

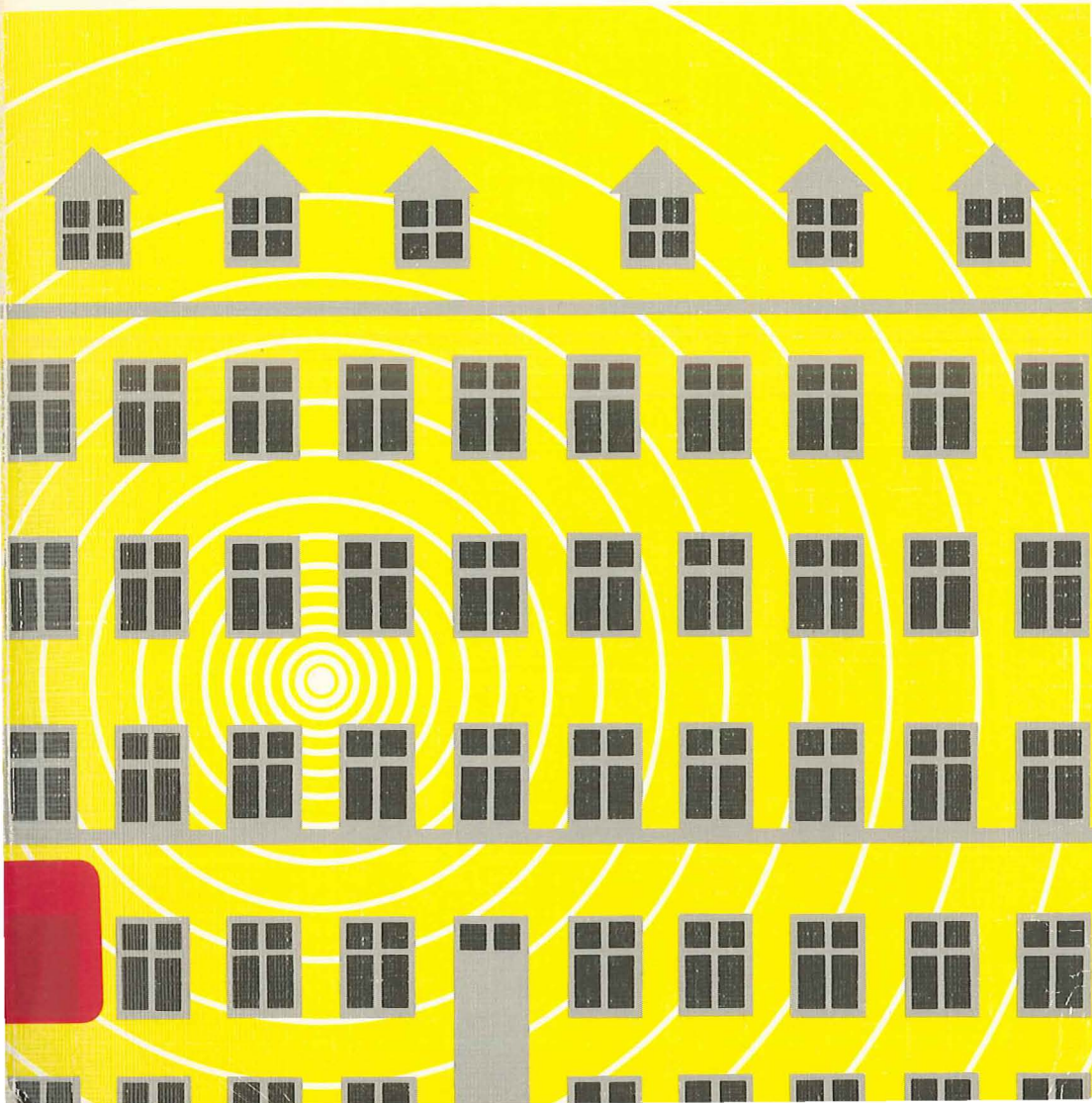
SBI-funkel

Bygningers lydisolering



ÆLDRE BYGNINGER

SBI-ANVISNING 173 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1992



BYGNINGERS LYDISOLERING

ÆLDRE BYGNINGER

JØRGEN KRISTENSEN

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

X.2
20 JAN. 1992 0003/P



SBI-anvisninger er forskningsresultater bearbejdet til brug ved planlægning, projektering, udførelse, drift og vedligehold af bygninger og bebyggelser.

SBI-publikationer udgives i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser, Byplanlægning og Beton. Publikationerne fås gennem boghandelen eller ved at tegne et SBI-abonnement. Instituttets årsberetning og publikationskatalog er gratis og kan rekvireres fra SBI.

SBI-abonnement er en rabatordning med mange fordele for dem, der vil sikre sig løbende orientering om væsentlige udgivelser inden for byggeforskningsområdet. Ring til SBI og hør nærmere.

ISBN 87-563-0789-6.

ISSN 0106-6757.

Pris: Kr. 133,00 inkl. 22 pct. moms.

Oplag: 3500.

Tegninger: Børge Holmen efter oplæg af

Arkitektfirmaet Anders Helsted.

Omslag: Henning Holmsted.

Tryk: Dyva Bogtryk, Glostrup.

Statens Byggeforskningsinstitut,

Postboks 119, 2970 Hørsholm.

Telefon 42 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelsen:
SBI-anvisning 173: Bygningers lydisolering. Ældre bygninger. 1992.

Indhold

Forord	8
Terminologi og symbolik	10
Kapitel 1. Den ældre boligmasse	11
Lovgrundlaget bag den ældre boligmasse	11
Konstruktive forhold med relation til lydisolation	12
Genopretning	19
Forbedring	19
Ombygning	19
Kapitel 2. Lovmæssige bestemmelser vedrørende lydforhold	21
Bygningsreglementets krav vedrørende lydforhold	21
Andre bestemmelser og vejledninger	24
Kapitel 3. Vurdering af lydisolation	27
Vægtning af luftlydisolation R'_w	27
Vægtning af trinlydniveau $L'_{n,w}$	28
Vægtning af trinlyddæmpning ΔL_w	30
Trinlyddæmpning ΔL	31
Referenceetageadskillelse	32
Vurdering af konstruktioners lydforhold	34
Isolationsværdier for luftlydisolation	34
Isolationsværdier for trinlydniveau	35
Prøvningsresultater	35
Subjektiv vurdering af lydisolation	37
Kapitel 4. Lydisolering af bygningsdele og samlinger	38
Ydervægge	43
Vinduer	43
Ruders lydisolation	47
Tæthed mellem ramme og karm	48
Tæthed mellem karm og væg	49

Genopretning af vinduer	50
Forbedring af vinduer	54
Udskiftning af vinduesrammer	59
Udskiftning af vinduer	61
Tage	62
Etageadskillelser	64
Genopretning af etageadskillelse med træbjælkelag ...	67
Forbedring af etageadskillelse med træbjælkelag	70
Lydisolering af gulve	71
Lydisolering af lofter	74
Lydisolering af bjælkelag	76
Lydisolering under bjælkelag	79
Lydisolering af bjælkelag med synlige bjælker	80
Forbedring af etageadskillelse med støbt dæk	82
Etageadskillelser i våde rum	84
Skillevægge	86
Samlinger mellem bygningsdele	86
Vægge/flankerende murede vægge	88
Vægge/etageadskillelser med træbjælkelag	89
Murede vægge/flankerende etageadskillelser	90
Lette vægge som adskillelse mellem beboelseseenheder ...	91
Lokaler til erhvervsformål	92
Trapperum og entrédøre	94
Efterklangstid i trapperum	94
Forbedring af entrédørens lydisolering	94
Installationer	96
Kapitel 5. Lydisolering i relation til anden isolering	98
Lyd – brand	98
Lyd – varme	98
Lyd – fugt	99
Lyd – installationer	99
Kapitel 6. Lydens udbredelse	101
Luftlyd	101
Bygningslyd	101
Isolering mod luftlyd	102
Koincidens	103
Dobbeltkonstruktioner	105
Dobbeltkonstruktioners resonans	106

Isolering mod trinlyd	106
Støbte dæk	108
Træetageadskillelser	109

Kapitel 7. Måling af luftlydisolation og trinlydniveau ...	110
Målemetoder	110

Litteratur	115
-------------------------	------------

Summary	119
----------------------	------------

Vedrørende nyere bygningers lydisolering henvises til SBI-anvisning 172

Ældre bygninger, der ombygges eller gennemgår en fornyelse, er underkastet de samme krav vedrørende lydforhold, som »Bygningsreglement 1982« (BR-82), stiller til nye bygninger. Det er vigtigt, at disse krav overholdes, da det i modsat fald let kan risikeres, at der sættes lighedstegn mellem den gamle boligmasse og akustisk slum.

Erfaringerne viser, at der er behov både for et grundlag for vurdering af de opnåelige lydforhold og for detaljerede vejledninger i forbedring af forholdene. Det er sigtet med anvisningen at dække begge disse behov.

Anvisningen er en revision af SBI-anvisning 136: »Bygningers lydisolering. Ældre bygninger«. I modsætning til denne indgår i den reviderede anvisning et væsentligt erfaringsmateriale fra danske og svenske undersøgelser af lydisoleringen mellem boliger i ældre bygninger med bærende, murede vægge. Til trods for et betydeligt erfaringsmateriale er der dog stadig en større usikkerhed forbundet med at angive tilfredsstillende løsninger for lydisolering af ældre bygninger, end der er for nye bygninger. Det skyldes blandt andet en større usikkerhed ved vurdering af prøvningsresultaterne fra ældre bygninger end fra nye bygninger, uanset at præcisionen af målingerne må anses for at være den samme i begge tilfælde.

Publikationens illustrationer er med få undtagelser genanvendt uændret fra den tidligere anvisning.

I anvisningens kapitel 1 omtales den ældre boligmasse med særlig henblik på at belyse forhold, der har betydning ved en eventuel projektering eller udførelse af lydisolering.

I kapitel 2 er i tabelform givet en oversigt over gældende krav vedrørende lydforhold.

Kapitel 3 giver en kortfattet redegørelse for de metoder, der anvendes til at vurdere måleresultater i relation til de opstillede krav vedrørende lydforhold. Desuden omtales mere generelt, hvordan vurdering af lydisolering kan udføres.

I kapitel 4 gives eksempler på, hvordan man med bygningsmæssige foranstaltninger kan forbedre de lydtekniske egenskaber ved en lang række typiske adskillende bygningsdele og samlingerne mellem dem.

Anvisningens kapitel 5 sammenholder lydisolering i relation til anden isolering gennem belysning af ligheder og forskelle i isoleringsforanstaltninger.

I kapitel 6 gives en kortfattet elementær fremstilling af lydudbredelse i bygninger og af metoder til begrænsning af lydgener i almindelighed. Endelig gives i kapitel 7 en kortfattet omtale af de vigtigste metoder i relation til måling af lydisolering.

Vedrørende renovering af undervisningsbygninger henvises også til SBI-anvisning 172: »Bygningers lydisolering. Nyere bygninger«.

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.

Rådgivende civilingeniør A. E. Wiuff har foretaget en kritisk gennemlæsning af manuskriptet.

Med henblik på en eventuel senere revision af denne anvisning modtager SBI meget gerne forslag til ændringer og supplerende eksempler.

Statens Byggeforskningsinstitut
Afdelingen for Materialer og Konstruktioner, december 1991
Georg Christensen

Vedrørende lydisolering af ældre bygninger med støbte dæk henvises til SBI-anvisning 172: »Bygningers lydisolering. Nyere bygninger«.

Generel betegnelse	Terminologi	Symbol	Enhed
Absorption	Ækvivalent lydabsorptionsareal	A	m^2
	Lydabsorptionskoefficient	α	
Areal	Areal	S	m^2
Frekvens	Frekvens	f	Hz
	Kritisk frekvens eller grænsefrekvens	f_c	Hz
	Resonansfrekvens	f_r	Hz
Luftlydisolation	Reduktionstal (laboratorium)	R	dB
	Vægtet reduktionstal (laboratorium) DS 2186, del 1	R_w	dB
	Reduktionstal (bygning)	R'	dB
	Vægtet reduktionstal (bygning) DS 2186, del 1	R'_w	dB
Støjniveau eller lydtrykniveau	A-vægtet lydtrykniveau	L_{pA}	dB
	Energiekvivalent A-vægtet lydtrykniveau	L_{AeqT}	dB
	Energiekvivalent A-vægtet lydtrykniveau korrigeret med eventuelt tillæg for ren tone eller impuls	L_r	dB
	Normeret A-vægtet lydtrykniveau for armaturer til vandforsyningsanlæg	L_{ap}	dB
Tid	Efterklangstid	T	s
	Måletidsrum (tidsenheden anføres, når der ikke benyttes timer)	T	h
Trinlydniveau	Trinlydniveau (laboratorium)	L_n	dB
	Vægtet trinlydniveau (laboratorium) DS 2186, del 2	$L_{n,w}$	dB
	Trinlydniveau (bygning)	L'_n	dB
	Vægtet trinlydniveau (bygning) DS 2186, del 2	$L'_{n,w}$	dB
Trinlyddæmpning	Trinlyddæmpning (laboratorier og bygninger)	ΔL	dB
	Vægtet trinlyddæmpning relateret til referencedæk	ΔL_w	dB
	Referencedæk af beton	$\Delta L_{w,c}$	dB
	Referenceetageadskillelse af træ	$\Delta L_{w,t}$	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«, DS/ISO 3822/1 »Akustik. Laboratorieundersøgelser af støj fra armaturer og udstyr i brugsvandinstallationer. Del I. Målemetode«, og ISO 717/2 »Acoustics-Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation« samt NT ACOU 034: »Floor coverings: Rating of impact sound improvement«.

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 træetageadskillelser, 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 kondemnere 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, 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 bygningens statiske stabilitet og yde en rimelig modstand mod brand.

Bygningsreglementer med krav til bygningens lydforhold

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 bygge-loven 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

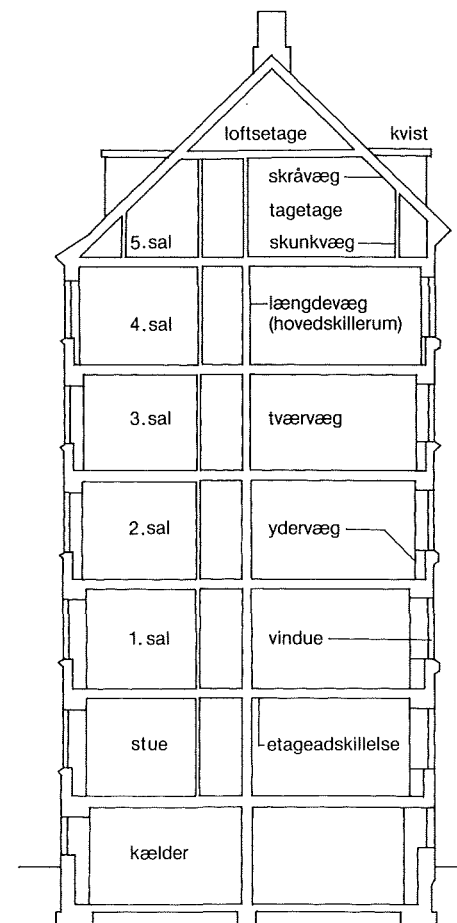
Ydervægge i fleretages bygninger er generelt massive og mindst 1½-sten med brystninger af 1-sten. Gavlvægge er mindst 1-sten. Disse vægtyper opfylder de krav, der sagligt kan stilles til ydervægges lydisolation. I figur 1.1 ses et snit i en ældre fleretages bygning.

Indervægge

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

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



Figur 1.1. Lodret snit i en ældre bygning med træetageadskillelse og grundmuret længdevæg (hovedskillerum).

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.

Bindings-
værksvægge

Skeletvægge af træ med udmuring er anvendt til omkring 1900. Udmuringerne er som hovedregel udført med tykkelser svarende til 1/2-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.

Bindingsværks-
vægges
lydisolation

Bindingsværksvægge uden revner mellem udfyldende murværk og bindingsværk svarer som rumadskillelser i lydæssig henseende til murstensvægge med 1/2-stens tykkelse, men giver som flankerende vægge utvivlsomt anledning til mindre lydtransmission end murstensvægge med samme tykkelse. I huse med 4 1/2" 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 rørvæg 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

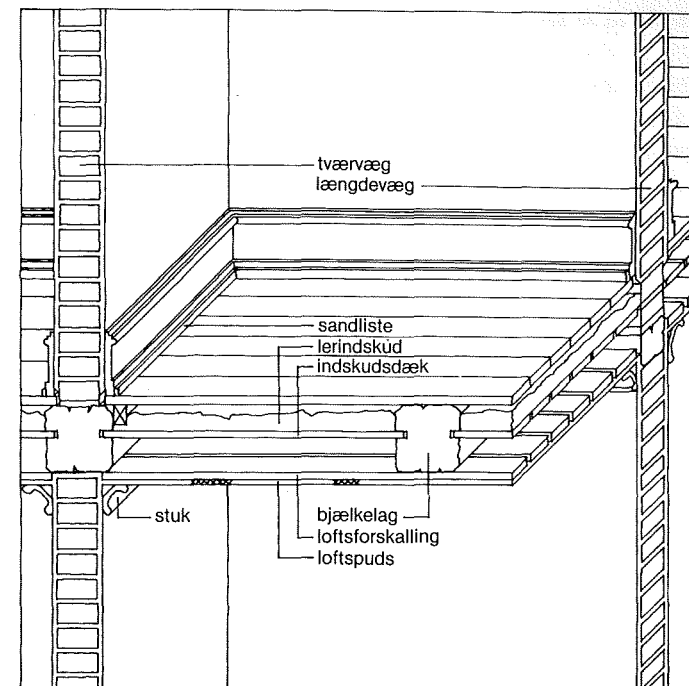
Lydisolationen for lette vægge i bygninger med træetageadskillelser er stort set som for tilsvarende lette vægge i nye boliger, men mange lette vægge er i det ældre byggeri anvendt som boligadskillelse, og lydisolationen kan være 10–15 dB ringere, end hvad der i henhold til BR-82 kræves for boligadskillelser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

Træbjælkelag

Træetageadskillelser er normalt udført med 1 1/8–1 1/4" fyrretræsgulve af høvlede og pløjede brædder, 2" indskudslær på

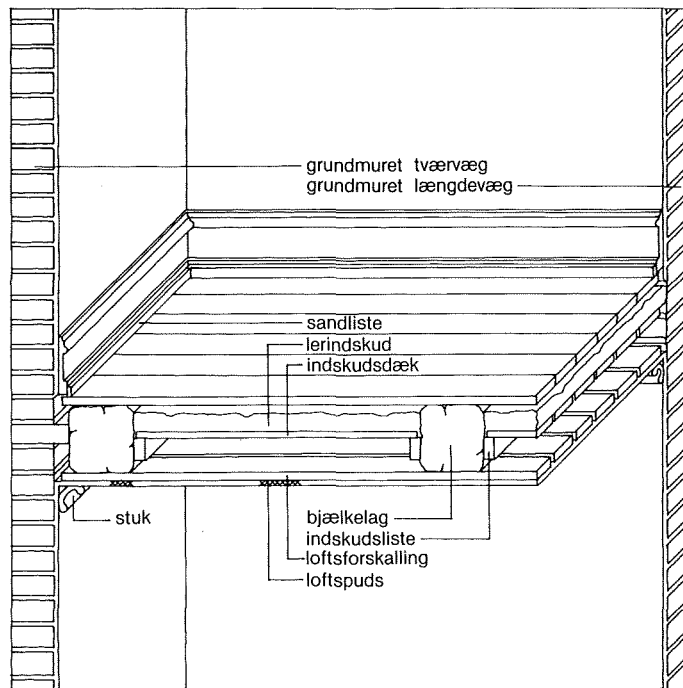


Figur 1.2. Etageadskillelse med træbjælkelag i bygning med indvendige bærende træskeletvægge med udmuring (bindingsværk). Hovedsageligt benyttet i bygninger opført før 1900. Dele af bjælkelaget indgår som bærende elementer både i gulve og tværvægge. Længdevæggens træskelet er udført med en rem for hver etage. Remmen er bærende underlag for bjælkerne og virker som fodrem i den overliggende etage og som toprem i den underliggende.

Indskuds-
materialer

indskudsdæk af 1" brædder og med 1" forskalling med rørvæg og puds. Indskudsdæk er ofte indlagt i noter i bjælkesiderne, dog kun når bjælkebredden er mindst 7", se figur 1.2. For bjælker med mindre tykkelse hviler indskudsdækket, hvor et sådant findes, altid på lister, der er sømmed på bjælkerne, se figur 1.3. Indskudsdækkets overside ligger ca. 3" under bjælkerne overside. Indskudslaget består i de fleste tilfælde af ler, men der kan være anvendt andre materialer, fx udbændte teglsten overhældt med kalkmørtel eller sand på papir.

Indskudslær skulle ifølge de dengang gældende byggestemmelser være faststampet og tørt, inden gulvet blev lagt.



Figur 1.3. Etageadskillelse med træbjælkelag i bygning med murstensvægge. Hovedsageligt benyttet i bygninger opført før 1930. Bjælkelaget indgår som bærende element for gulve og lette vægge. Indskudsdækket er vist lagt på lister, men findes i de fleste tilfælde lagt ind i not som vist i figur 1.2.

Imidlertid har det benyttede ler ofte haft et betydeligt vandindhold, og indskudslaget har derfor under udtørringen fået mange og tilfældige revner.

Blandt tidens byggeteknikere var det en almindelig opfattelse, at lerindskuddet ikke blot havde en funktion i brandtilfælde, men også medførte øget brugskomfort ved at forhindre en umiddelbar nedsivning af vand og ved at dæmpe lydens gennemgang gennem etageadskillelsen.

I mange ældre bygninger er etageadskillelserne udført uden indskudsdæk og ofte tillige uden indskudsler. Gulvtykkelsen er i nogle tilfælde $1\frac{3}{4}$ –2". Lydisolationen for etageadskillelser uden indskud er mindre end for etageadskillelser med indskud. Indskud af andre materialer end ler giver ofte ringere lydisolation. I bygninger fra før 1850 kan findes en anden type

Træetageadskillelsers lydisolation

gulvkonstruktion, hvor lerindskuddet er lagt som et mellem-lag 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 udtørningsrevner i indskudslaget, men også på grund af svind ved udtørringen af træ, gulvbrædder og bjælker, hvortil kommer revner i loftspudsen.

