvæg, forudsat at forsatsvæggens masse ligger betydeligt under den eksisterende væg. Udgør forsatsvæggens masse pr. arealenhed højst 20 pct. af den eksisterende vægs masse pr. arealenhed, vil den aflæste resonansfrekvens højst ligge 10 pct. under den ved hjælp af ligning (1) beregnede værdi.

#### Eksempel 1

En 250 mm massiv murstensvæg forsynes med en forsatsvæg af to lag 13 mm gipskartonplade, masse  $21 \text{ kg/m}^2$ , opsat på et 70 mm stålskelet, der er placeret 10 mm foran væggen. I diagrammet findes for  $21 \text{ kg/m}^2$  og 80 mm (70 + 10) ca. 48 Hz. Med masserne  $21 \text{ kg/m}^2$  for forsatsvæggen og  $400 \text{ kg/m}^2$  for den eksisterende væg giver en beregning af  $f_r$  ved hjælp af ligning (1) 48,7 Hz.

#### Eksempel 2

Under en træetageadskillelse skal anbringes et underloft med tre lag gipskartonplader. Der tilstræbes en resonansfrekvens under 20 Hz. Massen af træetageadskillelsen og gipspladerne er henholdsvis ca.  $200 \text{ kg/m}^2$  og  $31,5 \text{ kg/m}^2$ . Da forsatsvæggens masse ligger under 20 pct. af den eksisterende etageadskillelses masse, vil fejlen ved aflæsning efter diagrammet ligge under 10 pct. Med 18 Hz som maksimumsværdi findes  $d$  lig med ca. 350 mm. Ved beregning af  $d$  efter ligning (1) findes 348 mm.

#### Trinlyddæmpning

Et elastisk slidlag eller en bøjningsstiv plade på et elastisk underlag vil nedsætte lydtransmissionen til den underliggende dækkonstruktion. Den herved opnåede reduktion af trinlydniveauet kaldes for trinlyddæmpningen, og den vil med en given belægning være meget nær ens på alle støbte dæk, men kan være ret varierende på træetageadskillelser. Lægges flere gulvbelægninger oven på hinanden, kan den samlede virkning ikke fås ved simpel addition.

#### Støbte dæk

Et svømmende gulv, det vil sige en bøjningsstiv plade på et elastisk underlag, har over sin resonansfrekvens  $f_r$  en trinlyddæmpning, som stiger med frekvensen.

#### Svømmende gulves resonansfrekvens

Gulvets resonansfrekvens bestemmes af gulvpladens masse og af det elastiske underlags dynamiske stivhed. Resonansfrekvensen kan bestemmes af

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m}} \text{ Hz} \quad (2)$$

hvor

$m$  er gulvpladens masse i  $\text{kg/m}^2$  og

$s'$  underlagets dynamiske stivhed målt i Pa/m.

#### Dynamisk stivhed

Et materiales dynamiske stivhed kan bestemmes efter DIN 52214. Oplysninger om materialers dynamiske stivhed bør kunne gives af fabrikant eller importør. Hvis et svømmende gulv skal give stor trinlyddæmpning, skal resonansfrekvensen være lav, helst væsentligt under 90 Hz.

#### Resonansfrekvensen for svømmende gulve bør være lav

En tynd belægning, fx vinyl med filt- eller skumunderlag, har en trinlyddæmpning, hvis frekvensforløb over resonansfrekvensen stort set svarer til forløbet for svømmende gulve. Resonansfrekvensen ligger væsentligt højere end for svømmende gulve. Derfor er trinlyddæmpningen for tynde belægninger inden for frekvensområdet 100–3150 Hz generelt meget ringere end trinlyddæmpningen for svømmende gulve.

#### Trinlyddæmpning mest effektiv når gulvet har lav resonansfrekvens

Dæmpningsforholdene er mere uklare, når det gælder tynde elastiske belægninger, hvor det elastiske lag samtidigt er slidlag, fx tæpper. Trinlyddæmpningen for tæpper afhænger af deres tykkelse og hårdhed, og der kan opnås stor trinlyddæmpning ved hjælp af tykke, bløde tæpper. En be-

#### Tæpper kan give stor trinlyddæmpning



lægning som linoleum giver ingen væsentlig trinlyddæmpning, medmindre den udlægges på korkment eller et tilsvarende elastisk materiale.