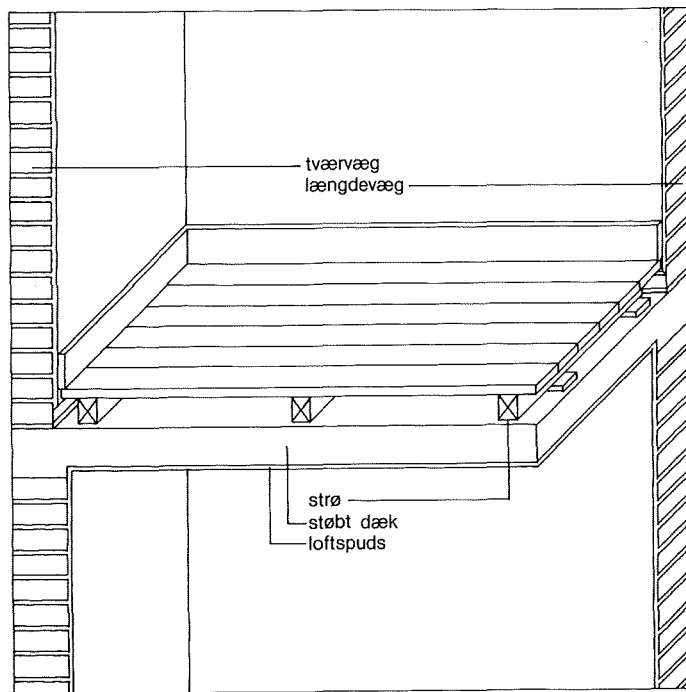
En undersøgelse af lydisolationen mellem boliger i bygninger med træetageadskillelser viser, at de undersøgte ikke-recoverede etageadskillelsers luftlydisolation R'_{w} i gennemsnit var 48,9 dB og trinlydniveauet $L'_{n,w}$ i gennemsnit var 63,2 dB. For de undersøgte recoverede etageadskillelser var de tilsvarende resultater henholdsvis 53,9 dB for luftlydisolation og 58,7 dB for trinlydniveau. De krav, der stilles i BR-82 til lydisolation og trinlydniveau er henholdsvis 53 dB for luftlydisolation og 58 dB for trinlydniveau. Lægges undersøgelsens resultater til grund for en generel bedømmelse af træetageadskillelsers lydforhold, så skal både luftlydisolationen og trinlydniveauet i gennemsnit forbedres med ca. 5 dB for at kravene i BR-82 er opfyldt. Desværre viser undersøgelsen også, at for nogle etageadskillelsers vedkommende er både luftlydisolationen og trinlydniveauet efter reoveringen ringere end før reoveringen, og det skyldes ikke, som ofte anført, arbejdsudførelsen, men projekteringen og tilsynet. 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.

Bygninger opført efter ca. 1930

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 væggs lydisolation og omvendt.

Etageadskillelser med støbte dæk

Træetageadskillelser er efter 1930 i vid udstrækning afløst af jernbetondæk eller andre støbte dæk med gulv. Jernbetondæk, se figur 1.4, 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 Røsele, Sperle og Bauma og fra den senere periode Ståltegl og Roma. De støbte



Figur 1.4. Etageadskillelse med støbt dæk i bygning med murstensvægge. Hovedsageligt benyttet i bygninger opført efter 1930. Strøerne er opklodset af hensyn til gulvopretningen og findes ofte fastgjort til indstøbte stålankre.

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. Opklodninger er almindeligvis udført af hårde materialer med stor stivhed.

Etageadskillelsers lydisolations

For de nævnte etageadskillelser med støbte dæk er luftlydisolationen i gennemsnit omkring 5 dB lavere og trinlydniveauet i gennemsnit omkring 8 dB højere end de krav, der stilles i BR-82. Standardafvigelsen for måleresultaterne er generelt stor, og dette må for en stor dels vedkommende skyldes, at reproducerbarheden af de målte gulves lydtekniske egenskaber er mindre end for gulve med strøerne klodset op på brikker af blødt materiale.

Genopretning kan medføre forbedring

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 lovbestemt, fx gennem krav om øget brandsikring.

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

Forbedring

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

Omfanget af en forbedring er bestemmende for, om en bygningens 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 bygningers lydisolationsniveau 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, men som generelt kan udføres med samme kvalitet som nyt byggeri. Ved ombygning af ældre

erhvervsbygninger til boligformål er det i reglen også muligt at opnå en boligkvalitet, der på de fleste områder, også med hensyn til lydforhold, svarer til dagens standard i nyt byggeri.

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

Erfaringer med ombygning fra et anvendelsesformål til et andet viser imidlertid, at i alt for mange tilfælde har de involverede parter ikke den fornødne ekspertise på det lydmæssige område, og en sådan part engageres først, når byggeriet er gået skævt. Hyppigt fremføres den arbejdsmæssige udførelse som årsag til et ringe resultat, skønt miseren skyldes fejl i planlægning og projektering. En meget almindelig fejl er, at man ved ombygninger ud fra æstetiske hensyn projekterer med synlige loftsbjælker og glemmer, at dette indebærer en væsentlig ændring af etageadskillelsens opbygning, blot for at den kan bevare sin lydtekniske ydeevne. Først når projektet står færdigt, afsløres fejlen, og omkostningerne ved opretning til den forventede lydtekniske kvalitet er i reglen aldeles ødelæggende for projektets økonomi.

Kapitel 2. 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 boligers lydforhold, som også gælder for ombygning og renovering. Herudover kan der i medfør af miljøbeskyttelsesloven af 1973 (med ændringer, der følger af senere love) stilles en række krav, der kan have indflydelse på lydforholdene i boliger, som er beliggende i bygninger, hvor der også forekommer erhvervsvirksomhed. Indirekte kan krav i medfør af arbejdsmiljøloven af 1975 (med ændringer, der følger af senere love) også indvirke på, hvordan lydforholdene skal tilgodeses.

Miljøbeskyttelsesloven

Arbejdsmiljøloven

Bygningsreglementets krav vedrørende lydforhold

BR-82

I BR-82 stilles krav med hensyn til:

- Luftlydisolation mellem boliger og mellem boliger og fællesrum, henholdsvis lokaler til erhvervsvirksomhed.
- Isolation mod trinlyd mellem boliger og mellem fællesrum, henholdsvis lokaler til erhvervsvirksomhed og boliger.
- Lydregulering i fællesgange, trapperum og daginstitutioner.
- Grænser for støj frembragt af installationer og trafik.

De af kravene i BR-82 (kapitel 9), der kan komme på tale ved ombygninger eller ved ændringer i boligers benyttelse, er anført i tabellerne 2.1 til 2.4.

Vedrørende facaders lydisolation stilles der i BR-82 krav om, at der ved bebyggelser langs veje og jernbaner, hvor trafikintensiteten medfører et støjniveau $L_{Aeq,24}$ på mere end 55 dB ved den enkelte bygning, skal tilvejebringes en facadeisolation, der sikrer et indendørs støjniveau $L_{Aeq,24}$, der ikke overstiger 30 dB i beboelsesrum. Vedrørende den nødvendige facadeisolation, se kapitel 4, tabel 4.1. Vedrørende lydforhold i undervisningsbygninger henvises til SBI-anvisning 172: »Bygningers lydisolering. Nyere bygninger«.

	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 omliggende boliger, beboelsesenheder, trappe- og fællesrum	52 dB	53 dB	52 dB	53 dB
Døre mellem boliger og fællesrum ¹⁾	32 dB		32 dB ²⁾	
Mellem bolig og rum til fælles service eller erhvervsmæssig virksomhed ³⁾	60 dB	60 dB	60 dB	60 dB

¹⁾ Generelt vil døre mærket 35 dB efter DS 1082 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 DS 1082.

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. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«. Den mindst tilladelige luftlydisolation R'_w vil i dette tilfælde være ca. 75 dB.

Tabel 2.1. Kravene til luftlydisolation i beboelsesbygninger mv. i henhold til BR-82.

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

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

²⁾ Gulve i bade-, wc- og pulterrum samt altaner under 2,5 m² 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. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«. Det største tilladelige trinlydniveau, $L'_{n,w}$, vil i dette tilfælde være ca. 25 dB.

Tabel 2.2. Kravene til trinlydniveau i beboelsesbygninger mv. i henhold til BR-82.

Største tilladelige gennemsnitsværdi for efterklangstid, T	Sekunder	Frekvensområde
Beboelsesbygninger, 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 2.3. 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 2.4. 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 energiekvivalente 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.

Reglementskrav til lydforholdene kan undertiden opfyldes uden meromkostninger

Bestemmelserne i BR-82 kan i mange tilfælde opfyldes uden meromkostninger, men i andre tilfælde kan meromkostningerne blive betydelige.

Ved ombygning eller forbedring af ældre bygninger er det vanskeligere at forudsige en given konstruktions lydisolations, end det er i nye bygninger. Den lydmæssige betydning af såvel variationer i udførelsen som af ændringer i konstruktionerne er bedre belyst for nye bygninger end for ældre.

Andre bestemmelser og vejledninger

Miljøhensyn

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«, angives vejledende grænser for ekstern støj transmitteret fra en virksomhed til en anden virksomhed og fra en virksomhed til en bolig inden for samme bygning. Kravet er formuleret som en grænse for lydtrykniveau. Det betyder, at der indirekte stilles krav til både isolering mod luftlyd og bygningsslyd, og at den nødvendige lydisolations afhænger af støj-kildens emission af både luftlyd og bygningsslyd.

Støjniveau

Da ekstern støj ofte er meget varierende både i styrke og frekvenssammensætning, og da den afgivne lydenergi desuden i reglen ikke er konstant over tiden, har det været nødvendigt at indføre et mål for støjniveauet, der tager hensyn hertil. Dette støjniveau kaldes 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

Virksomheder

Begrebet virksomhed kan i princippet fortolkes meget vidt. Støj fra forretninger og restauranter, foreningslokaler, varme-centraler mv. kan vurderes med udgangspunkt i de niveauer, der er anført i tabel 2.5.

Indirekte krav til restaurationsvirksomhed

Hvad angår etablering af virksomheder 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 restauranter, hvor luftlydisolationen R'_w bør være større end 75 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, »Støj og lugt fra restauranter«.

Trafikstøj

I Miljøstyrelsens vejledning nr. 3/1984, »Trafikstøj i boligområder«, anføres et støjniveau på $L_{Aeq,24} = 65$ dB som den

Tidsrum	Vejledende øvre grænse for støj		
	Dag kl. 07-18	Aften 19-22	Nat 22-07
Måletidsrum	8 timer	1 time	30 min.
Støjniveau L_r , korrigeret for efterklangstid			
Modtagerum:			
Beboelsesrum	30 dB	30 dB	25 dB ¹⁾
Kontorer	40 dB	40 dB	40 dB
Virksomheder (kontorer undtagne)	50 dB	50 dB	50 dB

¹⁾ Det maksimale lydtrykniveau L_{pA} målt med lydtrykmåleren i stilling »fast« må ikke overstige den anførte grænseværdi med mere end 15 dB.

Tabel 2.5. Vejledende grænser for støj transmitteret i en bygning henholdsvis mellem virksomheder indbyrdes og mellem kontorer (ikke kontorer i samme virksomhed) indbyrdes samt mellem virksomheder generelt og beboelsesrum i henhold til Miljøstyrelsens vejledning nr. 5/1984, »Ekstern støj fra virksomheder«.

Støjniveauet måles som det energiækvivalente A-vægtede lydtrykniveau L_{Aeq} . Hvis støjen hverken indeholder rene toner 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 tidsrum, de måletidsrum, der giver det største lydtrykniveau. Resultatet skal yderligere korrigeres til en referenceefterklangstid på 0,5, 0,8 og 1,0 sekund for henholdsvis beboelsesrum, kontorer og rum i virksomheder, dvs. at der til L_r skal adderes (- 10 log (T/referenceefterklangstiden)), hvor T er rummets efterklangstid ved 500 Hz.

øvre grænse for acceptabel støjbelastning på facader ud for rum, der kun har vinduer i den støjeksponerede facade. Endvidere anføres, at erfaringer viser, at det i praksis er vanskeligt at overholde krav om et maksimalt støjniveau på $L_{Aeq,24} = 30$ dB indendørs, hvis det udendørs støjniveau overstiger 65 dB. Vejledningen anfører også, at generelt bør støjbelastningen hverken på primære udendørs opholdsarealer eller på facader med vinduer overstige 55 dB. I vejledningen anføres desuden en række støjgrænseværdier, blandt disse nævnes at indendørs støjniveauer L_{Aeq} i kontorer, daginstitutioner og lignende ikke bør overstige 35 dB.

I medfør af såvel kommuneplanloven som boligstøtteleven kan der stilles betingelser til byggeri med hensyn til maksimalt tilladeligt støj fra vejtrafik. Men kommunerne benytter i overvejende grad hjemmelen i BR-82.

Kapitel 3. Vurdering af lydisolation

I BR-82 benyttes de regler, der er angivet i DS 2186 del 1 og 2, for vurdering af frekvensafhængige måleresultater af luftlydisolation og trinlydniveau karakteriseret ved entalsværdier. Der benyttes symbolerne R'_w og R_w for entalsværdier for luftlydisolation målt henholdsvis i bygninger og i laboratorium og symbolerne $L'_{n,w}$ og $L_{n,w}$ for entalsværdier for trinlydniveau målt henholdsvis i bygninger og i laboratorium. For trinlyddæmpning benyttes de ISO 717 part 2 anførte regler for vurdering af frekvensafhængige resultater karakteriseret ved entalsværdier.

Vægtning af luftlydisolation R'_w

Vægtet reduktionstal

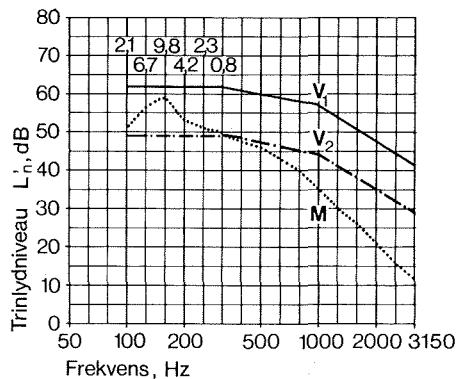
I DS 2186 del 1 anvendes det vægtede reduktionstal R_w for laboratoriemålinger og R'_w for målinger i bygninger. Det vægtede reduktionstal giver ved et enkelt tal en karakteristik af luftlydisolationen mellem to rum, bestemt på grundlag af reduktionstallene (R eller R') pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz. Målingerne foretages således ved seksten forskellige frekvenser. På grundlag af målingerne beregnes reduktionstallet ved hver enkelt frekvens, her kaldet »Måleresultatet«, se figur 3.1.

Bestemmelse af det vægtede reduktionstal

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 diagrammet betegnet M og bør fortrinsvis angives med 1 decimal.

Ugunstige afvigelser

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.



Figur 3.1. 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, del 1 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 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.

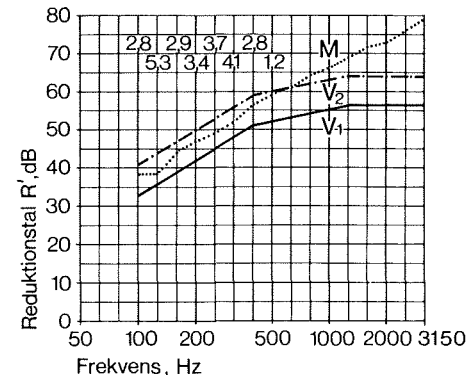
Lydisolationen R'_w gælder for bygningsmålinger.

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

Vægtning af trinlydniveau $L'_{n,w}$

Vægtet
trinlydniveau

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 karakteristik 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 seksten forskellige frekvenser. På grundlag af målingerne beregnes trinlydniveauet



Figur 3.2. 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 under den forskudte vurderingskurve V_2 . Ifølge DS 2186, del 1 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 $L_{n,w}$.

Bestemmelse af
det vægtede
trinlydniveau

ved hver enkelt frekvens, her kaldet »Måleresultatet«, se figur 3.2.

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.

Dernæst indtegnes i samme diagram en standardiseret vur-

deringskurve, 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.

Vægtning af trinlyddæmpning ΔL_w

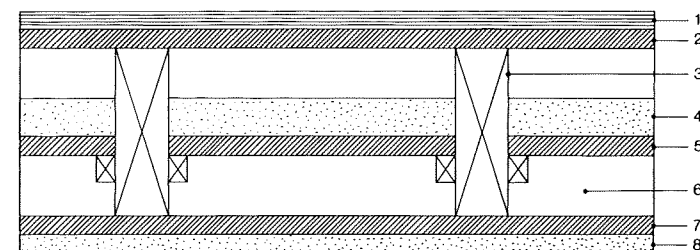
Den vægtede trinlyddæmpning ΔL_w , er en regnestørrelse, hvormed man, under visse betingelser, ved hjælp af et enkelt tal kan beregne trinlydniveauet for et støbt dæk, når dette tænkes forsynet med et gulv eller en gulvbelægning, hvis vægtede trinlyddæmpning ΔL_w kendes. Metoden er principielt udviklet til brug i forbindelse med bedømmelse af gulve eller gulvbelægnings forbedring af trinlydniveauer, når de udlægges på betondæk. En tilsvarende mulighed for bedømmelse af den forventede forbedring af trinlydniveau er også blevet aktuel for gulvbelægnings udlagt på træetageadskillelser i forbindelse med renovering af ældre bygninger. Trinlyddæmpningen for den samme gulvbelægning er imidlertid afhængig af, om belægningen udlægges på støbte dæk eller træetageadskillelser. Derfor har det været nødvendigt med udgangspunkt i metoden, der er beskrevet i ISO 717 part 2, at fastlægge nogle specielle prøvningsbetingelser for måling af belægnings forbedring af trinlydniveauet for træetageadskillelser. Metoden og de relevante prøvningsbetingelser er beskrevet i NT ACOU 034. Den vægtede trinlyddæmpning for betondæk og træetageadskillelser er, hvor der kan opstå misforståelser, symboliseret ved henholdsvis $\Delta L_{w,c}$ og $\Delta L_{w,t}$. Indices c og t står for henholdsvis concrete og timber.

I det følgende omtales overvejende trinlyddæmpning for træetageadskillelser, mens der for støbte dæks vedkommende henvises til SBI-anvisning 172: »Bygningers lydisolering. Nyere bygninger«.

Beregning af den vægtede lydæmpning $\Delta L_{w,t}$ for en gulvbelægning sker i forhold til et fastlagt trinlydniveau for en fiktiv træetageadskillelse, der betegnes referenceetageadskillelsen.

Trinlyddæmpning ΔL

Betegnelsen ΔL angiver differensen pr. $\frac{1}{3}$ oktav mellem trinlydniveauerne med og uden gulvbelægning. Differensen er frekvensafhængig. Målingerne udføres normalt i laboratorium, men det er ofte en fordel at måle belægnings forbedringer af trinlyddæmpningen på de etageadskillelser, hvor belægningserne skal udlægges. Ved målinger i laboratorium har man benyttet den i figur 3.3. viste træetageadskillelse som standard. Denne afviger med hensyn til bjælkelagets dimensioner betydeligt fra dem, der udgør bjælkelaget i de etageadskillelser, der danner grundlaget for danske og svenske undersøgelsesresultater fra ældre bygninger med træetageadskillelser og overvejende med såkaldte grundmurede vægge. Derimod er forskellen mellem trinlydniveauet for de to typer etageadskillelser ikke særlig stor.



Figur 3.3 Træetageadskillelse anbefalet som referenceetageadskillelse for målinger af belægnings forbedring i laboratorium (NT ACOU 034). Pudslaget kan erstattes med gipsplader fast monteret til loftsforSkallingen.

- 1: 22 mm krydsfiner sømmet eller skruet til bræddegulvet.
- 2: 20–25 mm gulvbrædder, høvlet og pløjet.
- 3: 70×220 mm planker pr. 600 mm.
- 4: Indskud, 50 mm sand.
- 5: Indskudsdæk, 20–25 mm brædder, høvlet og pløjet.
- 6: 80 mm luftmelletrum.
- 7: 20–25 mm forskalling.
- 8: 20–25 mm puds.

Referenceetageadskillelse

Til at symbolisere referenceetageadskillelsen er valgt et trinlydniveau L_n , der som funktion af frekvensen kan afbildes med fire rette liniestykker, og hvis niveauer er tilnærmede middelværdier af en lang række målinger i ældre danske og svenske bygninger med murede vægge og træetageadskillelser. Trinlydniveauet for etageadskillelsen uden gulvbelægning symboliseres ved $L_{n,r,0}$ og er pr. $\frac{1}{3}$ oktav anført i tabel 3.1, hvor også værdien af det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,0}$ er anført. Trinlydniveauet for etageadskillelsen med gulvbelægning symboliseres ved $L_{n,r}$ og det vægtede trinlydniveau ved $L_{n,w,r}$. Mellem trinlydniveauet med og uden gulvbelægning består følgende sammenhæng:

$$L_{n,r} = L_{n,r,0} - \Delta L \quad (3.1)$$

For det vægtede trinlydniveau er:

$$L_{n,w,r} = L_{n,w,r,0} - \Delta L_w \quad (3.2)$$

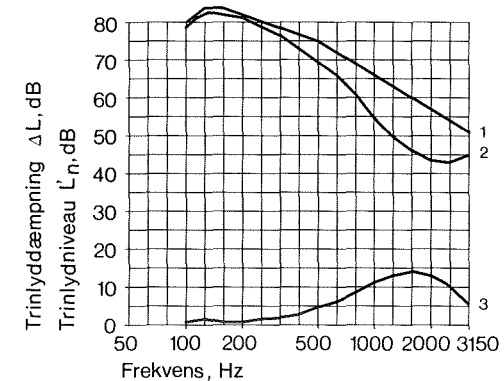
$$L_{n,w,r} = 75 - \Delta L_w \quad (3.2a)$$

Frekvens Hz	Trinlydniveau, $L_{n,r,0}$, for referenceetageadskillelse dB
100	80
125	84
160	84
200	82
250	80
315	78
400	76
500	74
630	72
800	69
1000	66
1250	63
1600	60
2000	57
2500	54
3150	51

Vægtet værdi: $L_{n,w,r,0} = 75$ dB

Tabel 3.1. Trinlydniveau for referenceetageadskillelse.

I figur 3.4 og 3.5 er vist trinlydniveauet for referenceetageadskillelse og referencedæk, begge henholdsvis uden og med den samme gulvbelægning. Desuden er vist trinlyddæmpningen for gulvbelægningen. Bestemmelse af den vægtede trinlyddæmpning for gulvbelægningen udlagt på henholdsvis træetageadskillelse og betondæk sker efter de regler, der er angivet i figur 3.2. De vægtede værdier aflæses ved 500 Hz og angives i de respektive figurtekster.

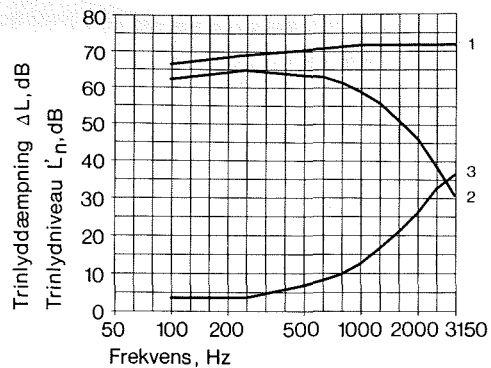


Figur 3.4. Trinlydniveau og trinlyddæmpning som funktion af frekvensen. Frekvensvægtning af trinlydniveau foretages som vist i figur 3.2.

Kurve 1: Trinlydniveauet $L_{n,r,0}$ for referenceetageadskillelsen uden gulvbelægning. Det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,r,0}$ er 75 dB.

Kurve 2: Trinlydniveauet $L_{n,r}$ for referenceetageadskillelsen med gulvbelægning. Det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,r}$ er 73 dB.

Kurve 3: Trinlyddæmpningen ΔL for gulvbelægningen målt på en træetageadskillelse. Den vægtede trinlyddæmpning $\Delta L_{w,t}$ bestemmes jf. (3.2) til $75 - 73 = 2$ dB.



Figur 3.5. Trinlydniveau og trinlyddæmpning som funktion af frekvensen. Frekvensvægtning af trinlydniveau foretages som vist i figur 3.2.

Kurve 1: Trinlydniveauet $L_{n,r,0}$ for betonreferencedækket uden gulvbelægning. Det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,r,0}$ er 78 dB.

Kurve 2: Trinlydniveauet $L_{n,r}$ for referencedækket med gulvbelægning. Det vægtede trinlydniveau $L_{n,w,r}$ er 60 dB.

Kurve 3: Trinlyddæmpningen ΔL for gulvbelægningen målt på et betondæk. Den vægtede trinlyddæmpning $\Delta L_{w,c}$ bestemmes jf. (3.2) til $78 - 60 = 18$ dB.

Vurdering af konstruktioners lydforhold

I denne anvisning er de viste konstruktioners vægtede luftlydisolation og trinlydniveau for såvel separate bygningsdele som sammenbyggede vurderet i forhold til en række udvalgte isolationsværdier, hvoraf hovedparten har relation til de krav vedrørende lydforhold, der stilles i bygningsreglementet BR-82.

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

Isolationsværdier for luftlydisolation

Hvis en konstruktions luftlydisolation R'_w er anført med værdien n dB, betyder dette, at luftlydisolationen forventes at

Lydteknisk dårlige samlinger trækker den adskillende bygningsdel ned til en lavere isolationsværdi

35 dB	40 dB	45 dB	
48 dB	52 dB	55 dB	60 dB

Isolationsværdi for indervægge. Værdierne under 48 dB er ikke indeholdt i BR-82. De benyttes her i anvisningen til lyd-mæssig vurdering af almindeligt anvendte tynde og lette vægge.

40 dB	45 dB		
51 dB	53 dB	55 dB	60 dB

Isolationsværdi for etageadskillelser. Værdierne under 51 dB er ikke indeholdt i BR-82. De benyttes her i anvisningen til lyd-mæssig vurdering af almindeligt anvendte etageadskillelser.

20 dB	25 dB	30 dB	35 dB
40 dB	45 dB	50 dB	55 dB

Isolationsværdi for ydervægge, vinduer og tage. Værdierne finder anvendelse, hvor der stilles krav til facaders isolation mod udefra kommende støj.

Tabel 3.2. Isolationsværdier for indervægge, etageadskillelser og ydervægge, herunder vinduer og tage.

kunne opfylde et krav på n dB, men ikke en højere værdi blandt de udvalgte isolationsværdier, der er anført i tabel 3.2. Ved luftlydisolation er bygningsdelene delt i tre grupper: Indervægge, etageadskillelser og bygningens klimaskærm, der omfatter ydervægge, tage og vinduer samt eventuelle åbninger til luftindtag og -afkast. De udvalgte isolationsværdier for de tre grupper er anført i tabel 3.2.

Isolationsværdier for trinlydniveau

Hvis en konstruktions trinlydniveau $L'_{n,w}$ er anført med værdien n dB, betyder dette, at trinlydniveauet forventes at kunne opfylde et krav på n dB, men ikke en lavere værdi blandt de udvalgte niveauværdier, der er anført i tabel 3.3.

48 dB	53 dB	58 dB	63 dB	65 dB	70 dB	75 dB
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Værdierne 65, 70 og 75 dB er ikke indeholdt i BR-82. De benyttes her i anvisningen til vurdering af almindeligt anvendte etageadskillelser.

Tabel 3.3. Isolationsværdier for trinlydniveau.

Prøvningsresultater

Resultater fra måling af lydforhold i bygninger kan i henhold til BR-82 bruges til at dokumentere lydkravenes overholdelse. De stillede krav er i princippet minimumskrav til den lyd-mæs-

sige kvalitet, det være sig luftlydisolation, trinlydniveau, støj eller efterklangstid. For de projekterende teknikere betyder dette, at alle prøvningsresultater vedrørende lydforhold skal opfylde de stillede krav, og at de projekterende derfor må forøge de aktuelle kravsværdi med den usikkerhed, hvormed prøvningsresultaterne er bestemt, for at være sikker på at opfylde kravene. Hvis præcisionen på målingerne er fx ± 3 dB betyder det, at man i praksis må projektere med et 3 dB skærpet krav. Det kan derfor blive omkostningskrævende at projektere med en kontrolinstans, der arbejder med for lille målepæcision. Da prøvningsresultater angives ved vægtede værdier, der ifølge gældende standard skal angives i hele tal, er den største præcision på måleresultater ± 1 dB. Denne målepæcision kan foruden af laboratorier, der af Dansk Akkrediterings Ordning er autoriseret til at udføre teknisk prøvning inden for akustikområdet: Bygningsakustik, feltmålinger, sandsynligvis også opnås af flere projekterende.

Der foreligger ikke retningslinier for, hvordan kommunerne skal foretage vurdering af prøvningsresultater, der afgives som dokumentation for opfyldelse af reglementets krav til lydforhold. Prøvningsresultater for luftlydisolation og trinlydniveau i ældre bygninger, hvor der generelt må regnes med en noget større usikkerhed med hensyn til fastsættelsen af isolationsværdier, kan fx vurderes efter følgende kriterier.

Luftlydisolation:

$$R'_w \geq \text{kravsværdi} - 2 \text{ dB}$$

Middelværdi af målinger på ens bygningsdele

$$R'_{w,mid} \geq \text{kravsværdi}$$

Trinlydniveau:

$$L'_{n,w} \leq \text{kravsværdi} + 2 \text{ dB}$$

Middelværdi af målinger på ens bygningsdele

$$L'_{n,w,mid} \leq \text{kravsværdi}$$

Anvendelse af dette kriterium bør medføre, at måleresultater, der er mere end 2 dB ringere end kravsværdien, afvises og bygningsdelen kræves forbedret og genmålt. For projekterende i akustik er det ikke vanskeligt at leve op til en generel håndhævelse af dette regelsæt. For kommunerne vil det største problem herefter være, om de forelagte måleresultater er relevante, og om målepæcisionen er tilstrækkelig.

Subjektiv vurdering af lydisolation

Udenlandske undersøgelser af beboeres holdning til lydsklimaet i deres boliger viser, at en meget stor del af beboerne kan høre de omkringboende, og at en betydelig del af de adspurgte beboere karakteriserede støjen som generende. På grundlag af objektive målinger af lydforholdene i de undersøgte boliger, kan der drages den konklusion, at hvis der ønskes en boligkvalitet, hvor mere end 85 pct. af beboerne ikke må føle sig generet af støj, vil det være nødvendigt at skærpe kravene både til luftlydisolationen, trinlydniveau og støjniveau.

Bygherrer, der ønsker at bygge huse med en mærkbar højere lydskvalitet end fastlagt gennem bygningsreglementets krav, bør mellem boliger regne med luftlydisolation $R'_w \geq 55$ dB, trinlydniveau $L'_{n,w} \leq 50$ dB, og inden for boligen mellem opholdsrum og soverum henholdsvis $R'_w \geq 45$ dB og $L'_{n,w} \leq 60$ dB. Desuden bør regnes med støjniveau fra installationer $L_{Aeq, 2 \text{ min}} \leq 25$ dB og støjniveau i den mest trafikerede time af myldretiden $L_{Aeq, 1 \text{ h}} \leq 30$ dB.

Kapitel 4. Lydisolering af bygningsdele og samlinger

Lydisolation/
lydisolering

Genopretning er
første led i en
lydisolering

Lydisolationen er
masseafhængig

Lydisolering
med forsats-
konstruktioner

Forsatsbeklæd-
ninger er lyd-
mæssigt ringere
end fritstående
forsatsvægge

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.

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.

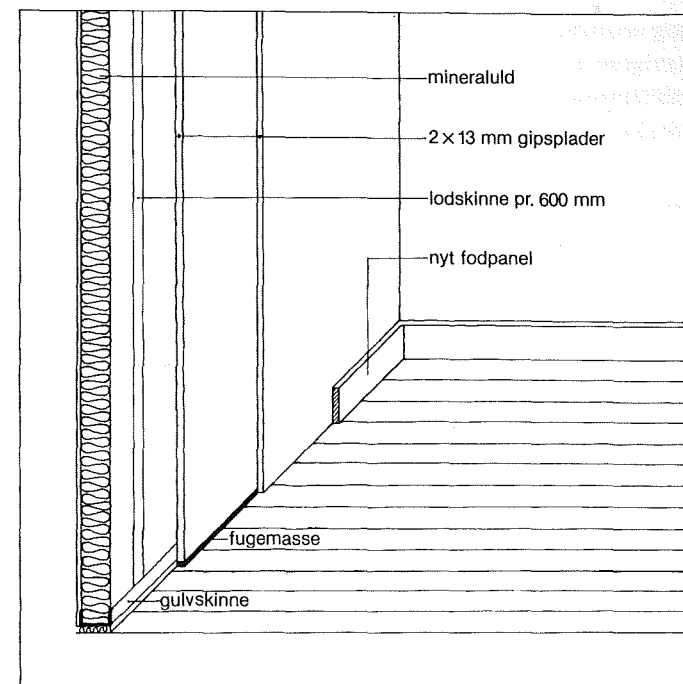
Bygningsdele, der er udført som dobbeltkonstruktioner kan have større lydisolation end enkeltkonstruktioner med samme masse, dog er lydisolationen for dobbeltkonstruktioner mere afhængig af udførelsen end enkeltkonstruktioner. I eksisterende bygninger kan dobbeltkonstruktioner, når der ses bort fra vinduer,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

Forsatskonstruktioner kan i princippet udføres på flere måder af mange forskellige materialer. Der anvendes imidlertid overvejende pladebeklædte skeletkonstruktioner i stål eller træ og med plader, der med hensyn til brand opfylder klasse 1.

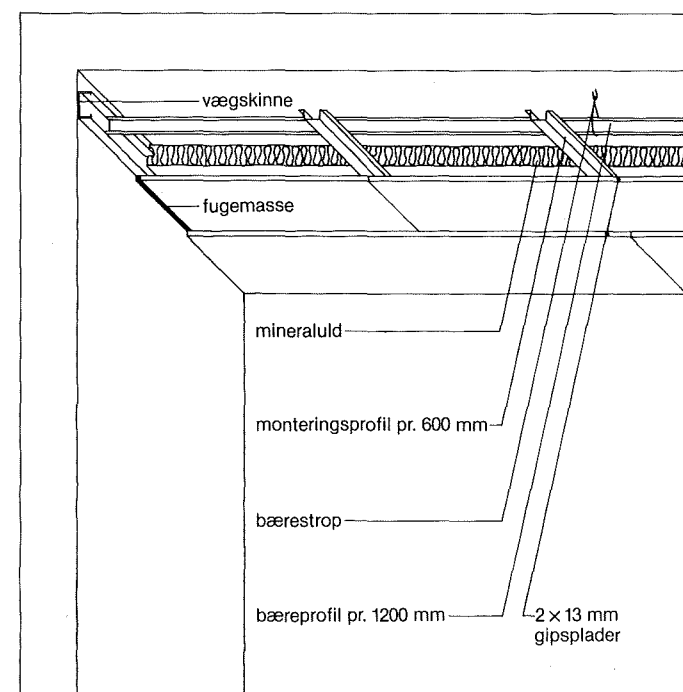
Med gipspladebeklædninger på stålskelet kan opnås en væsentlig isolationsforbedring, når beklædningerne opsættes som vist i figurerne 4.1-4.3.

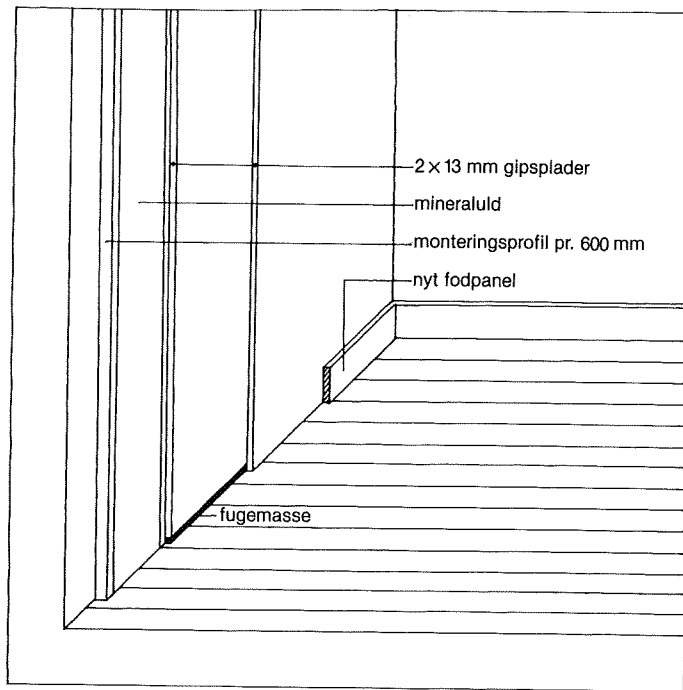
Ved en forsatsbeklædning forstås en beklædning opsat direkte på den eksisterende konstruktion. En sådan beklædning må betragtes som en nødløsning, der kun anvendes, når opsætning af forsatsvægge og underlofter ikke er mulig. Den kan kun bruges i forbindelse med tunge konstruktioner.

Figur 4.1. 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 4.2. 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 4.3. Forsatsbeklædning med gipsplader på 45 mm monteringsprofiler af stål monteret direkte på den eksisterende væg. Monteringsprofilerne skal give plads til mindst 30 mm mineraluld bag gipspladebeklædningen. Forsatsbeklædninger bør kun anvendes på vægge, hvis masse ligger over 200 kg/m^2 . 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 lydisoleringen ved de lave frekvenser.

Mineraluldens luftstrømningsmodstand skal være større end $7 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$. Forsatsbeklædninger kan anvendes både på lofter og vægge.

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 6.4.

Lydisolering af flankerende bygningsdele

Lydisolering mod trafikstøj

Lydtransmissionen mellem to rum foregår ikke alene gennem de adskillende bygningsdele, men også gennem omgivende bygningsdele, hvilket vil sige, at lyden også transmitteres via flankerende vægge og dæk. En forbedring af lydisoleringen mellem to naborum kan derfor i visse situationer betyde, 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.

Lydisolering af bygningsdele mod trafikstøj adskiller sig ikke fra anden lydisolering. Men i tilfældet trafikstøj afhænger den nødvendige lydisolering af både det eksisterende udendørs og det tilstræbte indendørs støjniveau. Når det udendørs støjniveau $L_{Aeq,24}$ overstiger 55 dB, begynder en lydisolering af ydervægge, tage og vinduer at blive aktuel, jf. tabel 4.1.

Udendørs lydtrykniveau, fritfeltsværdi $L_{Aeq(24)}$ 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 4.1. Nødvendig lydisolering R_w for vinduer angivet ved isolationsværdier, der er valgt således, at de falder sammen med de mærkningsklasser, der er anført i DS 1084, for vinduer i afhængighed af det ønskede indendørs støjniveau og det forventede udendørs støjniveau. Dette måles som døgnmiddelværdien af det energiækvivalente A-vægtede lydtrykniveau. Når der anvendes vinduer, hvis DS-mærkningsklasse er større end eller lig med de isolationsværdier, der er anført i tabellen, under indendørslydtrykniveauet 30 dB, 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 isolationsværdier ligger mindst 5 dB over vinduernes, at der ikke er andre væsentlige transmissionsveje end gennem vinduerne, og at forholdet mellem vinduesarealet og rummets ækvivalente lydabsorptionsareal ikke afviger væsentligt fra det normale i traditionelle beboelsesrum.

Ved måling af vinduers lydisolering forudsættes, at en eventuel ude-luftventil ikke er lukket.

Hvor der stilles krav til facaders lydisolering efter BR-82 er værdierne i søjlen under 30 dB gældende. Hvis der i henhold til anden forskrift kræves indendørsniveauer på 25, 35 eller 40 dB, benyttes værdierne i søjlen under den respektive kravværdi. Hvis facaden har ventilationsåbninger, eller vinduesarealet er væsentligt forskellig fra beboelsesbygninger, er yderligere beregninger nødvendige. Vejledende værdier for indendørs lydtryk niveau er anført i tabel 4.2.

Sygehuse (sengestuer)	25 dB
Boliger (opholdsrum)	25-30 dB
Skoler (klasserum)	30-35 dB
Kontorer	35-40 dB

Tabel 4.2. Vejledende værdier for indendørs lydtrykniveau. De laveste værdier benyttes i stille områder. Laveste værdi for kontorer bør også benyttes i områder med højere støjniveau, når der er tale om kontorer for kun 1 eller 2 personer.

En stor del af den danske befolkning lever i områder med høje støjniveauer. I en undersøgelse vedrørende støj fra vejtrafik rapporteret fra Miljøstyrelsen anføres, at ca. 50 pct. af befolkningen bor i omgivelser med støjbelastning under 55 dB, ca. 30 pct. med mellem 55 og 65 dB og ca. 20 pct. med over 65 dB. Det vil sige, at en ganske betydelig del af befolkningen er udsat for forholdsvis høje støjbelastninger, som det også fremgår af tabel 4.3.

Byklasse eller område efter indbyggerantal	Støjniveau ved bygningers facade L_{Aeq} dB				
	< 60	60-64	65-69	70-74	≥ 75
København, Frederiksberg	33	20	20	17	10
Københavns omegn	64	15	13	6	2
50-200.000	54	15	12	10	4
10-50.000	64	12	16	6	1
2-10.000	66	20	11	3	0
500-2.000	80	13	5	2	0
under 500	92	3	4	1	0
Hele landet	67	13	11	6	2

Tabel 4.3. Antal indbyggere i pct. i forhold til den udendørs støjbelastning fra vejtrafik.

Dårlig lydisolering kan være et indeklimaproblem, men dets løsning må ikke frembringe nye problemer

Lavere støjniveau ved bygningers bagside

Tunge vægge har tilstrækkelig lydisolering

Definition af vinduer

Lydisolering af vinduer medfører, at disse får en større lufttæthed end ved anden isolering, og skaber derved mulighed for en påvirkning af indeklimaets andre parametre i negativ retning. Lydisoleringen af et vindue bør derfor ikke overstige den i tabel 4.1 anførte isolationsværdi, som er nødvendig for at opnå et indendørs lydtryk niveau $L_{Aeq,24}$ på 30 dB, medmindre der ad anden vej er etableret et tilstrækkeligt luftskifte til at opretholde et acceptabelt indeklima.

Det udendørs lydtryk niveau $L_{Aeq,24}$ foran bygningens facade ved trafikerede gader og veje udtrykt ved den såkaldte fritfeltsværdi bestemmes på grundlag af den forventede trafikintensitet i henhold til »Beregningsmodel for vejtrafikstøj«. Revideret 1989. Vejdatalaboratoriet. Rapport 93. Vejdirektoratet, 1991.

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

Ydervægge

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

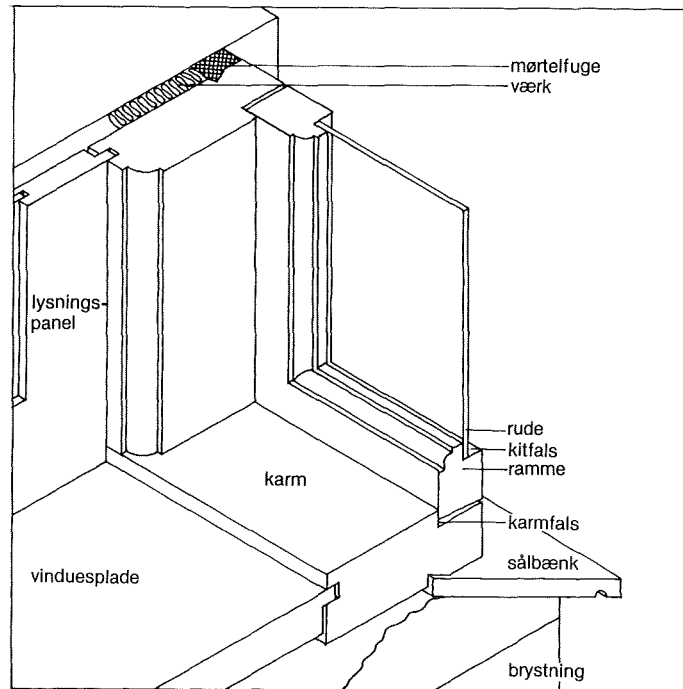
Ydervægge med 1½-stens tykkelse har en lydisolering R'_w på 55 dB og kan derfor opfylde selv meget strenge krav til isolering mod trafikstøj. I tabel 4.1 er facaders nødvendige lydisolering fastlagt ud fra vinduers lydisolering og det udendørs støjniveau. Nogen information om lydisoleringen for vægge af lettere materialer findes i SBI-anvisning 172: »Bygningers lydisolering. Nyere bygninger« og i Vejdatalaboratoriets rapport 25: »Bygningers lydisolering over for vejtrafikstøj«.

Vinduer

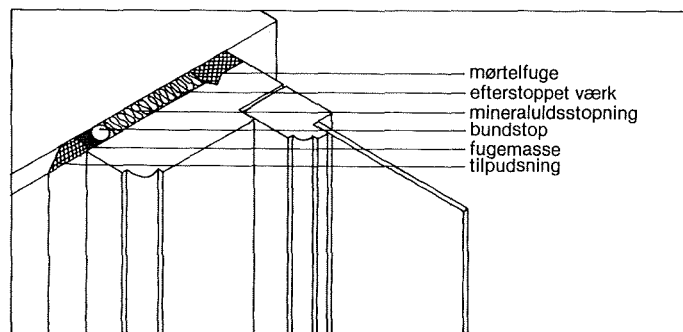
Et vindue består normalt af ruder (indsat i ramme eller karm), lysningspaneler, indfatninger, tætningslister, beslag mv. Lydteknisk set regnes også fugen mellem væg og karm at høre til vinduet.

Et vindues lydisolering afhænger af dets enkelte bestanddeles isoleringsmæssige egenskaber, herunder de indbyrdes forbindelser og tilslutningerne til væg. I et givet frekvensområde er den bestanddel, forbindelse eller tilslutning, der giver

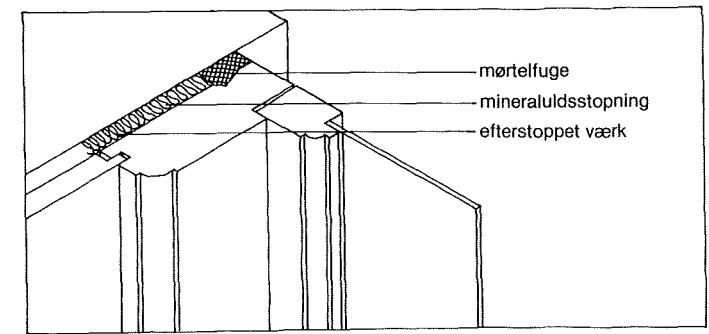
det største bidrag til lydtransmissionen stort set bestemmende for vinduets lydisolations. I praksis vil vinduers lydisolations i frekvensområdet 100–3150 Hz være bestemt af rudernes lydisolations, af tætheden mellem ramme og karm og af fugetætheden mellem karm og væg, se figurerne 4.4a–e.