#### *Træetageadskillelser*

Beregning af resonansfrekvens for svømmende gulve på træetageadskillelse mere usikker end for støbte dæk

Trinlyddæmpningen for svømmende gulve på træetageadskillelser vil i reglen være mindre end den, der kan beregnes for støbte dæk efter den ovenfor nævnte metode, idet forudsætningerne for at anvende metoden til beregning af  $f_r$  normalt ikke vil være opfyldte for træetageadskillelser.

Tynde belægninger giver mindre forbedring af trinlydniveauet, når de udlægges på træetageadskillelser end når de udlægges på støbte dæk. Derfor bør der udøves et meget forsigtigt skøn, hvor der ikke kan skaffes måleresultater for den samlede konstruktion.

## Måling og vurdering af lydisolations og trinlydniveau

Standarder for udførelse af lydmålinger

I BR-82 er anført, at måling af lydisolations og trinlydniveau skal ske i overensstemmelse med de internationale standarder, DS/ISO 140, part I-VIII, hvor part II omhandler målenøjagtighed og part IV og VII måling af luftlydisolation og trinlydniveau i bygninger.

#### Målemetoder

Luftlydisolationen måles mellem to rum, et senderum og et modtagerum. I senderummet anbringes en højttaler, der normalt fødes med et støjsignal, hyppigt signaler af båndbegrænset lyserød støj, dvs. støj, der har samme lydenergi overalt for samme relative båndbredde. Båndbegrænset støj er lyd, hvis frekvenser ligger inden for et sammenhængende, begrænset frekvensområde. Lydtrykniveauet måles pr.  $\frac{1}{3}$  oktav i senderum og modtagerum ved hjælp af en mikrofon, der successivt placeres i et antal punkter i hvert af de to rum. Differensen mellem middelværdierne af lydtrykniveauerne i de to rum er et udtryk for luftlydisolationen. Modtagerumets efterklangstid skal dog også indgå i resultatet, for at dette kan give et korrekt udtryk for lydreduktionen.

Lydisolationen måles pr.  $\frac{1}{3}$  oktav

Ved laboratoriemålinger måles bygningsdeles lydisolations i reglen mellem to rum, hvor lydtransmissionen gennem de flankerende konstruktioner er uden betydning for måleresultatet, og hvor den bygningsdel, der måles, udgør adskillelsen mellem de to rum.

Måling af lydisolations

Bygningsdelens luftlydisolation udtrykkes ved reduktionstallet  $R$ , der defineres ved:

Reduktionstal ved laboratoriemålinger

$$R = L_S - L_M + 10 \log \frac{S}{A} \text{ dB} \quad (3)$$

hvor

$L_S$  og  $L_M$  er lydtrykniveauerne i henholdsvis sende- og modtagerum i dB

$S$  er arealet af den fælles adskillelse mellem rummene i  $m^2$  og  $A$  det ækvivalente lydabsorptionsareal i modtagerummet i  $m^2$ .

Et ækvivalent lydabsorptionsareal på  $1 m^2$  defineres som en kvadratmeter fuldstændig lydabsorberende flade. Mellem et rums efterklangstid ( $T$ ), dets volumen ( $V m^3$ ) og det ækvivalente lydabsorptionsareal ( $A m^2$ ) består følgende relation:

$$T = \frac{0,16 V}{A} s \quad (4)$$

Når efterklangstiden  $T$  i modtagerummet er målt, kan reduktionstallene pr.  $\frac{1}{3}$  oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz udregnes ved hjælp af udtrykkene (3) og (4). Der er seksten  $\frac{1}{3}$  oktaver med standardiserede centerfrekvenser mellem 100 Hz og 3150 Hz.

Luftlydisolationen i bygninger udtrykkes ved reduktionstallet  $R'$ , der også kaldes for det tilsyneladende reduktionstal og defineres ved:

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

hvor alle benyttede betegnelser svarer til de tidligere nævnte.