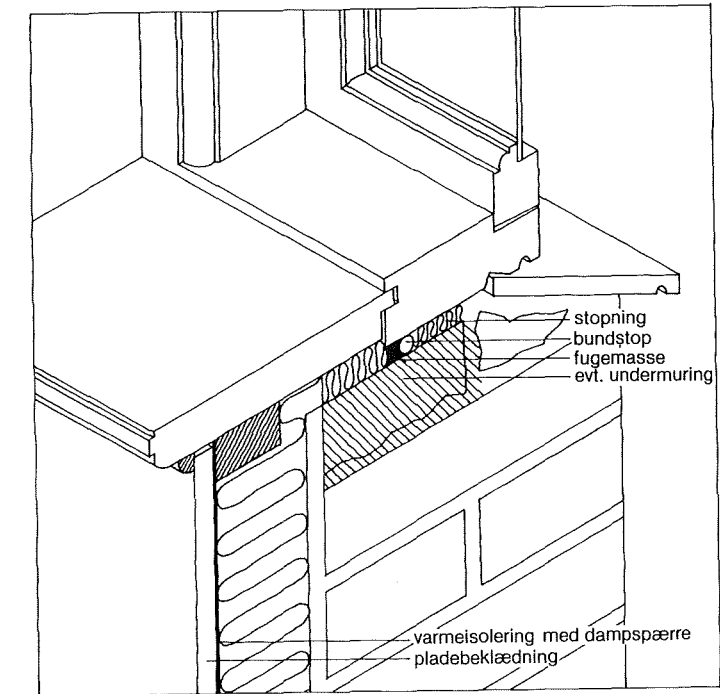
Figur 4.4a. Typisk ældre vindue med skifersålbænk og lysningspanel, som det ser ud, før der foretages tætningsforanstaltninger.



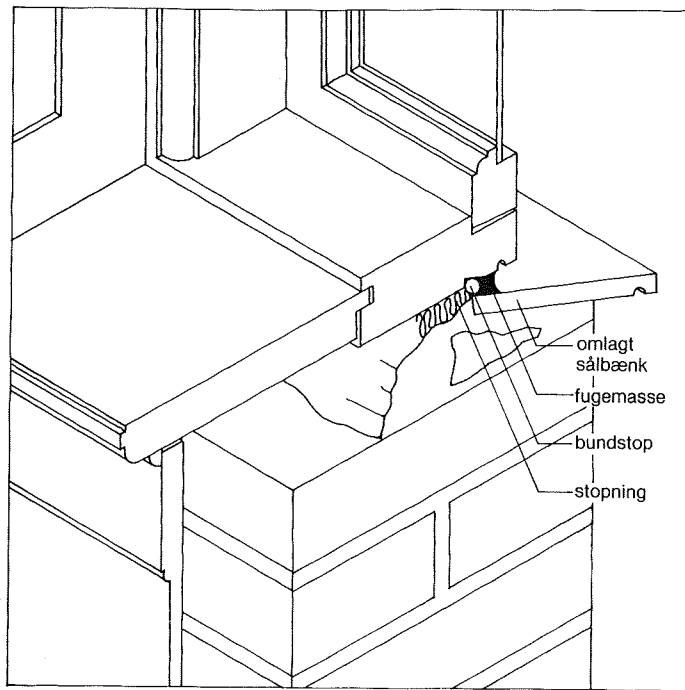
Figur 4.4b. Fugeforsegling ved et vindues indvendige side.



Figur 4.4c. Hvor en fugeforsegling ved et vindues indvendige side ikke er gennemførlig, tilrådes at stoppe tæt med mineraluld og anvende en mørtelfuge som regnskærm.



Figur 4.4d. 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 bundstop for fugemassen, før en forsegling kan finde sted.



Figur 4.4e. 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 lydisolations 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 udstødningsskasser. Lyddæmpning af luftindtagene vil ofte kræve, at der også installeres mekanisk ventilation. Installation af separate ventilationsenheder i beboelsesrum i forbindelse med lyddæmpende ventilationsåbninger i facader må frarådes, fordi ventilatoren i reglen skaber et nyt støjproblem.

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 lydisolationsen 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 lydisolationsen. I de fleste tilfælde er et 6 mm hul pr. 200 mm i vinduesrammens understykke tilstrækkeligt, se figur 4.6. Hulsiderne bør behandles med træimprægneringsvæske.

Ruders lydisolations

Flerlagsruder

Ruders lydisolations øges med deres masse pr. arealenhed. I ruder med to adskilte lag glas afhænger lydisolationsen også af resonansfrekvensen, det vil sige både af afstanden mellem glaslagene og af disses masse pr. arealenhed. Asymmetri med hensyn til massefordeling, bøjningsstivhed, glastykkelser, hulrumsdybder og hulrumsindhold (atmosfærisk luft contra gas) forøger lydisolationsen. For ruder med flere lag glas kan lydisolationsen ved frekvenser over resonansfrekvensen være større end lydisolationsen for ruder med et lag glas med samme masse som flerlagsruden.

Koincidens

Lydisolationsen kan formindskes af et fænomen, der kaldes koincidens, se kapitel 6, afsnittet om koincidens. Virkningen af koincidensen kan modvirkes ved at erstatte et lag glas med flere tyndere, sammenlagte glaslag, fx lamineret glas. Her ved opnås en asymmetri med hensyn til bøjningsstivhed, hvis virkning består i, at koincidensfrekvensen for det laminerede glas forskydes mod højere frekvenser. Derved reduceres transmissionen i området for koincidensfrekvensen for en termorudes to glas.

Lamineret 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 lydisolations som etlagsruder med samme masse pr. arealenhed. Et eventuelt tredje lag glas i termoruder ændrer ikke lydisolationsen mærkbart. I såkaldte lydrunder, her benævnt termolydruder, er lydisolationsen forøget, fx ved at termorudens ene glaslag erstattes med lamineret glas.

Termolydruder

I nogle termolydruder er lydisolationsen forøget yderligere ved, at den indespærrede atmosfærisk luft er erstattet med

Gasfyldte ruder

en gasart, i reglen ren svovlhexafluorid, SF₆, eller SF₆ blandet med tør atmosfærisk luft, hvori lyd hastigheden er forskellig fra lyd hastigheden i atmosfærisk luft. Dette medfører en forøget lyd isolation for ruder med større hulrumsdybde end ca. 12 mm, men ofte en forringet lyd isolation for ruder med mindre hulrumsdybde. Imidlertid er den gasfyldte rude også mere udsat for tab af lyd isolation end normale termoruder, idet lyd isolationen vil aftage væsentligt, hvis der opstår en utæthed i ruden, hvorved den indespærrede gas vil sive ud af ruden og atmosfærisk luft trænge ind.

Termolydruder med meget stor lyd isolation 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 lyd transmission. Det er derfor vigtigt, at anslaget mellem ramme og karm er tæt, således at lyd transmissionen ad denne vej er ubetydelig i forhold til transmissionen gennem ruden. Jo større lyd isolation et vindues ruder har, desto mindre må lyd transmissionen gennem anslag og luftspalter altså være. Med dobbelt fals, det vil sige dobbelte anslag, opnås normalt en mindre lyd transmission end med enkelt anslag. Enkeltfals kombineret med overfals svarer lyd teknisk til en dobbeltfals, se figur 4.9b og c. Mens en dobbeltfals med tætning i to anslag altid vil være en lyd teknisk fordel, er den ikke altid en fordel set fra et fugt teknisk 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

Gasfyldte ruders lyd isolation forringes væsentligt ved punktering

Luftspalter mellem ramme og karm

Tætningslister

Slangelister af gummi

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 diameter 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 tætslutende geringssamlinger. Lister bør monteres således, at aktivering sker mellem to flader og ikke mellem en flade og en rammekant.

Brugen af V-formede gummitætningslister, også kaldet læbelisten, mellem vinduesramme og anslag i fals vil kræve enten uddybning af vinduets fals eller udfræsning i vinduesrammen. Alligevel kan det være vanskeligt at opnå en effektiv og varig tætning i vinduets hængselside, fordi åbning og lukning af vinduesrammer i længden ødelægger tætningslisterne.

Tætningslisterne, der monteres med læberne mod den udvendige side, foretrækkes ved varmeisolering til at reducere varmetabet gennem fugerne, og de har den fordel frem for slangelister, at der ikke kræves en væsentlig forøget kraft til at lukke vinduet. Omvendt er slangelisterne med hensyn til tæthed neutrale over for trykretningen, mens læbelisterne er mest effektive ved overtryk ved vinduets udvendige side.

Ved lyd isolation foretrækkes tætningslister, der sikrer tæthed uafhængigt af, om differensen mellem trykkene ved vinduets yder- og inderside er positiv, nul eller negativ. Desuden er det ønskeligt, at tætningen placeres så nær vinduets yderside som muligt, men det er normalt uforeneligt med hensynet til fugt, idet kondensrisikoen øges, når tætningsplanet flyttes mod ydersiden af vinduet. Derfor må hensynet til lyd isolationen vige for hensynet til fugtsikring.

Tæthed mellem karm og væg

Karmfuger

Gennem fugerne mellem vindueskarm og væg, karmfugerne, sker ofte en væsentlig lyd transmission. Karmfuger bør imidlertid være så tætte, at lyd transmissionen gennem dem bliver ubetydelig i forhold til transmissionen gennem ruderne.

Fugebredde

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 jævnt og tæt med mineraluld og forsegles med fugemasse. Ved stopningen bør mineralulden komprimeres to til tre gange svarende til en densitet på 50–80 kg/m³. Af fugttechniske årsager bør en fugeforsegling ske ved vinduets indvendige side, eksempler er vist i figurerne 4.4b og 4.4d.

Fugeforsegling ved vinduers udvendige side bør undgås

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, men kun hvor ydervæggen består af murværk af normalbrændte sten. Det må fra et lydteknisk synspunkt anses for bedre at undlade en sådan udvendig fugeforsegling og i stedet stille større krav til stopningsudførelsen, se ovenfor. 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.

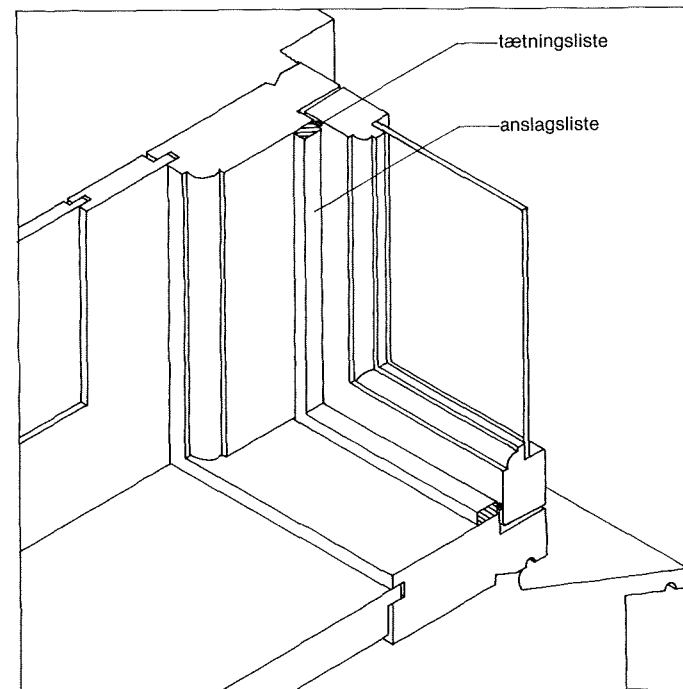
Fugeforsegling ved sålbænke

Ved underkarmen er det i reglen vanskeligt at opnå en tilfredsstillende tæthed uden ændring af sålbænken. I figur 4.4d er vist en indvendig fugeforsegling ved en skifersålbænk, og der er samtidig vist varmeisolering af vinduesbrystningen. I figur 4.4e 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 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 oliemalede.

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 ruder



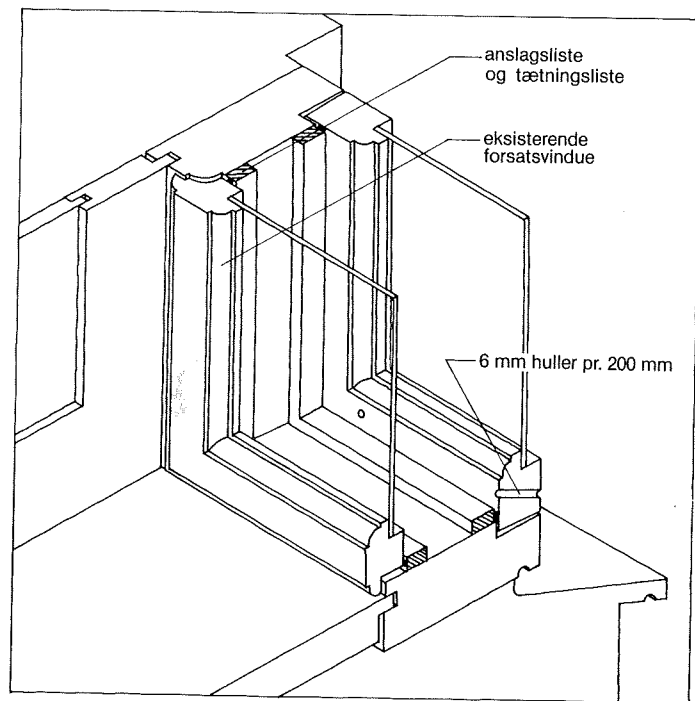
Figur 4.5. Genoprettet vindue forsynet med effektive tætningslister langs rammerne, her vist i form af kombinerede anslags- og tætningslister, der er limet og skruet på karmen.

Tætningslister

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 lukkende 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 4.5, er udgangspunktet for alle de i det følgende nævnte forbedringer af eksisterende vinduer, hvor vinduesrammerne bevares.



Figur 4.6. Genoprettet vindue med forsatsruder og effektive, kombinerede anslags- og tætningslister, der er limet og skruet på karmen. Udluftningshuller i underramstykket modvirker kondensdannelse på vinduesruden.

Vinduer med koblede rammer

Koblede rammer adskilles og genoprettes som ovenfor nævnt. Der indlægges mellem de koblede rammer en let sammentrykkelig 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.

Vinduer med forsatsrammer

Forsatsrammer forsynes med anslagstætningslister ligesom de udvendige rammer, se figur 4.6. 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.

Isolationsværdier for vinduer er anført i tabel 4.4.

Vinduesopbygning	Figur	Glasafstand, mm				
		under 25	ca. 60	ca. 120	ca. 200	over 300
Vindue før genopretning	4.4a	15-20				
Vindue efter genopretning	4.5	25				
Genoprettede vinduer med forsatsruder:						
I koblede rammer			30			
I forsatsrammer fastgjort på vindueskarm	4.6			35	-	-
I plastrammer	4.7, 4.8		30	35	35	
I forsatsrammer i karm med eller uden fals	4.9			35	35	35-40
Genoprettede vinduer med forsatsvinduer:						
Isat termoruder	4.10 ¹⁾			40	40	45
Isat termolydruder	4.10 ¹⁾			40	45	45-50
Genoprettede vinduer isat nye rammer:						
Enkeltrammer med termoruder		30				
Enkeltrammer med termolydruder	4.11	35-40 ²⁾				
Koblede rammer med enkeltruder eller med enkeltrude plus termorude			30			

¹⁾ Eventuel lydabsorberende beklædning kan forøge den anførte lydisolation med 1-5 dB.

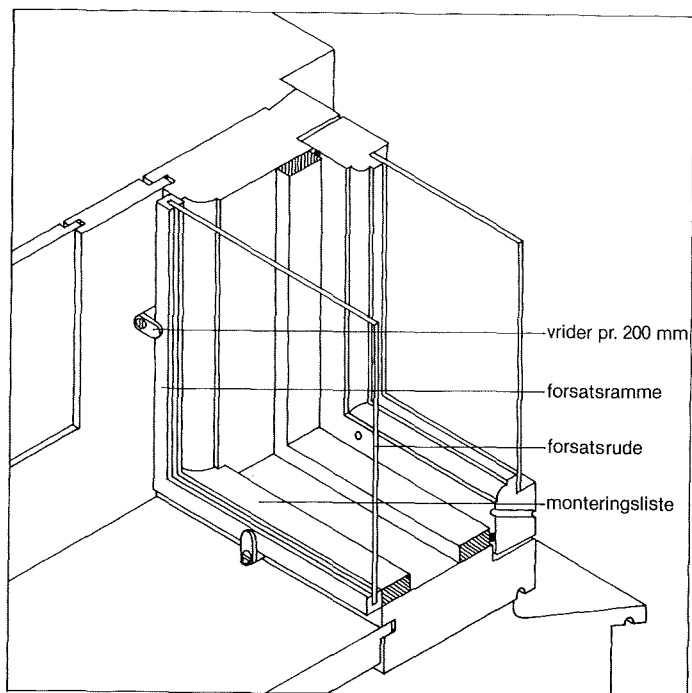
²⁾ Generelt er det nødvendigt at anvende dobbelte ruder i et tokarmsystem for at opnå isolationsværdier over 40 dB.

Tabel 4.4. Forventet lydisolation R'_w for forskellige vinduesudførelser.

Forbedring af vinduer

Forsatsvinduer

Vinduers lydisolering kan forbedres ved opsætning af forsatsvinduer. I ældre bygningers relativt tykke ydervægge er der god plads til forsatsvinduer, og opsætningen er et forholdsvis 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



Figur 4.7. 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 lydisoleringen. Både tætningsliste ved vinduesramme og ventilationshuller til glasmellemrum er nødvendige ved anvendelse af koblede rammer.

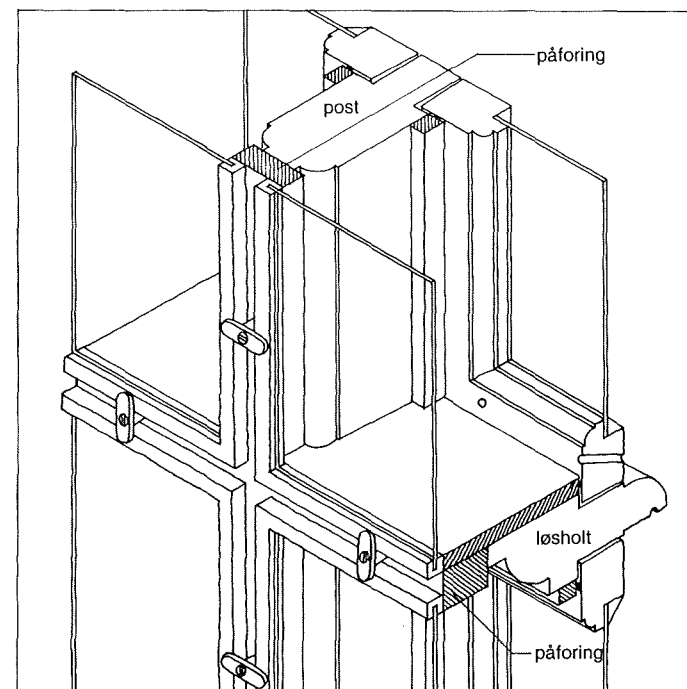
lavfrekvent støj. Da forsatsvinder af lydtekniske grunde skal være helt tætte, vil skyderammer kun undtagelsesvis være egnede til lydisolering af eksisterende vinduer. Generelt bør mindst én ramme i et vindue let kunne åbnes.

Forsatsruder med plastrammer

De billigste typer af forsatsvinduer er ruder i plastrammer. Hvis sådanne opsættes direkte på vinduesrammerne, giver det en forøgelse af varmeisoleringen, men ingen væsentlig forøgelse af lydisoleringen. Ruder af lamineret glas kan dog forøge lydisoleringen. Der opnås større lydisolering, hvis forsatsruderne anbringes på karmens inderside, se figur 4.7, men en opsætning med oplukkelige og tætte rammer er absolut at foretrække.

Fastgørelse af plastrammer på karm kan kræve påforing

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 påforing



Figur 4.8. Genoprettet vindue med påforinger på post og løsholt (tværpost) som underlag for forsatsruder i plastrammer.

foringer, hvis de har mindre dybde end sidekarmstykket, således at der kan opsættes en rude for hver vinduesramme, se figur 4.8. Større ruder i plastrammer 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 hængselsbeslag. 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 det følgende forsatskarme. For at opnå en god lydisolations 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.

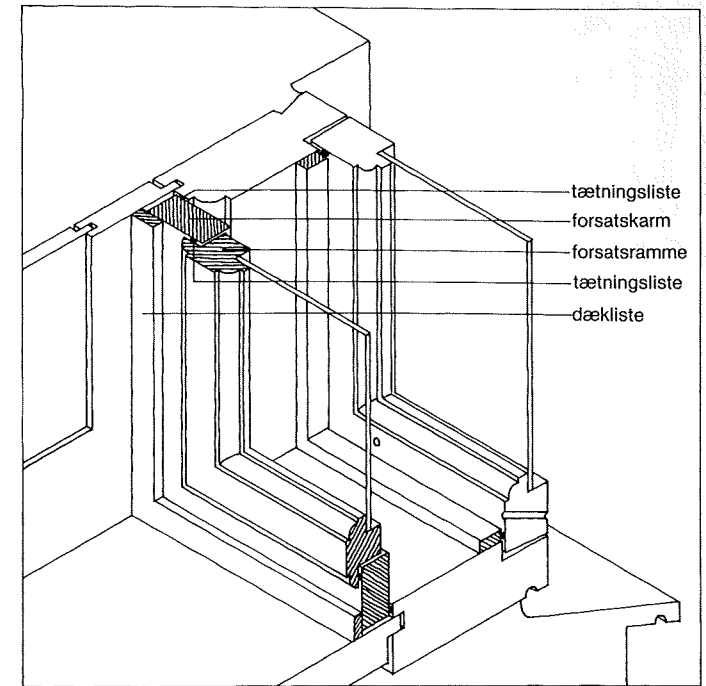
Fals – overfals

Forsatsrammerne kan have enkeltruder eller termoruder. Normalt udføres forsatsrammerne med overfals og forsatskarmene uden fals, se figur 4.9a. Men en bedre tætning mellem ramme og karm opnås med både karmfals og overfals, se figur 4.9b og c, der altid vil være nødvendige for forsatsvinduer med lydruder, uanset om disse er udført som enkeltruder af lamineret glas eller som termoruder.

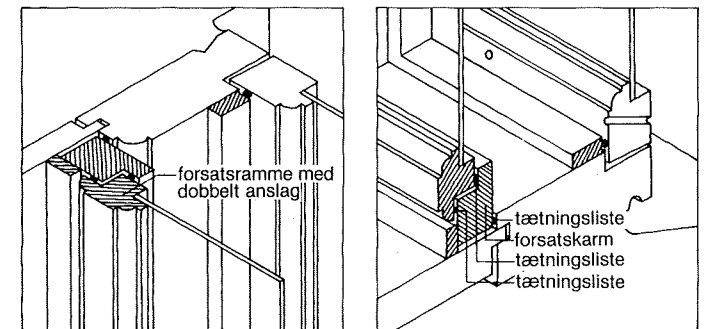
Fastgørelse af forsatskarme

Forsatskarme kan placeres mod vindueskarmene og fastgøres i disse. Tætningen kan udføres enten med en tætningsliste mellem de to karme, se figur 4.9b og c, eller ved hjælp af fugemasse mellem forsatskarm og lysningspaneler. Forsatskarme kan dog også placeres med en vis afstand til vindueskarmen.

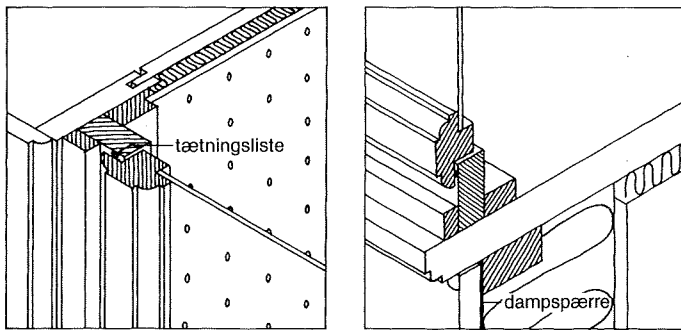
Forsatskarme med ringe dybde, dvs. med karmtræ i tykkelsen på 25–30 mm, fastgøres normalt til monteringslister på



Figur 4.9a. 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 4.9b og c. Forsatskarm, hvor karmen er falset og rammen overfals. Der er monteret tætningslister i både fals og overfals.



Figur 4.9d 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.

lysningspanel eller murfals. Tætningen kan udføres enten ved tætning af fugen omkring forsatskarmen eller med tætningsliste mellem forsatskarm og monteringslister, se figur 4.9d og e. Brugen af sidstnævnte tætning forudsætter, at der også er tætnet mellem monteringslister og panel eller murfals.

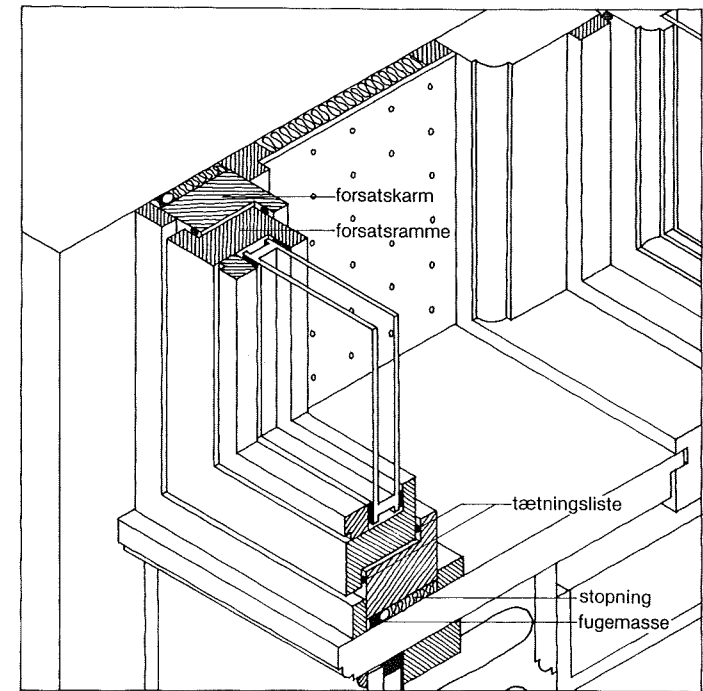
Forsatskarne med større dybde kan fastgøres i panel eller fals, og karmen kan indsættes med karmfuge, som stoppes og forsegles med fugemasse, se figur 4.10.

Hvor en forsatskarm anbringes nær ydervæggens indvendige side og fastgøres til murfalsen, kan forsatsvinduet lyd-isolation forøges lidt ved yderligere at anbringe en lydabsorberende belædning 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 4.9d og 4.10. I hulrummet bag den perforerede plade kan anbringes mineraluld. Beklædningen opsættes på vindueslysningen både på siderne og foroven.

I tilfælde, hvor der anvendes forsatsvinduer med termolydruder, er lydtransmissionen fra hulrummet mellem vindue og forsatsvindue via lysningspanelerne i reglen for stor, hvorfor en lydisolierende 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, der er vist i figur 4.10, dog uden perforering.

Lydabsorberende beklædning i vindueslysninger

Lydisolerende beklædning i vindueslysninger



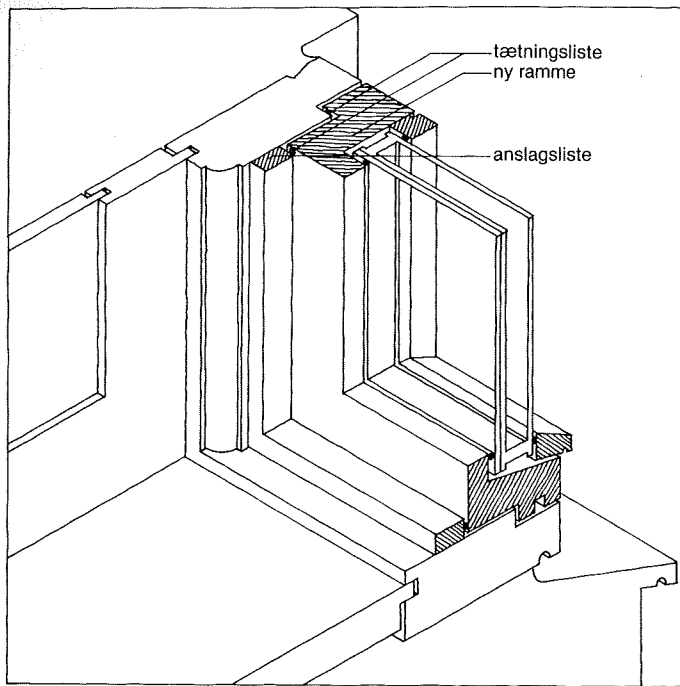
Figur 4.10. Forsatskarm med fals, overfalsede rammer og tætningslister i både fals og overfals. Forsatskarmen er monteret i stor afstand fra karmen i et vindue med pudset murfals. Fugen mellem karm og væg er lukket med mineraluld, bundstop og fugemasse. Murfalsen mellem forsatskarm og vindueskarm er dækket med lydabsorberende beklædning.

Udskiftning af vinduesrammer

Nye rammer med termolydruder

Tætningslister i to false kan skabe fugtproblemer

Vinduers lyd-isolation kan også forbedres ved, at rammerne udskiftes med nye 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 4.11. 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 hul-



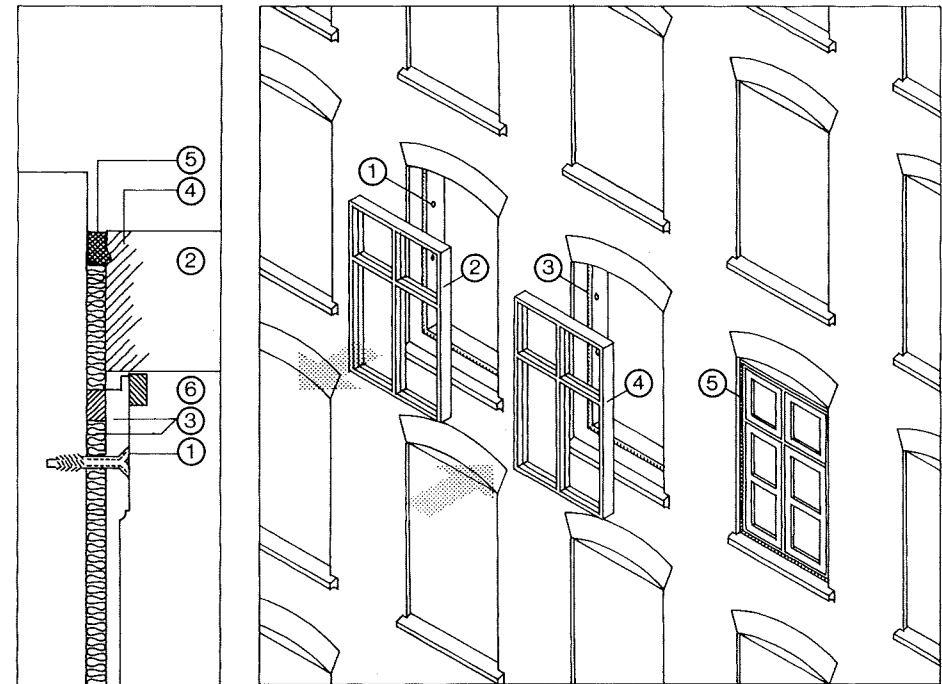
Figur 4.11. Vindue forsynet med nye rammer og med termolydruder. Tætningslister såvel i den oprindelige fals som ved anlagslisterne ville være lydteknisk ønskelige, men af hensyn til risikoen for kondensdannelser er der ingen tætningslister i karmunderstykkets fals.

rummet 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 udspæringer i tætningslisten. Sidstnævnte forudsætter dog, at der ikke opstår vandtryk på den udvendige side af tætningslisten. Risikoen herfor kan nedsættes ved at forsyne underramstykket med en not i undersiden. Isolationsværdier for vinduer er anført i tabel 4.4.

Udskiftning af vinduer

Termoruder forbedrer ikke lydisolationen

Ved valg af vinduer bør der tages hensyn til det udendørs støjniveau, se tabel 4.1, og det bør erindres, at termoruder ikke i væsentlig grad forbedrer lydisolationen i forhold til enkelt-



Figur 4.12. 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 eventuel 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 densitet på 50–80 kg/m³ og fuges med mørtel.
6. Tilslutningen mellem karm og lysningspanel, henholdsvis vinduesplade, forsynes med dækliste.

ruder med samme masse pr. arealenhed. Data vedrørende nye vinduers lydisolations bør forlanges dokumenteret af fabrikant eller forhandler.

DS-mærkede vinduer

Der bør anvendes vinduer, som er certificerede i henhold til DS 1084, eller hvis lydisolations ved måling i laboratorium opfylder betingelserne for certificering. I standarden inddeles vinduers lydisolations i mærkningsklasser svarende til de i tabel 4.1 anførte isolationsværdier.

Indsætning skal ske i henhold til fabrikantens vejledning

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

Vinduer med adskilte karme

Ønskes der større lydisolations R'_{w} , end ca. 45 dB, må det påregnes, at der skal anvendes vinduer i adskilte karme.

Bevaring af lysningspanel ved vinduesudskiftning

Ønskes eventuelle lysningspaneler og vinduesplader bevaret, men vinduet udskiftet, kan det fx ske som skitseret i figur 4.12. Det må dog betegnes som en ulempe ved den skitserede løsning, at fugeforseglingen ikke kan etableres ved vinduets indvendige side.

Tag

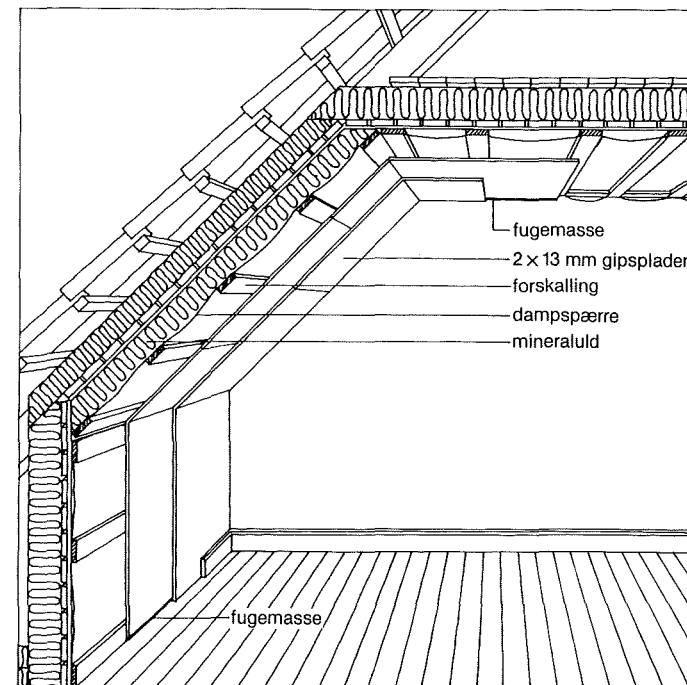
Tages lydisolations er generelt dårlig

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 lydisolations, og det vil ikke være lønsomt at forøge denne lydisolations med mindre der skal indrettes beboelse i tagetagen.

I ældre bygninger med udnyttede tagetager, se figur 1.1., 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 ud fra statiske og fugttechniske synspunkter, udføres varme- og lydisolations lettest ved hjælp af en indvendig pladebeklædt forsatskonstruktion på skråvæggene, mens skunkvæggene og loftet kan pladebeklædes på afretningslister, og isolerings-

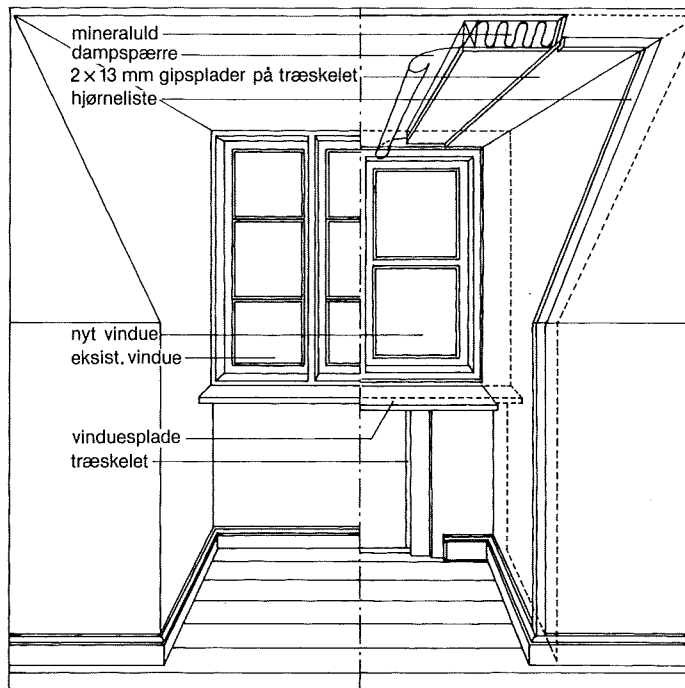
Kombineret varme-, fugt- og lydisolations



Figur 4.13. 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 varmeisolations lægges i skunkrummet og på loftet.

materiale kan anbringes i tagrum og skunkrum, se figur 4.13. Lydisolations R'_{w} kan dermed forventes at blive 40–45 dB. For at opnå denne lydisolations er det dog nødvendigt, at også kvistflunkerne isoleres, se figur 4.14. Ved udskiftning af vinduer i tagetager betaler det sig ikke at stille krav om større lydisolations for vinduerne end for taget.

Den nødvendige isolation mod trafikstøj til sikring af et tilfredsstillende indendørs støjniveau findes skitseret i tabel 4.1. 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.



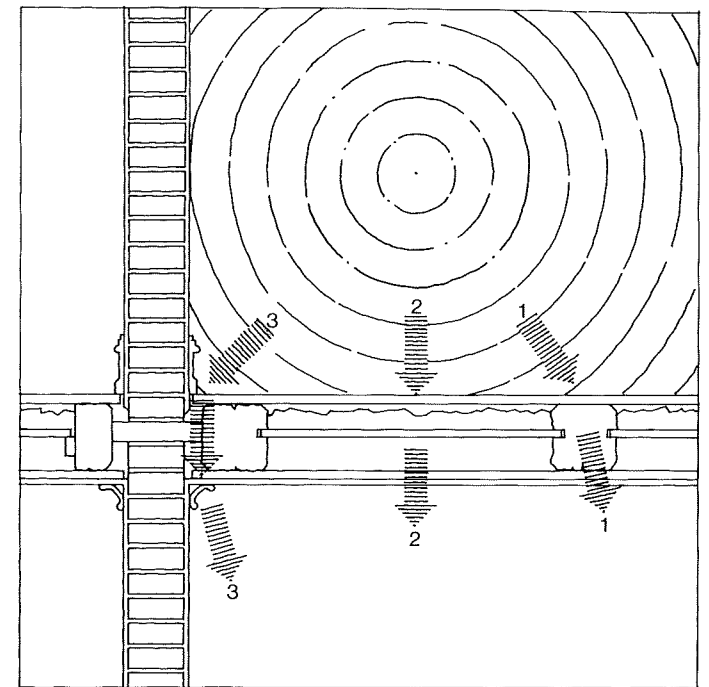
Figur 4.14. Forbedring af en kvist uden zinkinddækning. Det eksisterende 3-fags vindue udskiftes med et nyt 2-fags vindue med mindre bredde og højde. Mellerummet mellem den nye karm og kvistkarmen er ved siderne og foroven dækket ud- og indvendigt med plade, og hulrummet er udfyldt med mineraluld. Flunker, kvist, loft og brytning 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.

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.



Figur 4.15. 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.

Træbjælkelag

Veje for lydets transmission

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 4.15 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 af vejene 2 og 3.

En eventuel lydtransmission ad vej 3 kan reduceres tilstrækkeligt ved passende tætningsforanstaltninger. Hvis der er utætheder mellem gulvbrædderne, i indskudslaget eller i loft-

Etageadskillelser uden indskudsæk

pudsens, sker lydtransmissionen fortrinsvis ad vej 2. Den kan da reduceres ved tætning af gulv og loftspuds, men etageadskillelsens lydisolations kan ikke blive større end den lyd-dæmpning, der sker via lydtransmissionsvej 1, medmindre der sker en væsentlig lydteknisk ændring af etageadskillelsen. For etageadskillelser uden indskudsdek må der regnes med, at lydisolations er mindst en isolationsværdi ringere end anført i tabellerne 4.5-4.7.

I beboelsesbygninger giver træetageadskillelser hyppigere anledning til mærkbare vibrationer end betonetageadskillelser. Ifølge Miljøstyrelsens vejledninger bør vibrationer frembragt af trafik ikke overstige 75 dB. Vibrationer frembragt ved påvirkninger fra aktivitet i bygningen kan imidlertid blive betydelig kraftigere end normalt forekommende fra trafik. Vibrationer skal ifølge vejledningen angives ved det KB-vægtede RMS accelerationssignal, det vil sige, accelerationsniveauet frekvensvægtet med et såkaldt KB-filter, hvorved det frekvensafhængige accelerationsniveau fremkommer som en entalsværdi.

Genopretning

Genopretningen af en etageadskillelse betyder i de fleste tilfælde afretning af gulve og reparation af lofter. Herved forbedres etageadskillelsens lydisolations 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 herunder gulvets og loftets udførelse og tilstand, samt af hensynet til eventuelle loftsgesimser og -friser, væg- og fodpaneler, døre og dørfløjens frigang over gulve mv. En utilstrækkelig frihøjde vil altid nedsætte frihedsgraden for udførelsesmulighederne.

Forbedring

Brandhensyn

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^3 hulrum. Brændbart isoleringsmateriale regnes som hulrum.

Svømmende gulve kan give problemer ved døre og trapper

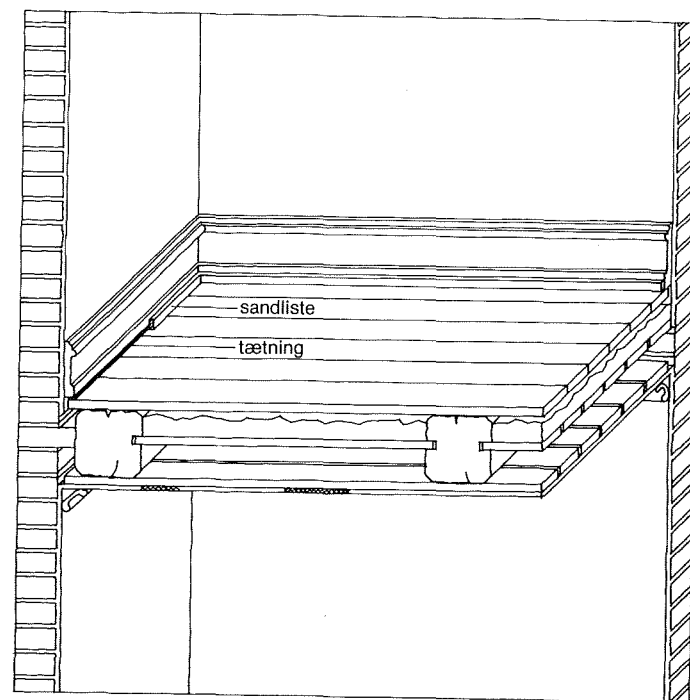
Nogle af de forbedringsarbejder, der omtales i det følgende, kan udføres uden ændring af dørene. Hvor dørfløjens frigang over gulvene ikke er tilstrækkelig, må dørfløjene afkortes for neden, og karmunderstykkerne påføres eller hæves tilsvarende. Hvor en etageadskillelse lydæssigt forbedres ved hjælp af et svømmende gulv med stor konstruktionshøjde, må dørene ofte udtages og overkanten i dørhullerne hæves. Hvor eksis-

terende 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.

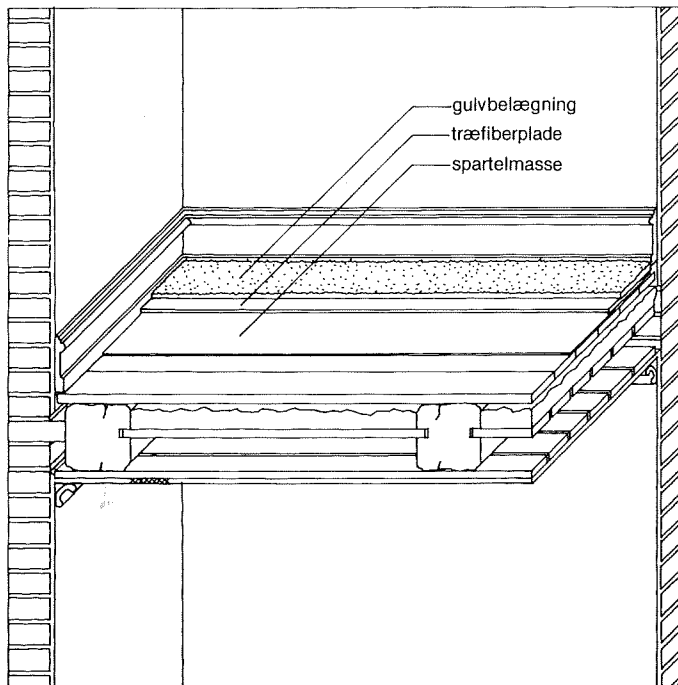
Genopretning af etageadskillelse med træbjælkelag

Genopretning af træetageadskillelser omfatter generelt opretning af gulvet og reparation af loftet. I de fleste tilfælde sker dette ved, at gulvene afhøvles og loftspudsens repareres eller erstattes med en pladebeklædning, se figur 4.16. 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 tages af, kan

Tætning langs fodpaneler



Figur 4.16. Træetageadskillelse, der er genoprettet ved reparation af loftspudsens, afhøvling af gulvet, fornyelse af sandlister og tætning under fodpanelet.



Figur 4.17. Træetageadskillelse, der er genoprettet ved reparation af loftspudsen, aftagning af sandlister, tætning under fodpaneler, udspartling af gulvet og udlægning af tynde træfiberplader som underlag for en gulvbelægning.

hulrum mellem vægge og bjælker ofte tættes ved stopning med mineraluld.

Genopretningen af et gulv kan også ske ved, at det afhøvles og/eller spartles og belægges med 3–6 mm træfiberplader og linoleum, vinyl eller lignende, se figur 4.17. Derved kan lydisolationen som regel komme op på samme niveau som på ibrugtagningstidspunktet, men der fås ingen væsentlig forbedring i forhold hertil. Anvendes tæppebelægninger eller tynde belægninger med bløde underlag, fx vinyl med skumplastunderlag, vil trinlydniveauet blive reduceret, men luftlydisolationen vil ikke blive forbedret derved.

Isolationsværdier for genoprettede træetageadskillelser er anført i tabel 4.5.