Det kan forekomme, at der skal måles i en bygning mellem to rum, der ikke støder op til hinanden, og hvor det adskilende areal  $S$  derfor ikke kan defineres. I så fald sættes  $S = 10 m^2$ .

Trinlydniveauet måles i de omliggende rum, hvortil en bankemaskine på senderummets gulv frembringer et næsten stationært støjsignal. Maskinen har fem hamre à 500 g, som med en indbyrdes tidsafstand på 0,1 sekund falder fra en højde af 40 mm. Hamrenes form og materialesammensætning er standardiseret. Standarden åbner mulighed for foruden stålhamre at benytte hamre af gummi; i Danmark benyttes dog altid stålhamre.

Reduktionstal  
i bygninger

Bankemaskine

Ved måling be-  
nyttes stålhamre

Trinlydniveauet  
har ingen lighed  
med lyden af  
fodtrin

Trinlydniveau  
målt i labora-  
torium

Trinlydniveau  
målt i praksis

Vægtet reduk-  
tionstal

Bestemmelse af  
det vægtede  
reduktionstal

Det højeste lydtrykniveau fra bankemaskinen vil som oftest forekomme i det direkte underliggende rum. Den frembragte lyd har ingen lighed med lyden af fodtrin, hvorfor maskinens værdi som lyd giver måske kan være noget diskutabel. Det frembragte lydtrykniveau i modtagerummet kaldes trinlydniveauet. Det måles pr.  $\frac{1}{3}$  oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, og der skal som ved måling af luftlydisolationen foretages korrektion for absorption i rummet.

Trinlydniveauet  $L_n$  i laboratoriet defineres ved:

$$L_n = L_M + 10 \log \frac{A}{A_0} \text{ dB} \quad (6)$$

hvor

$L_M$  er lydtrykniveauet i modtagerummet i dB,  
 $A$  er det ækvivalente lydabsorptionsareal i modtagerummet i  $m^2$ ,

$A_0$  er et referenceareal på  $10 m^2$ .

Trinlydniveauet i bygninger defineres ved:

$$L'_n = L_M + 10 \log \frac{A}{A_0} \text{ dB} \quad (7)$$

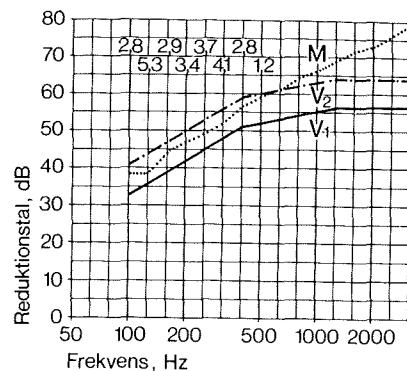
hvor alle benyttede betegnelser svarer til de tidligere nævnte. Størrelsen  $A$  beregnes af udtrykket (4) ved hjælp af den målte efterklangstid.

### Vurdering af lyd isolation

Luftlydisolation  $R'_w$

I DS 2186 Del 1 anvendes det vægtede reduktionstal  $R_w$  for laboratiormålinger og  $R'_w$  for målinger i bygninger. Det vægtede reduktionstal giver ved et enkelt tal en karakteristik af luftlydisolationen mellem to rum, bestemt på grundlag af reduktionstallene ( $R$  eller  $R'$ ) pr.  $\frac{1}{3}$  oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz. Målingerne foretages således ved 16 forskellige frekvenser. På grundlag af målingerne beregnes reduktionstallet ved hver enkelt frekvens, her kaldet »Måleresultatet«, se figur 42.

Lydisolationen  $R_w$  eller  $R'_w$  findes på følgende måde: Måleresultatet, dvs. reduktionstallet  $R$  eller  $R'$ , indtegnes i et diagram som funktion af frekvensen. Måleresultatet er i dia-



Figur 42. Bestemmelse af luftlydisolationen,  $R'_w$ .

$M$ : »Måleresultat«, dvs. reduktionstallet  $R'$  som funktion af frekvensen, fortrinsvis angivet med 1 decimal.

$V_1$ : Standardiseret vurderingskurve, ordinatværdi ved 500 Hz: 52 dB.