Tynde belægninger på oprettede gulve

Etageadskillelsens opbygning: Træbjælkelag med lerindskud, gulv, forskalling og loftspuds	Figur	Luftlydisolation, R'_w dB	Trinlydniveau $L'_{n,w}$ dB
Før genopretning	ikke vist	45–50	63–75
Genopretning:			
Gulv tætnet langs fodpanel, loftspuds repareret (eller pladebeklædt)			
Gulv afhøvlet	4.16	48	70
Gulv spartlet og belagt med plader, linoleum el. lign.	ikke vist	48	70
Gulv spartlet og belagt med plader og tæpper eller vinyl med blødt underlag el. lign.	4.17	48	65
Forbedring af genoprettet etageadskillelse med svømmende gulv:			
Trægulv på strøer på brikker af blød plade, mineraluld mellem strøer	4.18	53 (48)	63
Tynd belægning på trykfordelende plade på mineraluld	4.19	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	4.20	53 (48)	58
Underloft af træskelet med dobbelt gipspladebeklædning og mineraluld i mellemrummet. Afstand mellem loftspuds og pladebeklædning minimum ca. 0,15 m	4.21	53 (48)	58

Tabel 4.5. 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.

Forbedring af etageadskillelse med træbjælkelag

Træetageadskillelsers lydisolations kan forbedres på mange forskellige måder. Af de følgende eksempler kan nogle anvendes næsten generelt, andre kun når særlige omstændigheder taler derfor, fx hvor etageadskillelsers gulve aftages eller lofter nedtages for at undersøge og eventuelt udbedre bjælkelagets tilstand, eller hvor gulve omlægges eller fornyes. Hvor der anvises svømmende gulve på mineraluld forudsættes benyttet mineraluld, som kan tåle en belastning svarende til den maksimale nyttelast. For gulve på strøer i boliger svarer denne til ca. 15 kPa. Isolationsværdier for forbedrede træetageadskillelser er anført i tabellerne 4.5-4.7.

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	4.22	53 (48)	58
Gulv taget op, indskud fjernet.			
Trægulv på strøer på to lag gipsplader på mineraluld på indskudsdæk	4.23	53 (48)	58
Indskud erstattet med gipsplade, mineraluld og to gipsplader.			
Gulv på strøer på brikker af blød plade	4.24	53 (48)	63
Gulv genudlagt på bjælkelaget	ikke vist	51 (48)	65
Forbedring af træbjælkelag med lerindskud, genoprettet gulv og med nedtaget loftsforforskalling:			
Underloft med dobbelt gipspladebeklædning opsat på et selvstændigt bjælkelag. I mellemrummet 100 mm mineraluld med ringe sammentrykkelighed	4.25	53	58

Tabel 4.6. 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.

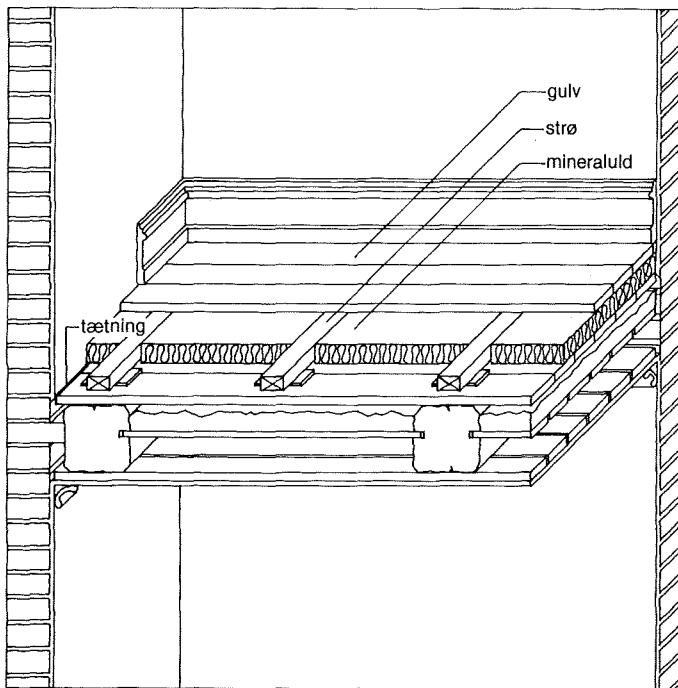
Etageadskillelse	Figur	Luftlydisolation, R'_w dB	Trinlydniveau $L'_{n,w}$ dB
Forbedring af genoprettet etageadskillelse med underloft. Flankerende vægge forsynet med forsatsvægge:			
Underloft som vist i figur 4.25 med beklædning af tre lag gipsplader og i mellemrummet 150 mm mineraluld med ringe sammentrykkelighed	ikke vist	over 60	under 48
Underloft med ophæng som i figur 4.20 og 4.21 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	4.26	53	58
Plankegulv afrettet og forsynet med svømmende pladegulv på 50 mm mineraluld	ikke vist	51	63

Tabel 4.7. Forventet lydisolations og trinlydniveau ved forbedring af træetageadskillelse og flankerende vægge med henholdsvis underloft og forsatsvægge og ved forbedring af træbjælkelag med plankegulv.

Lydisolering af gulve

Træetageadskillelsers lydisolations kan forbedres relativt 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

Tynde belægninger

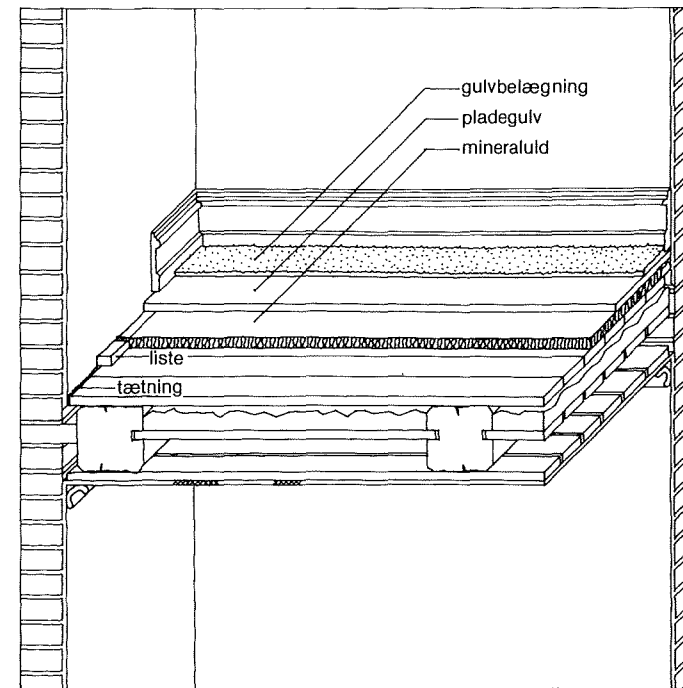


Figur 4.18. Genoprettet træetageadskillelse, der er forbedret med et trægulv på strøer, som hviler på brikker af blødt træfiberplade på det eksisterende gulv.

på et elastisk underlag, fx tynde parketbelægninger på lyd-dæmpende underlag. Sådanne løsninger vil i reglen kunne anvendes, uden at der opstår komplikationer ved dørene.

Svømmende gulve

En større isolation mod både luft- og trinlyd kan opnås ved hjælp af svømmende trægulve udlagt på genoprettede gulve, det vil sige tættnede, 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 4.18, eller et gulv af tynd belægning (vinyl, linoleum el. lign.) på bøjningsstive trykfordelende 22 mm spånplader, der hviler på 25–30 mm mineraluld, se figur 4.19. For at undgå uacceptable deformationer af gulvet ved en eventuel overbelastning af mineralulden langs rummets vægge, fx forårsaget af en bogreol med last, bør der anbringes lægter langs væggene med en tyk-



Figur 4.19. Genoprettet træetageadskillelse, 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.

Mineraluld har ikke lineære fjederegenskaber

kelse, der er ca. 15 pct. tyndere end den nominelle tykkelse af mineraluldslaget under gulvet. Over lægter udlægges strimler af 20 mm let sammentrykkelig mineraluld. Sammentrykning af mineraluldslaget ved den aktuelle nyttelast må ikke overstige 10 pct. af lagets nominelle tykkelse.

Isolationsværdierne for genoprettede etageadskillelser med nye svømmende gulve er anført i tabel 4.5.

I praksis vil foranstaltninger, der indebærer, at gulvet hæves, medføre problemer ved døre og trappereposer. Sætninger 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 lydisolationsend anført i tabel 4.5.

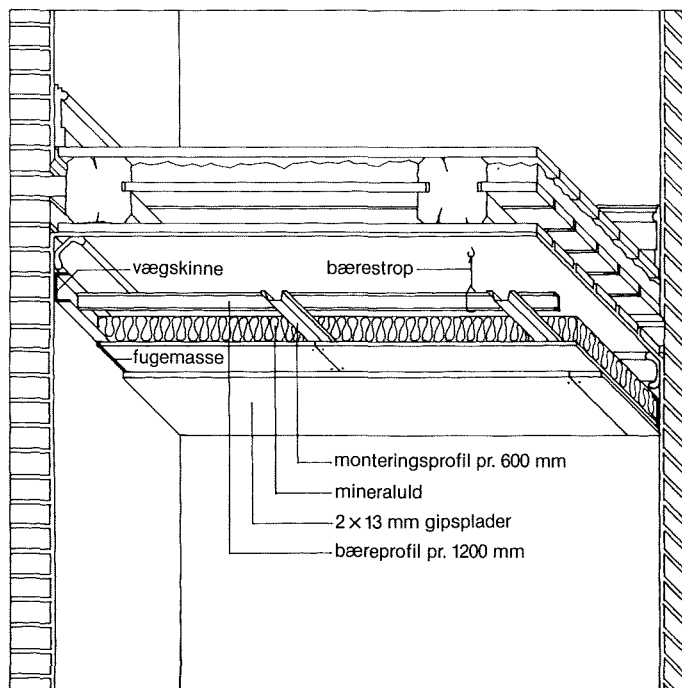
Lydisolering af lofter

Isoleringsmuligheden afhænger af rumhøjden

Lydisolering ved opsætning af et underloft er en relativ enkel foranstaltning til forbedring af træetageadskillelsers lydisolation, men den kræver, at rumhøjden er tilstrækkelig stor. Loftspudsen er på grund af bristede bærepråde 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 lydisolation.

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



Figur 4.20. Genoprettet træetageadskillelse, der er forbedret ved hjælp af et nyt underloft bestående af et pladebeklædt nedhængt stålskelet.

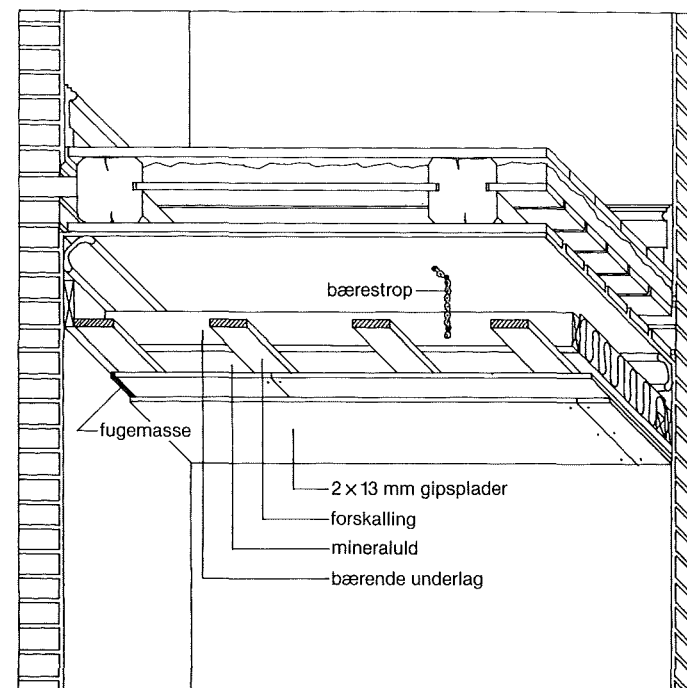
I underlofts-hulrum indlægges mineraluld

opnås også bedre isolation mod både luft- og trinlyd, se figur 4.20 og 4.21. I hulrummet mellem loft og underloft skal af lydtekniske hensyn indlægges mindst 50 mm mineraluld med en luftstrømningsmodstand større end $7 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, når andet ikke er anvist.

Afhængig af hulrummets størrelse kan brandhensyn medføre krav om hulrumsopdeling eller yderligere udfyldning med ubrændbart isoleringsmateriale.

En forsatsbeklædning kan forøge en etageadskillelses lydisolation 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 forbindelsen er, jo større er muligheden for en mærkbar forbedring, se SBI-rapport 188: »Lydisolation mellem boliger«.

Isolationsværdier for etageadskillelser er anført i tabel 4.5.

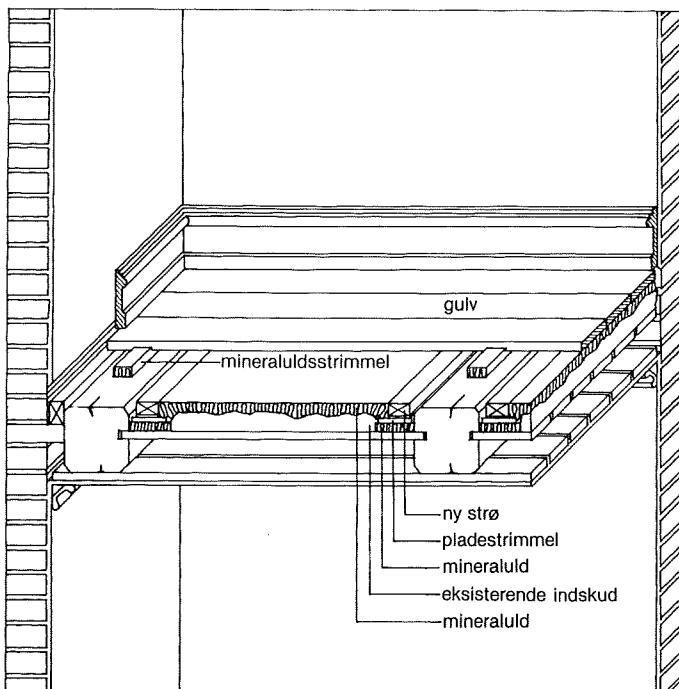


Figur 4.21. Genoprettet træetageadskillelse, der er forbedret ved hjælp af et nyt underloft bestående af et pladebeklædt nedhængt træskelet.

Lydisolering af 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 lydisolation. Den mindre masse betyder samtidig, at etageadskillelsen med en given bevægelig belastning får større udsvingningsamplituder (vibrationer). Den psykologiske virkning heraf kan føre til en negativ vurdering af isoleringsforanstaltningerne.

Virkning af reduceret egenvægt for etageadskillelser

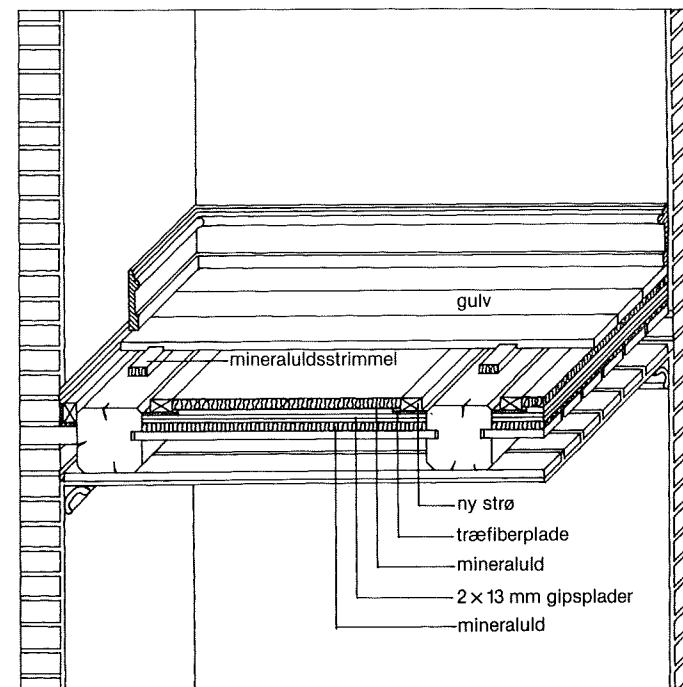


Figur 4.22. Træetageadskillelse med genoprettet loftspuds og nyt eller omlagt gulv på strøer. Strøerne er klodset op på brikker af hård træfiberplade, der hviler på ca. 25 mm tykke strimler af spånplade eller krydsfiner lagt på ca. 20 mm tykke mineraluldstrimler, der ligger på indskudsdekke langs bjælkerne. Mellem bjælker og gulv og mellem indskud og gulv er udlagt mineraluld. Gulvbrædderne må kun sømnes til de nye strøer, ikke til bjælkerne. Mineraluldstrimlerne mellem bjælker og gulvbrædder og mellem indskudsdek og trykfordelende pladestrimmel under strøer skal have tilstrækkelig dynamisk stivhed.

Hel eller delvis udtagning af indskud

Fjernes indskuddet kun delvist, kan en forbedring af etageadskillelsens lydisolation 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 tilstrækkelig dynamisk stivhed, det vil sige, at mineralulden kan belastes med den aktuelle nyttelast uden at sammentrykkes mere end 10 pct. af sin nominelle tykkelse, således at underlaget bevarer sin elasticitet.

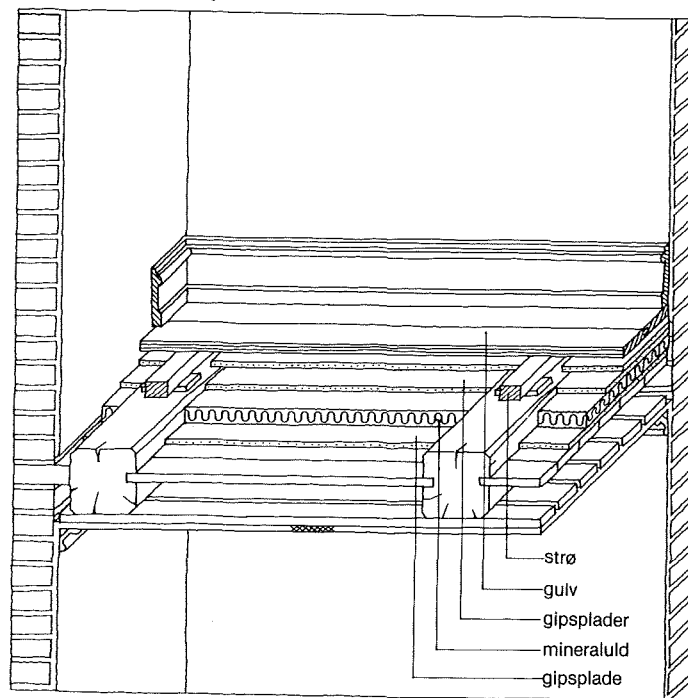
Fjernes indskuddet helt, kan lydisolationen forbedres ved



Figur 4.23. 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 indskudsdek og trykfordelende pladestrimmel under strøer skal anvendes mineraluld med tilstrækkelig dynamisk stivhed. Gulvbrædderne må kun sømnes til strøerne, ikke til bjælkerne.

at udlægge ca. 20 mm mineraluld på indskudsdækket som underlag for to lag gipsplader, hvorpå et svømmende gulv med strøer kan opklodses på strimler af hård fiberplade, se figur 4.23. Mellem strøerne bør udlægges yderligere et lag mineraluld med gipsplader over. Gipspladernes masse reducerer i nogen grad den negative virkning af at fjerne lerindskuddet.

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 med en luftstrømningsmodstand større end $7 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$ og gipsplader, se figur 4.24. En



Figur 4.24. Træetageadskillelse med genoprettet loftspuds og med nyt eller omlagt gulv på strøer. Strøerne er opklodset på brikker af blød træfiberplade placeret på bjælkerne. På indskudsdækket er i rækkefølge udlagt et lag gipsplader, 50 mm mineraluld med tilstrækkelig dynamisk stivhed og to lag gipsplader.

Svømmende gulve giver øget gulvhøjde

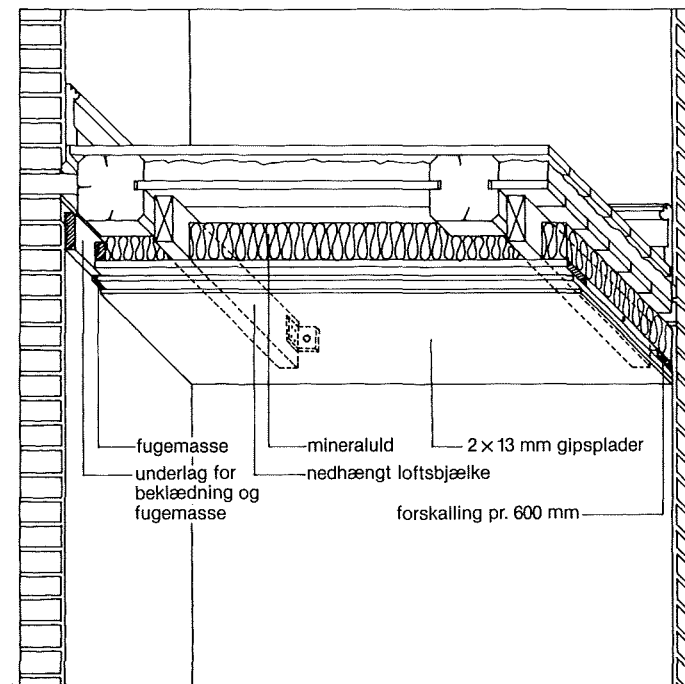
god lydisolations forudsætter, at pladerne slutter tæt mod bjælkerne. Gipspladerne giver et bidrag til etageadskillelsens masse og reducerer herved den ugunstige vibrationsmæssige virkning, som reduktionen af etageadskillelsens masse ved borttagning af lerindskuddet ellers ville medføre.

Isolationsværdier for etageadskillelserne er anført i tabel 4.6.

Lydisolation under bjælkelag

Hvis forskallingen under bjælkelaget skal tages ned, kan etageadskillelsens lydisolations forbedres ved opsætning af en ny selvstændig lofts konstruktion med eget bjælkelag, uden at etageadskillelsens tykkelse øges væsentligt mere end et op-

Frithængende underlofter



Figur 4.25. Træetageadskillelse med genoprettet gulv og ny uafhængig lofts konstruktion, der er underklædt med spredt forskalling og gipsplader.

hængt 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 kan udføres i forbindelse med opsætning af det første lag plader. I hulrummet anbringes mindst 50 mm mineraluld med en luftstrømningsmodstand større end $7 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, se figur 4.25.

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 4.23.

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

Isolationsværdier for etageadskillelserne er anført i tabellerne 4.6 og 4.7.

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 lydisolering. I alle tilfælde vil et nyt overgulv, der skal være svømmende, være nødvendigt for at opnå en lydisolering, som ligger i nærheden af 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 lydisolering, men et forslag hertil er vist i figur 4.26.

Ved ombygning af huse 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 en senere effektiv udførelse af tætningsforanstaltninger og derfor medføre, at den eneste mulighed, der står tilbage, er at forsyne tømmeret med lydisolierende 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 lang ydervæggene. Den opnåelige minimumstykkelse kan få indflydelse på valget af gulvbelægning.

Isolationsværdier for etageadskillelser er anført i tabel 4.7.

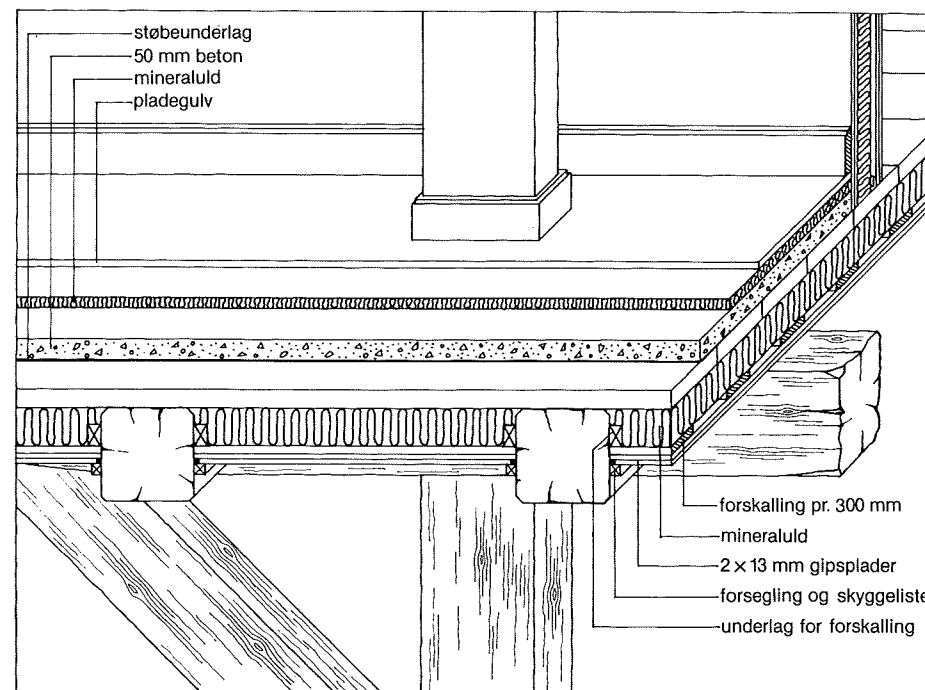
Fritliggende
loftskonstruk-
tioner

Synlige bjælker
kan give lyd-
problemer

Ændret brug af
pakhuse

Utætheder i
bjælker og søjler

Gulvkoten er
sjældent den
samme overalt
på samme etage



Figur 4.26. Forbedring af træetageadskillelse i ældre erhvervsbygning. Under plankegulvet indlægges 100 mm mineraluld, med luftstrømningsmodstand større end $7 \text{ kPa} \cdot \text{s/m}^2$, på forskalling og en 2-lags pladebeklædning. Et af pladelagene forseglles med fugemasse langs bjælkerne. Planketegulvet er afrettet med beton med en gennemsnitstykkelse af 50 mm. På afretningslaget er udlagt et svømmende pladegulv til belægning med tæppe, vinyl, linoleum eller tynd parket.

Forbedring af etageadskillelse med støbt dæk

Etageadskillelser med støbte dæk (massive betondæk eller hulstensdæk) fra tiden før 1950, se figur 4.27 og 4.28, 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 hulstendækkene generelt har for ringe lydisolation uanset dæktykkelsen, og at der i en del tilfælde tillige er anvendt tynde belægningslag uden væsentlig trinlyddæmpning, fx i linoleum på et afretningslag direkte på dækket eller trægulve på strøer uden bløde underlag. Efter ca. 1960 blev det almindeligt at anvende svømmende gulve.

Hvis en etageadskillelse med støbt dæk skal bringes til at opfylde kravene i BR-82, skal der i reglen ske både en nedsættelse af trinlydniveauet og en forøgelse af luftlydisolationen. Begge dele kan opnås ved hjælp af svømmende beton- eller trægulve. Men hvis ikke det nye svømmende gulv har mindre eller samme konstruktionstykkelser end det gulv, som fjernes, forøges gulvtykkelsen, og rumhøjden reduceres altså tilsvarende.

Det kan være vanskeligt at finde et svømmende gulv, der giver både tilstrækkelig tilskud til luftlydisolationen og samtidig reducerer trinlydniveauet tilstrækkeligt. Ofte kan det af belastningsmæssige grunde end ikke tillades at udlægge en betonafretning til forbedring af luftlydisolationen. Trinlydniveauet under et støbt dæk kan altid reduceres med en tæppebelægning.

En støbt etageadskillelser lydisolation kan også forbedres ved at forsyne gulvene med tæppebelægningslag og selve dækket med et underloft. Denne fremgangsmåde vil imidlertid kræve forholdsvis megen højde og kan kun bruges, hvis rumhøjden er tilstrækkelig stor. Det er dog muligt at opnå en rimelig forbedring af støbte dæks luftlydisolation ved i stedet for et underloft at anvende en beklædning direkte på loftet, se figurerne 4.2 og 4.3.

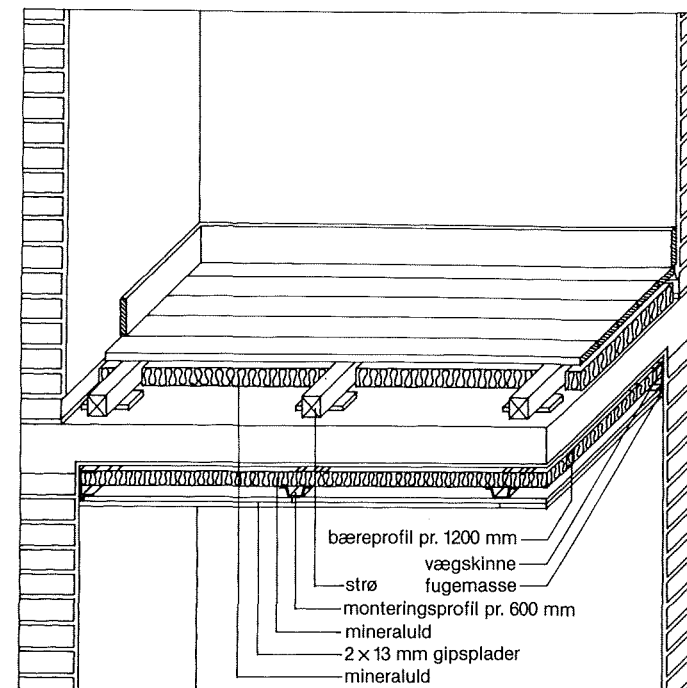
Isolationsværdier for etageadskillelser er anført i tabel 4.8.

Hulstendæk

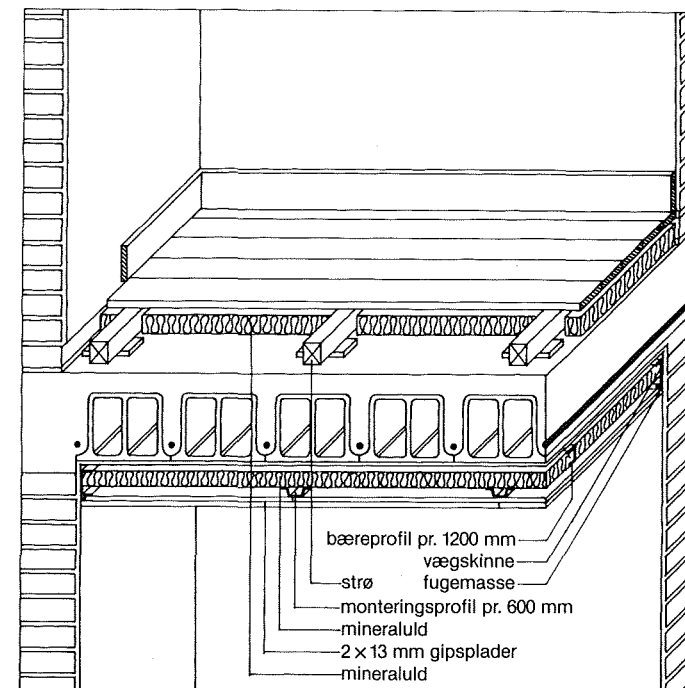
Svømmende gulve

Tæppebelægningslag og underlofter

Figur 4.27. Etageadskillelse med betondæk, der er forbedret med underloft og/eller nyt gulv.



Figur 4.28. Etageadskillelse med Røsel hulstendæk, der er forbedret med underloft og/eller nyt gulv.



	Gulvet		Trægulv på strøer		Betonaflretning						Svømmende betongulv med tynd belægning	
			uden bløde brikker	med bløde brikker	med linoleum	med korkfliser	tæppe					
	R'_w	$L'_{n,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$	R'_w	$L'_{n,w}$
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
Etageadskillelser med støbte dæk												
Massive dæk:												
90 mm beton	45	65	48	63	45	80	45	70	45	63	53	58
120 mm beton	48	65	51	63	48	80	48	65	48	63	53	58
150 mm beton	51	63	53	58	51	75	51	63	51	58	53	53
120 mm betondæk med forsatsbeklædning	51	63	53	58	51	70	51	63	51	58	-	-
90-120 mm betondæk med underloft	53	58	55	53	53	63	53	58	53	58	-	-
Hulstensdæk:												
Bauma												
Røseler												
Sperle	45	70	48	63	45	80	45	70	45	65	53	58
Hulstensdæk med underloft	51	63	53	58	51	70	51	63	51	58	-	-

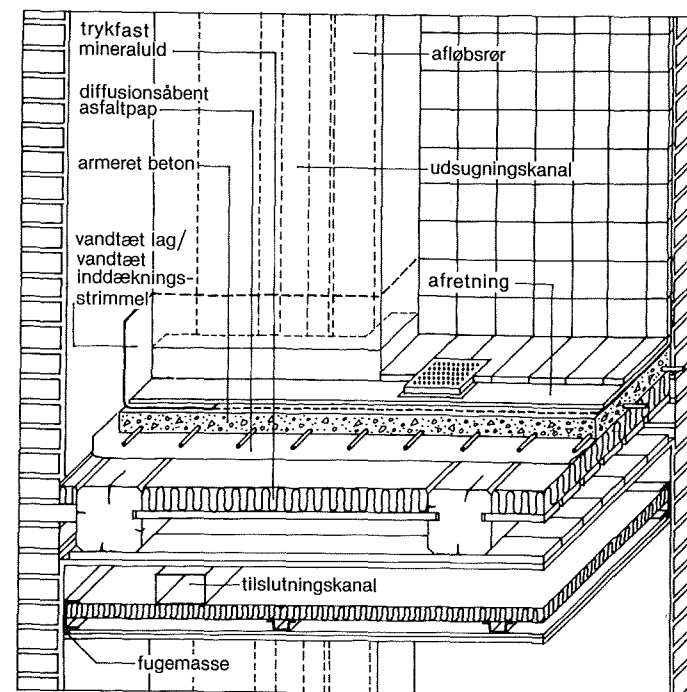
Tabel 4.8. Skønnet luftlydisolation og trinlydniveau for støbte etageadskillelser. I tilfælde, hvor der forekommer flankerende 1/2-stensvægge uden forsatsvæg, skønnes lydisolationen $R'_{n,w}$ maksimalt at være 48-51 dB.

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, jf. SBI-anvisning 169: »Gulve og vægge i vådrum – i nye boliger og ved renovering«. Der kan anvendes en tynd belægning, fx pvc på træundergulv, fliser klæbet på undergulv af træplader 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 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,

Træunderlag eller betonudstøbning

Rørgennemføringer skal tætnes



Figur 4.29. 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 ført synlige til bad, håndvask og toilet. Hverken etageadskillelsen under den diffusionsåbne pap eller underloftet må indeholde vandtætte lag.

og vandets transport gennem gulvafløb og rør kan give anledning til støj.

Et lydisolerende underloft, figur 4.29, reducerer installationsstøj og forøger lydisolationen.

I bygninger med støbte etageadskillelser vil installationerne i vådrummene i reglen være ret støjfrembringende, og gulvene har tillige en dårlig isolation mod trinlyd. Ved forbedring af installationerne kan det blive nødvendigt at ændre i rørføring, i installationskomponenterne og måske også i gulvkonstruk-

Støbte dæk

Svømmende gulve eller trinlyddæmpende belægninger

tionen. En isolering mod trinlyd kan opnås med tynde, trinlyddæmpende belægninger, og i de tilfælde, hvor der skal ske ombygninger eller fornyelse af installationerne, kan svømmende gulve af beton på egnet underlagsmateriale, fx 8 mm nålet geotekstil, være en løsningsmulighed.

Skillevægge

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 vægs 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 forsvindende og væggene helt tætte. Før en væg lydisoleres, må revnede eller løse pudslag fornyes, udbedres eller 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 4.3, kan derfor i mange tilfælde være et nødvendigt kompromis, når der er tale om tunge, stive vægge. Men samme kompromis kan ikke anvendes ved forbedring af lette vægges lydisolation, her kan kun anvendes forsatsvægge, se figur 4.1.

Samlinger mellem bygningsdele

Samlingerne mellem bygningsdele har væsentlig betydning for lydisolationen, fordi samlingernes konstruktion kan indvirke på flanketransmissionens størrelse, og fordi samlingernes tæthed kan have afgørende indvirkning på lydtransmis-

Samlingers lyd-isolation kan ikke måles direkte

sion gennem dem. En samlingens lydisolation kan ikke måles efter standardiserede metoder, men i tabellerne 4.9 og 4.10 er anført lydisolationen for en række adskillende bygningsdele med forskellige flankerende konstruktioner. Lydisolationen for en adskillende bygningsdel skal vurderes i sammenhæng med isolationsværdierne for de omgivende bygningsdele, og den ringeste af disse værdier har en væsentlig betydning for, hvilken isolationsværdi der tillægges den adskillende bygningsdel.

Vægges lydisolation afhænger af samlingerne til de omgivende bygningsdele

Genopretning af vægge

Forsatsbeklædninger kun på murstensvægge

Adskillende væg	Flankerende væg:											
	Uden forsatsvæg eller -beklædning				Med forsatsbeklædning				Med forsatsvæg			
	1½- sten	1/1- sten	¾- sten	½- sten	1½- sten	1/1- sten	¾- sten	1½- sten	1/1- sten	¾- sten	½- sten	
Uden forsatsvæg eller -beklædning:	Lydisolation R'_{w} , dB:											
½-stens væg	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
¾-stens væg	48	48	48	44	48	48	48	48	48	48	48	
1/1-stens væg	52	52	52	48	52	52	52	52	52	52	52	
1½-stens væg	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	
Bræddeskillevæg:												
to lag brædder	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	
tre lag brædder	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Slaggepladevæg	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	
1/1-stens væg	55	52	52	52	55	52	52	55	55	55	52	
1½-stens væg	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	
¾-stens væg	55	55	52	48	55	55	52	55	55	55	52	
1/1-stens væg	60	55	55	52	60	60	55	60	60	60	60	
1½-stens væg	60	60	55	55	60	60	55	60	60	60	60	
Bræddeskillevæg:												
to lag brædder	48	48	48	45	48	48	48	48	48	48	48	
tre lag brædder	52	52	48	45	52	52	52	52	52	52	52	
Slaggepladevæg	52	52	48	45	52	52	52	52	52	52	52	

Tabel 4.9. Skønnet lydisolation for vægge under hensyntagen til transmissionen gennem flankerende vægge.

Flankerende støbt dæk med trægulv på strøer

	Uden underloft eller forsatsbeklædning på loft				Med forsatsbeklædning på loft				Med underloft			
	90 mm beton	120 mm beton	150 mm beton	hul-sten	90 mm beton	120 mm beton	150 mm beton	hul-sten	90 mm beton	120 mm beton	150 mm beton	hul-sten

Adskillende væg

Uden forsatsvæg eller -beklædning: Lydisolation R'_{w} , dB:

1/2-stens væg	45	45	45	40	45	45	45	45	45	45	45	45
3/4-stens væg	45	48	48	45	48	48	48	48	48	48	48	48
1/1-stens væg	48	52	52	48	52	52	52	52	52	52	52	52
1 1/2-stens væg	52	52	55	52	55	55	55	52	55	55	55	55

Med forsatsbeklædning:

3/4-stens væg	48	48	52	48	52	52	52	52	52	52	52	52
1/1-stens væg	48	52	52	48	52	52	55	52	55	55	55	55
1 1/2-stens væg	52	52	55	52	55	55	55	52	55	55	55	55

Med forsatsvæg:

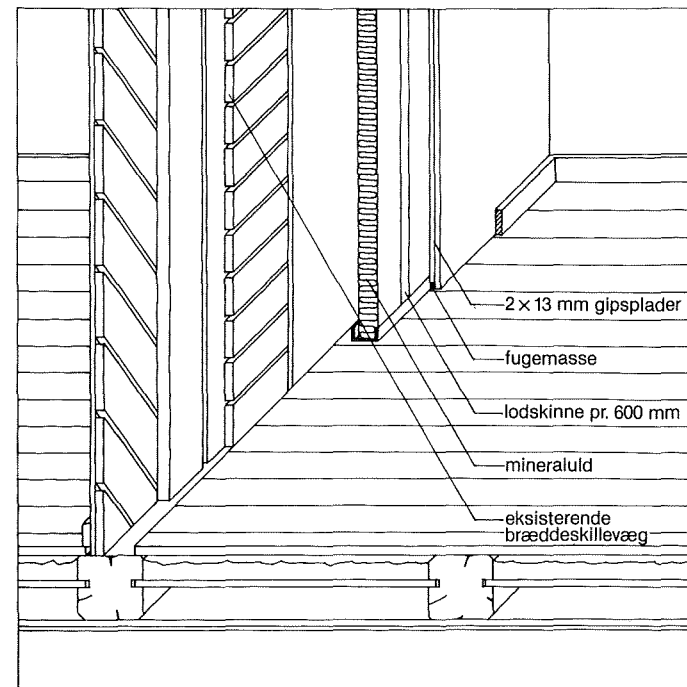
1/2-stens væg	48	48	52	48	48	52	52	52	52	52	52	52
3/4-stens væg	48	52	52	48	52	52	55	52	55	55	55	55
1/1-stens væg	52	52	55	48	52	55	60	52	60	60	60	60
1 1/2-stens væg	52	52	55	52	52	55	60	52	60	60	60	60

Tabel 4.10. Skønnet lydisolation for vægge under hensyntagen til lydtransmissionen gennem flankerende støbte dæk.

Vægge/flankerende murede vægge

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 lydisolation. Adskillende murede vægge i 1/2-stens og 3/4-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-sten kan imidlertid alle, når de forsynes med en forsatsvæg, give en tilstrækkelig stor lydisolation, se tabel 4.9 og figur 4.30. Er de adskillende vægge tilsluttet flankerende vægge i 1/2-stens tykkelse, må både den adskillende og de flankerende vægge forsynes med forsatsvægge for at opnå en lydisolation svarende til kravene for nye boliger.

Flankerende vægge i 3/4-stens tykkelse vil det derimod ikke være nødvendigt at lydisolere yderligere.



Figur 4.30. Bræddeskillevæg af tre lag brædder, rørvæg og puds forsynet med en forsatsvæg beklædt med to lag 13 mm gipsplader.

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

Flankerende vægge influerer på adskillende vægges lydisolation

Vandret lydudbredelse

Lodret lydudbredelse

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 væggene og etageadskillelsen, se figur 4.15. 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 afled-

ning 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 og tættes, forringes længdevæggenes lydisolations. 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 lyd-isolerende foranstaltning.

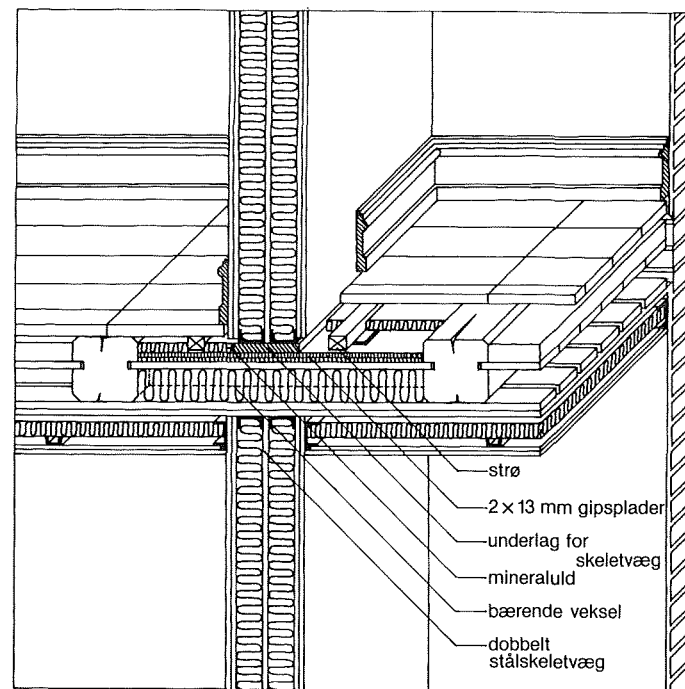
Samlinger mellem en etageadskillelse med støbt massivt dæk eller hulstendæk og en muret væg, hvis tykkelse er mindst 1½-sten, vil tilfredsstille kravene i BR-82, hvis samlin-

Flanketransmissionen kan være betydelig i tynde, stive vægge

gerne vel at mærke er udstøbte. Samlinger mellem en tilsvarende etageadskillelse og en væg af 1-stens tykkelse eller derunder giver ofte for ringe lydisolations, medmindre dækket forsynes med underloft eller forsatsbeklædning, se tabel 4.10.

Lette vægge som adskillelse mellem beboelseseenheder

Hvor et tagrum inddrages til beboelse skal etageadskillelsen ombygges, så bygningsreglementets krav til lydisolations opfyldes. 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



Figur 4.31. Adskillende væg mellem to boliger opstillet mellem bjælkerne i etageadskillelsen. Væggen bæres af 50×100 mm veksler 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. Vekslerne fastgøres til bjælkelaget med bjælkesko. Hulrummet udfyldes med mineraluld. Konstruktionens bæreevne forudsættes eftervist.

Flanke-transmission i træbjælkelag

Flanke-transmission i samlinger med bindingsværks-vægge

Flanketransmissionen større i støbte dæk end i træetageadskillelser

Gulve skal afbrydes ved boligadskillelser

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.

Opdeling af boliger

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 4.31. En yderligere forudsætning er, at der opsættes underlofter, som vist i figur 4.20.

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 4.32. 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, »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.