$V_2$ : Forskudt vurderingskurve. Kurven forskydes i trin på 1 dB. Den forskudte vurderingskurve lægges, så summen af ugunstige afvigelser højst bliver 32,0 dB. Ved ugunstige afvigelser forstås måleresultater, der ligger under den forskudte vurderingskurve  $V_2$ . Ifølge DS 2186/1 skal ugunstige afvigelser større end 8 dB anføres i målerapporter.

Tallene foroven i figuren angiver de ugunstige afvigelser, hvoraf den største er 5,3 dB, og summen af ugunstige afvigelser er i det viste eksempel 26,2 dB. Hvis kurven  $V_2$  forskydes endnu et trin op, bliver summen af ugunstige afvigelser 34,7 dB, dvs. større end det tilladte maksimum (32,0 dB). Luftlydisolationen  $R'_w$  aflæses nu som den forskudte vurderingskurves ordinatværdi ved frekvensen 500 Hz, altså i dette tilfælde 60 dB.

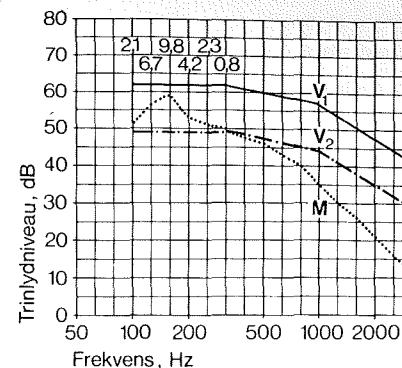
Lydisolationen  $R'_w$  gælder for bygningsmålinger.

Når resultater fra laboratoriemålinger vurderes efter denne metode, benyttes betegnelsen  $R_w$ .

grammet betegnet  $M$  og bør fortrinsvis angives med 1 decimal.

Herefter indtegnes i samme diagram en standardiseret vurderingskurve  $V_1$ , der som udgangsbeliggenhed har ordinatværdien 52 dB ved 500 Hz. Dernæst forskydes vurderingskurven parallelt med ordinataksen i trin på 1 dB til beliggenheden  $V_2$ , hvor summen af ugunstige afvigelser netop ikke overstiger 32,0 dB. Herved bestemmes den største værdi for lydisolationen  $R_w$  eller  $R'_w$ , der aflæses som den forskudte vurderingskurves ordinatværdi ved frekvensen 500 Hz.

Ugunstige afvigelser



Figur 43. Bestemmelse af trinlydniveauet,  $L'_{n,w}$ .

$M$ : »Måleresultat«, dvs. reduktionstal  $L'_n$  som funktion af frekvensen, fortrinsvis angivet med 1 decimal.

$V_1$ : Standardiseret vurderingskurve, ordinatværdi ved 500 Hz: 60 dB.

$V_2$ : Forskudt vurderingskurve. Kurven forskydes i trin på 1 dB. Den forskudte vurderingskurve lægges, så summen af ugunstige afvigelser højst bliver 32,0 dB. Ved ugunstige afvigelser forstås måleresultater, der ligger over den forskudte vurderingskurve  $V_2$ . Ifølge DS 2186/2 skal ugunstige afvigelser større end 8 dB anføres i målerapporter.

Tallene foroven i figuren angiver de ugunstige afvigelser, hvoraf den største er 9,8 dB, og summen af ugunstige afvigelser er 25,9 dB. Hvis kurven  $V_2$  forskydes endnu et trin ned, bliver summen af ugunstige afvigelser 32,1 dB, dvs. større end det tilladte maksimum (32,0 dB).

Trinlydniveauet  $L'_{n,w}$  aflæses nu som den forskudte vurderingskurves ordinatværdi ved 500 Hz, altså i dette tilfælde 47 dB.

Trinlydniveauet  $L'_{n,w}$  gælder for bygningsmålinger.

Når resultater fra laboratoriemålinger vurderes efter denne metode, benyttes betegnelsen  $L_{n,w}$ .