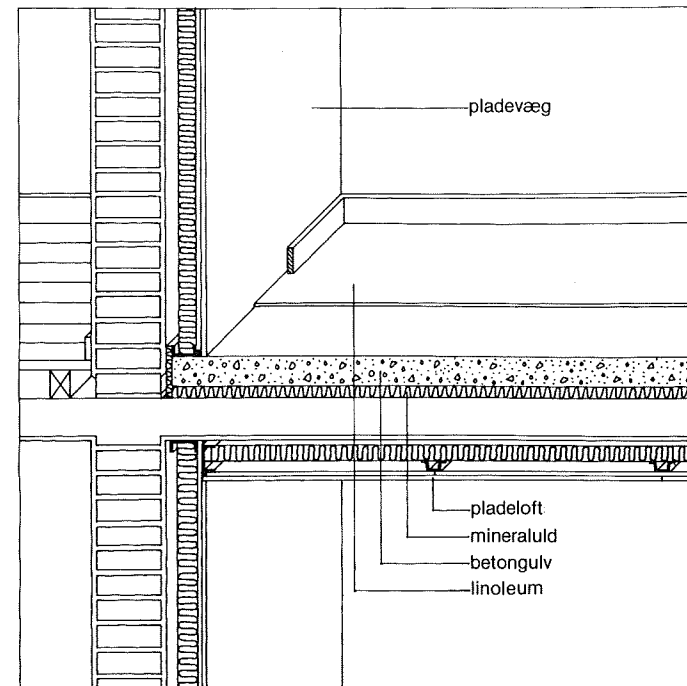
Disse krav er så strenge, at der skal gennemføres helt exceptionelle isoleringsforanstaltninger, og ofte vil der fx ikke være rumhøjde nok til, at tilstrækkelige foranstaltninger kan gennemføres. En betingelse for indretning af den nævnte form for restaurationsvirksomhed kan derfor i mange tilfælde være, at der ikke findes boliger i etagen umiddelbart over

Lydisolations i relation til Miljøstyrelsens vejledende grænser for støj

Ekstreme lyd-isoleringsbehov

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

Lav resonans-frekvens



Figur 4.32. Adskillelse mellem bolig og erhvervsformål i ældre bygning med støbt dæk. De murede vægge er forsynet med en lydisele-rende forsatsvæg. Det tidligere trægulv er udskiftet med et svøm-mende betongulv med tynd belægning, fx linoleum.

eller ved siden af restaurations, men selv om dette ikke måt-te være tilfældet, er det nødvendigt, at alle bærende vægge forsynes med forsatsvægge, hvis resonansfrekvens ligger un-der 30 Hz. Dette kan opnås med en beklædning af tre lag gipsplader på en skeletvæg med 160 mm mellem væg og be-klædning og hulrummet udfyldt med 150 mm mineraluld med en luftstrømningsmodstand på mindst 15 kPa · s/m².

Hvis der er betonetageadskillelse over restaurations, skal der indlægges et underloft, hvis resonansfrekvens også bør ligge under 30 Hz. Hertil kommer, at vinduernes lydisolations skal være særdeles god, og at det kan blive nødvendigt at lyd-isolere ikke blot restaurations vinduer, men også de nær-mest omliggende boligers. Herudover er det en forudsætning,

at adgangsvejene til restaurationen ikke virker støjbelastende på boligområdet, og at restaurationen kan ventileres uden indgreb i de lydisolierende foranstaltninger, hvilket bl.a. vil sige, at mellemrummet mellem loft og underloft ikke umiddelbart kan anvendes til kanalføringer.

Trapperum og entrédøre

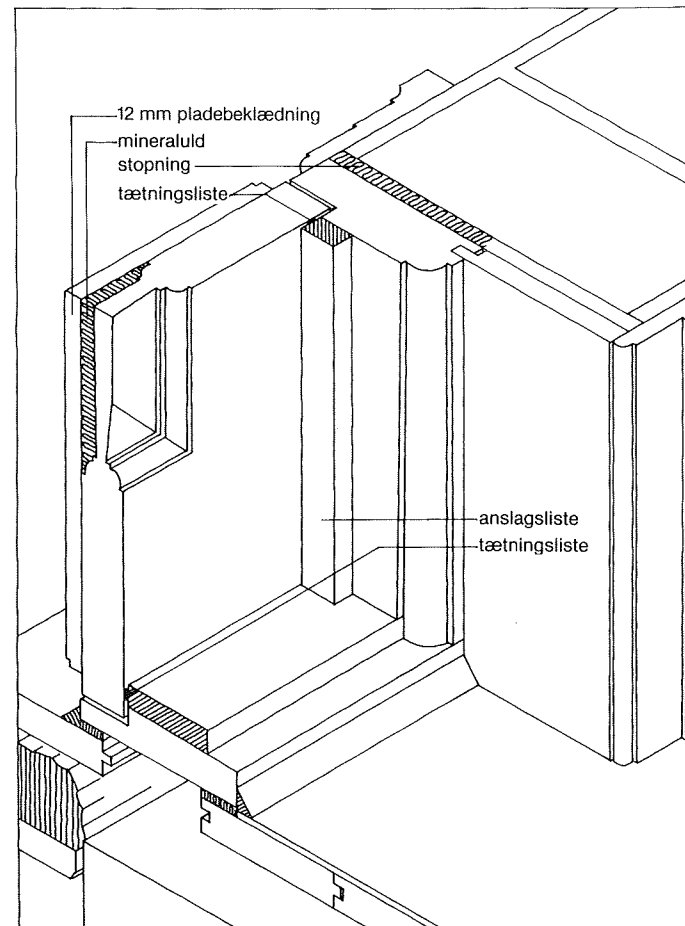
Efterklangstid i trapperum

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 lydabsorberende beklædninger på undersiden af reposerne.

Forbedring af entrédørens lydisolations

Dørens lydisolations 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 lydisolations ligger som regel under 20 dB. Hvis dørens lydisolations skal forøges, må dørpladens lydisolations 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 lydisolations på cirka 25 dB, se figur 4.33. 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 begge sider af



Figur 4.33. Trappedør, der indvendigt er brandsikret med en pladebeklædning og udvendigt forsynet med anslagslister og tætningslister. Fugen omkring dørkarmen stoppes tæt med mineraluld. Lydisolation R'_w ca. 25 dB.

døren, er det som regel mere lønsomt at indsætte en ny dør, medmindre man selv udfører arbejdet.

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

Reglementskrav vedrørende efterklangstiden

Lydabsorptionsmaterialer i trapperum

Anslagstætning

Fugetætning

Isolering af dørplader

Vindfang

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 støjmission 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 bygningens, hvilket medfører, at der ved en sanering af ældre bygningers 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 direkte at frembringe støj, og ved at der i installationernes gennemføringer i etageadskillelser og vægge kan opstå utætheder, som nedsætter bygningsdelens 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 med hensyn til støj. Armaturer støjmåles efter en standardiseret 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 165: »Vandinstallationer«.

De metoder, som anvendes ved måling af støj fra aftapningsarmaturer, 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 fabrikanter og importører.

Det bør bemærkes, at det acceptable støjniveau ligger lavere for funktionsstyrede enheder end for programstyrede. Funktionsstyrede enheder er fx fryseskabe, der i reglen styres af en temperaturføler. Programstyrede enheder er fx opvaske-maskiner, 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

Installationer kan begrænse den opnåelige lydisolation mellem boliger

Installationer fastgjort til tunge bygningsdele

Tagventilatorer kræver en elastisk fastgørelse til et fast underlag

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

Installationer kan som allerede nævnt medføre utætheder ved rør- og 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 lydisolation 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 boligadskillende 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 lydisolation, medmindre der udføres en ekstra lydisolering.

Tagventilatorer kan frembringe vibrationer, som overføres til tagkonstruktionen, hvorfra de kan transmitteres til underliggende boliger. Støjen fra tagventilatorer 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. Det er væsentligt, at ventilatorer fastgøres korrekt til tagkonstruktionen, hvilket vil sige med elastiske mellemlag til stive underlag, fx en bærende, tung væg, der er ført til tag. Ændres en tagetages brugsformål, fx fra vaske-, tørre- eller pulterrum til boligareal, bliver problemerne endnu større med hensyn til støj fra tagventilatorer end i oven for nævnte tilfælde, hvor den øverste etage ikke udnyttes.

Kapitel 5. 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 sådan, at de krav til udførelsestæthed, 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 pudset, men det er vanskeligt at sige, hvor resonansområdet ligger for en sådan konstruktion. Det vil være bestemt af for-

Forsatsvægge og underlofter bør udføres som dobbeltkonstruktioner

pladens (pudsens) masse, af det elastiske materiales 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 6.4, 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 varmeisolerings-synspunkt er en god foranstaltning, kan den fra et lydisoleringssynspunkt kun anses for virkelig god, hvis det tredje lag glas er en ekstra rude i relativ stor afstand fra termoruden, foran eller bag ved denne.

Lyd - fugt

I praksis er der kun i få tilfælde modstrid mellem de krav, der stilles til isolering mod lyd og 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 lydisolerende termoruder og for fugeforsegling af karmfuger, hvor det ofte lydteknisk ville være en fordel med forsegling ved både ud- og indvendig side. Det gælder også ved fugetætning mellem ramme og karme i vinduer, hvor to tætningsplaner er ønskeligt fra et lydteknisk synspunkt, men ikke fra et fugtteknisk, fordi disse vil kræve at fugerne er forsynet med dræn for kondensvand. Tætningsplanet bør ligge ved den udvendige side af lydtekniske grunde, men ved den indvendige side af fugttekniske.

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 delvist at skjule en rørføring.

Akustikplader bør yde en rimelig sikkerhed mod overfladeantændelse

Lufttætte samlinger ønskelige

Større tæthed kræver bedre og mere effektiv ventilation

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 ventilationssystemer. Nye anlæg for mekanisk ventilation vil kræve lyddæmpning af kanaler og ventilatorer og i områder med højt støjniveau desuden af luftindtagene, hvis sådanne overhovedet kan etableres uden indtag af forurenede luft (benzindampe og udstødningsgasser).

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

Lyddubredelse via omgivende bygningsdele

Luftlyd – lyd, som udbredes i luft

Bygningslyd – lyd, som udbredes i bygningsdele

Kapitel 6. Lydens udbredelse

Lyd er betegnelsen for hørbare svingninger, der opstår og udbreder sig i et elastisk medium (gas, væske og fast stof), når mediets molekyler ved en kraftpåvirkning bringes til at udføre svingninger omkring en ligevægtstilstand. Svingningerne udbreder sig som bølger med en konstant hastighed, der er karakteristisk for mediet.

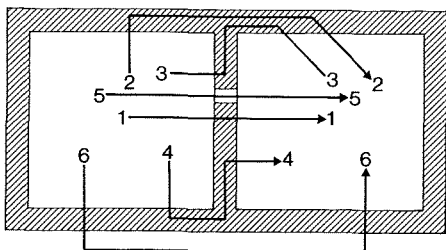
I bygninger sker lyddubredelsen gennem alle konstruktioner i både lodret og vandret retning, men der transmitteres mere lydenergi gennem nogle konstruktioner end gennem andre. I bygninger med træetageadskillelser sker lydtransmissionen, når der ses bort fra transmission mellem to naborum, i overvejende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

Luftlyd

Ved luftlyd forstås lyd, som transmitteres i luft, og som udstråles direkte fra en lyd giver til luften. Stemmebånd og højttaler-membraner er eksempler på lyd givere, 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 6.1.

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. Trinlyd transmitteres til et underliggende rum dels direkte gennem



Figur 6.1. 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.

etageadskillelsen og dels via denne gennem omgivende bygningsdele.

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

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

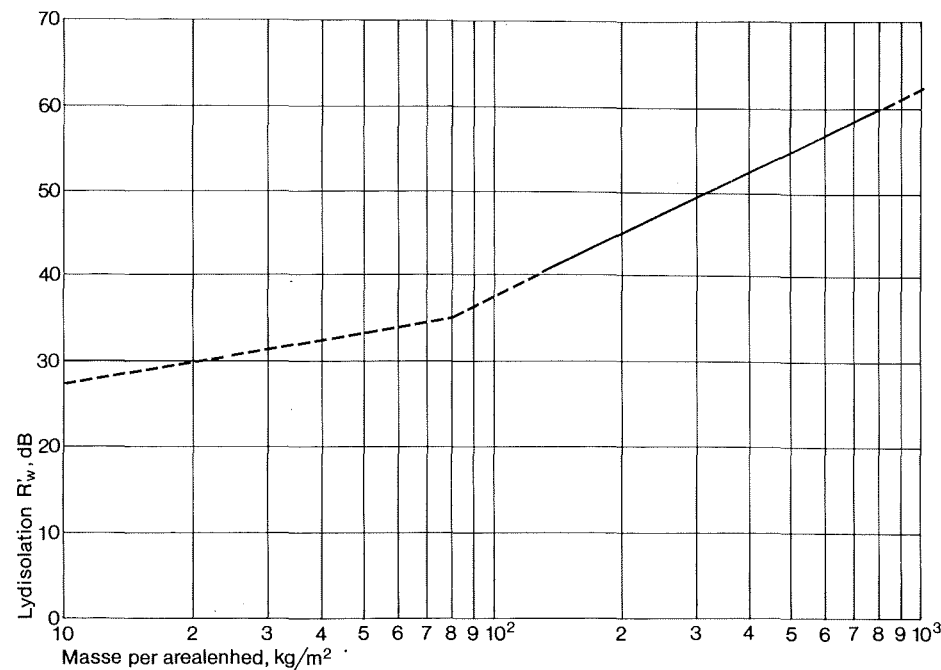
Luftlydisolationen for en adskillende bygningsdel vokser ca. 5 dB ved en fordobling af massen.

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 afhængigt af deres masse er angivet i figur 6.2.

Luftlydisolationen vokser med konstruktionens masse

Flanketransmissionen bør være mindre end transmissionen gennem den adskillende væg

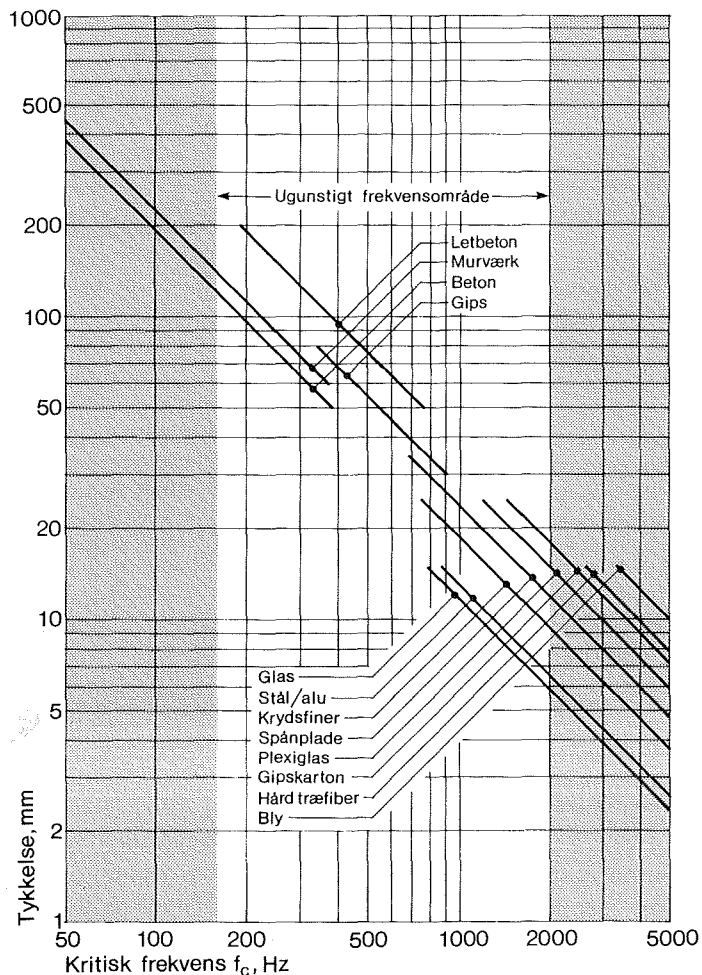


Figur 6.2. Lydisolation R'_w for massive bygningsdele som funktion af massen pr. arealenhed. Kurvens gyldighed for bygningsdele med en masse større end 150 kg/m^2 forudsætter flankerende bygningsdele med masser på ca. 300 kg/m^2 . Den optrukne del er empirisk veldokumenteret, mens den punkterede del må anses for mindre sikker.

Koincidens

En bygningsdel kan sættes i svingninger ved en direkte mekanisk påvirkning, eller ved at bygningsdelen rammes af en 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° og 90° , 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 strej-



Figur 6.3. Den kritiske frekvens f_c eller grænsefrekvensen for koincidens i massive plader som funktion af pladetykkelsen med pladematerialet som parameter. I praksis bør f_c ligge uden for det ugunstige frekvensområde.

fende 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 6.3. I et frekvensområde på en til to oktaver omkring grænsefrekvensen for koincidens kan luftlydisolationen være betydelig nedsat.

Luftlydisolationen formindskes af koincidens

Massive konstruktioner bør enten have ringe tykkelse eller stor tykkelse

Lydisolationen kan forøges ved brug af dobbeltkonstruktioner

Stive dobbeltkonstruktioner kræver helt adskilte enkeltkonstruktioner

Mellemrummet bør dæmpes

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 bør ligge under ca. 90 Hz eller over ca. 3500 Hz. I praksis er ikke alle frekvenser lige kritiske for lydisolationen. 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 væggs lydisolation.

Dobbeltkonstruktioner

Luftlydisolationen kan forøges ved brug af dobbeltkonstruktioner, idet en dobbeltkonstruktions maksimale lydisolation er summen af de to enkeltkonstruktioners lydisolation 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.

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 lydisolation end en massiv enkeltkonstruktion med samme masse. Derfor kan »slappe« forsatskonstruktioner, som fx forsatsvægge, forsatsbeklædninger og underlofter med fordel benyttes til forbedring af lydisolationen i eksisterende bygninger, se figur 4.1–4.3.

Anbringelse af et lydabsorberende materiale, fx mineraluld, i en dobbeltkonstruktions mellemrum forøger lydisola-

Både koincidens og resonans

tionen 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 4.10.

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 mellemliggende fjeder, der udgøres af luften i hulrummet. Resonansfrekvensen f_0 kan beregnes af:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho c^2}{d} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad (\text{Hz}) \quad (6.1)$$

hvor ρ er luftens densitet, ca. $1,29 \text{ kg/m}^3$, c lydhastigheden i luft, ca. 340 m/s , d afstanden mellem de to delvægge målt i m, og m_1 samt m_2 er massen pr. arealenhed i kg/m^2 for de to delvægge.

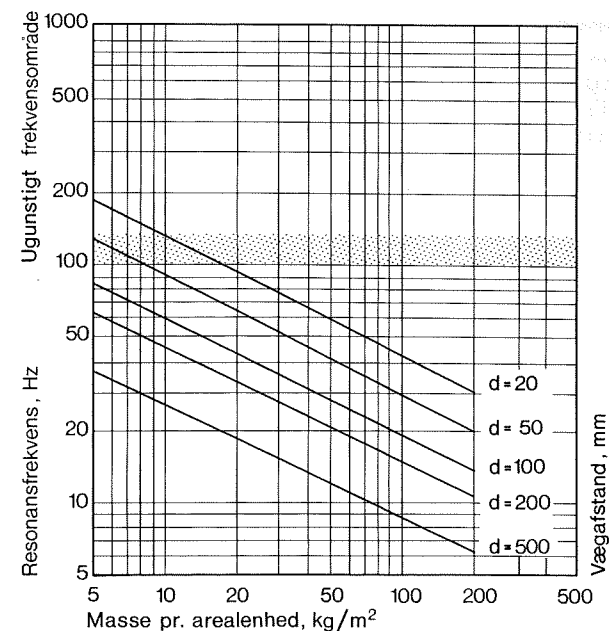
Dobbeltkonstruktioner virker under resonansfrekvensen som enkeltkonstruktioner

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 opsat foran en tung væg kan beregnes af udtrykket (6.1) eller findes af figur 6.4.

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.



Figur 6.4. Resonansfrekvensen f_0 for vægge med forsatsvæg, forudsat at forsatsvæggenes masse ligger betydeligt under den eksisterende vægs. Udgør forsatsvæggenes 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 (6.1) beregnede værdi.

Eksempel 1

En 250 mm massiv murstensvæg forsynes med en forsatsvæg af to lag 13 mm gipskartonplade, masse 21 kg/m^2 , opsat på et 70 mm stålskelet, der er placeret 10 mm foran væggen. I diagrammet findes for 21 kg/m^2 og 80 mm ($70+10$) ca. 48 Hz. Med masserne 21 kg/m^2 for forsatsvæggen og 400 kg/m^2 for den eksisterende væg giver en beregning af f , ved hjælp af ligning (6.1) 48,7 Hz.

Eksempel 2

Under en træetageadskillelse skal anbringes et underloft med tre lag gipskartonplader. Der tilstræbes en resonansfrekvens under 25 Hz. Massen af træetageadskillelsen og gipspladerne er henholdsvis ca. 200 kg/m^2 og $31,5 \text{ kg/m}^2$. Med 25 Hz som maksimumsværdi findes vægafstanden d til lidt over 200 mm. Ved beregning af d efter ligning (6.1) findes 222 mm.

Trinlydniveau – støjniveau frembragt med en standardiseret bankemaskine

Som mål for isolation mod trinlyd benyttes i stedet begrebet trinlydniveau, der defineres som et lydtrykniveau frembragt af 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.

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_0 en trinlyddæmpning, som stiger med frekvensen.

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

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m_1}} \quad (\text{Hz}) \quad (6.2)$$

hvor m_1 er gulvpladens masse i kg/m^2 og s' underlagets dynamiske stivhed pr. arealenhed pr. tykkelsesenhed målt i Pa/m .

Et materiales dynamiske stivhed kan bestemmes efter ISO 9052. Stivheden består i princippet af to led, nemlig et bidrag fra materialestrukturens stivhed og et fra den indespærrede luftmasses stivhed. Sidstnævnte led har i praksis kun betydning for meget let sammentrykkelige materialer, fx visse mineraluldstyper.

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.

Trinlyddæmpning

Svømmende gulves resonansfrekvens

Dynamisk stivhed

Resonansfrekvensen for svømmende gulve bør være lav

Trinlyddæmpning mest effektiv når gulvet har lav resonansfrekvens

Tæpper kan give stor trinlyddæmpning

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

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

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

Træetageadskillelser

Trinlyddæmpningen for svømmende gulve på træetageadskillelser vil i reglen være mindre end den, der kan beregnes for støbte dæk efter den oven for nævnte metode, idet forudsætningerne for at anvende metoden til beregning af f_0 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.

Kapitel 7. Måling af luftlydisolation og trinlydniveau

Standarder for udførelse af lydmålinger

I BR-82 er anført, at måling af luftlydisolation og trinlydniveau skal ske i overensstemmelse med de internationale standarder, DS/ISO 140, del I–VIII samt del 9, hvor del I omhandler prøvningslaboratorier, del II målenøjagtighed, del III, VI, VIII og 9 måling af luftlydisolation og trinlydniveau i laboratorier, del V måling af facader i laboratorium og praksis, og del IV og VII måling af luftlydisolation og trinlydniveau i bygninger.

Målemetoder

Luftlydisolationen fastlægges ved måling i to rum, et senderum og et modtagerum. I senderummet anbringes en højttaler, der fx kan udsende hvid eller lyserød støj i et båndbegrænset signal. Hvid støj har samme lydenergi ved alle frekvenser, mens lyserød støj har samme energi pr. oktav eller pr. $\frac{1}{3}$ oktav.

Et båndbegrænset signal er lyd, hvis frekvenser ligger inden for et vist frekvensområde. Lydtrykniveauet måles pr. $\frac{1}{3}$ oktav i senderum og modtagerum med mikrofonen, i hvert af de to rum, anbragt successivt i mindst fem punkter eller på en roterende mikrofonbom, således at den cirkel, som mikrofonen beskriver, har en radius på mindst 0,7 m.

Middelværdien af de lydtrykniveauer, der måles i hvert rum, udregnes på grundlag af lydtrykkenes energiværdier, der er proportionale med lydtrykkenes kvadrater. Der benyttes følgende udtryk henholdsvis for måling med faste mikrofonpositioner:

$$L = 10 \log \left[\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{n p_0^2} \right] \quad (\text{dB}) \quad (7.1)$$

og for måling med kontinuert bevæget mikrofon:

$$L = 10 \log \left[\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad (\text{dB}) \quad (7.2)$$

Måling af lydisolation

hvor p_0 er referencelydtrykket, $20 \mu\text{