Vægtet trinlydniveau

Trinlydniveau  $L'_{n,w}$

I DS 2186 Del 2 anvendes det vægtede trinlydniveau  $L_{n,w}$  for laboratoriemålinger og  $L'_{n,w}$  for målinger i bygninger. Det vægtede trinlydniveau giver ved et enkelt tal en karakteristisk af trinlydniveauet i et rum, bestemt på grundlag af trinlydniveauet ( $L_n$  eller  $L'_n$ ) pr.  $\frac{1}{3}$  oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz. Målingerne foretages således ved 16 forskellige frekvenser. På grundlag af målingerne beregnes trinlydniveauet ved hver enkelt frekvens, her kaldet »Måleresultatet«, se figur 43.

Bestemmelse af  
det vægtede  
trinlydniveau

Trinlydniveauet  $L_{n,w}$  eller  $L'_{n,w}$  findes på følgende måde: Måleresultatet, dvs. trinlydniveauet  $L_n$  eller  $L'_n$  i dB pr.  $\frac{1}{3}$  oktav, indtegnes i et diagram som funktion af frekvensen. Måleresultatet er i diagrammet betegnet  $M$  og bør fortrinsvis angives med 1 decimal.

Ugunstige  
afvigelser

Dernæst indtegnes i samme diagram en standardiseret vurderingskurve,  $V_1$ , der som udgangsbeliggenhed har ordinatværdien 58 dB ved 500 Hz. Dernæst forskydes vurderingskurven parallelt med ordinataksen i trin på 1 dB til den beliggenhed  $V_2$ , hvor summen af ugunstige afvigelser netop ikke overstiger 32,0 dB. Herved bestemmes den mindste værdi for trinlydniveauet  $L_{n,w}$  eller  $L'_{n,w}$ , der aflæses som den forskudte vurderingskurves ordinatværdi ved frekvensen 500 Hz.

## Litteratur

Afløbsinstallationer. Finn Schmidt Jørgensen og Kaj Ovesen. SBI-anvisning 96. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1974.

Akustik-ordliste. DS 2188. Dansk Standardiseringsråd. København 1982.

Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer. Del II: Fastlæggelse af præcisionskrav. Del IV: Måling af luftlydisolation mellem rum i bygninger. Del VII: Måling af trinlydniveau i bygninger. DS/ISO 140/II, IV og VII. Dansk Standardiseringsråd. København 1979.

Bauakustische Prüfungen, Bestimmung der dynamischen Steifigkeit von Dämmschichten für schwimmende Estriche. DIN 52214. Deutsches Institut für Normung. Berlin 1976.

Beregningsmodel for vejtrafikstøj. Vejdatalaboratoriet. Rapport 23, 2. udgave. Vejdirektoratet. København 1981.

BPS-renoveringsdetaljer: Etagedæk og ydervægge, vinduer og tage. Centret for byggeriets Planlægningssystem. Hørsholm 1980.

Bygningers lydisolering. Nye bygninger. Jørgen Kristensen, Henrik Nissen og Erik Wiuff. SBI-anvisning 112. 2. udgave. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.

Bygningers lydisolation over for vejtrafikstøj. Johs. Jørgensen A/S. Vejdatalaboratoriet. Rapport 25. Vejdirektoratet. København 1979.

Bygningsreglement 1982. Boligministeriet. København 1982.

Byhuset. Byggeskik i købstaden. Curt von Jessen et al. København 1980.

Døre. Lydisolation. Klassifikation. DS 1082. 3. udgave. Dansk Standardiseringsråd. København 1982.

Ekstern støj fra virksomheder. Vejledning nr. 3/1974. Miljøstyrelsen. København 1974.



Forbedring af en traditionel træetageadskillelse med gipspladebeklædt underloft. Jørgen Kristensen og Leonard Juul Petersen. SBI-meddelelse 11. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1982.

Funktionsstudier av tätningslister för fönster och dörrar. Ingemar Höglund og Bengt Wånggren. T7:1979. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm 1979.

Kastrup-katalog. En oversigt over tekniske muligheder for isolering mod flystøj. Johs. Jørgensen A/S. Miljøstyrelsen. København 1980.

Akustik. Vurdering af lydisolations. Del 1: Luftlydisolation i bygninger og af bygningsdele. Del 2: Trinlydniveau. Del 3: Luftlydisolation af facader og dele af facader. DS 2186. 1, 2, 3. Dansk Standardiseringsråd. København 1982.

Miljøhensyn ved planlægning. Vejledning nr. 2/1974. Miljøstyrelsen. København.

Retningslinier for bygningsbestemmelser vedrørende lydforhold. NKB-rapport nr. 32. Den nordiske komité for bygningsbestemmelser. København 1978.

Rumakustik. Jørgen Petersen. SBI-anvisning 137. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1983.

Vandinstallationer. Finn Schmidt-Jørgensen og Kaj Ovesen. SBI-anvisning 118. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1979.

Varmeisolerende foranstaltningers lydisolierende effekt. Jydsk Teknologisk Institut. Miljø-projekt 21. Miljøstyrelsen. København 1980.

Veiledning i Husbygningkunst. J. D. Herholdt. København 1875.

Vinduer. Tradition, vedligeholdelse og forbedringer. Torben Olesen. Det særlige Bygningssyn og Fredningsstyrelsen. København 1977.

Vinduer. Lydisolation. Klassifikation. DS 1084, 1. udgave, 2. oplag. Dansk Standardiseringsråd. København 1982.

Støj og lugt fra restaurationer. Vejledning nr. 3/1982. Miljøstyrelsen. København 1982.

SBI's »gule serie« af anvisninger indeholder forhåndsgodkendte eksempler på, hvordan bygningsreglementets krav kan opfyldes. Hidtil er udgivet anvisninger med relation til følgende kapitler i Bygningsreglement:

### **Kapitel 5. Konstruktive bestemmelser**

SBI-anvisning 110: Konstruktioner i beboelsesbygninger med indtil 2 etager. Eksempler på dimensionering og udførelse. 2. reviderede udgave 1981. 76 sider + tillæg. A5. Kr. 45,75 inkl. 22 pct. moms.

SBI-anvisning 122: Godkendelses- og kontrolordninger for byggevarer. 1979. 40 sider. A5. Kr. 19,50 inkl. 22 pct. moms.

### **Kapitel 7. Fugtisolering**

SBI-anvisning 109: Gulve på træbjælkelag og skeletvægge i vådrum. 2. reviderede udgave 1980. 40 sider + 1 bilag. A5. Kr. 24,40 inkl. 22 pct. moms.

En SBI-anvisning om bygningers fugtisolering er under udarbejdelse og forventes udsendt i slutningen af 1983. Indtil da henvises til: SBI-fugtpjece 1-8. 1973-1979. I alt 64 sider. A5. Kr. 26,85 inkl. 22 pct. moms for hele serien.

### **Kapitel 8. Varmeisolering**

SBI-anvisning 111: Bygningers varmeisolering. 1977. 4. oplag 1980. 40 sider. A5. Kr. 17,10 inkl. 22 pct. moms.

### **Kapitel 9. Lydforhold**

SBI-anvisning 112: Bygningers lydisolering. Nye bygninger. 2. udgave 1983. 124 sider. A5. Kr. 72,00 inkl. 22 pct. moms.

SBI-anvisning 136: Bygningers lydisolering. Ældre bygninger. 1983. 100 sider. A5. Kr. 66,50 inkl. 22 pct. moms.

Anvisningerne fås i boghandelen eller direkte fra SBI, telefon 02-86 55 33.

*Statens Byggeforskningsinstitut*  
Postboks 119, 2970 Hørsholm

April 1983



Denne SBI-anvisning henvender sig til udførende og projekterende teknikere og til offentlige myndigheder. I anvisningen redegøres for de akustiske egenskaber for en række bygningsdele, som er typiske for ældre bygninger. Der anføres eksempler på foranstaltninger til forbedring af bygningsdeles lydisolations og vurdering af den lydisolations, som kan forventes opnået, forudsat at fremgangsmåden ved de beskrevne foranstaltninger og den håndværksmæssige udførelse i øvrigt er tilfredsstillende. Anvisningens eksempler er vurderet i relation til BR-82 og godkendt af boligministeriet.

*Denne SBI-anvisning er godkendt af boligministeriet i relation til kapitel 9 i Bygningsreglement 1982.*

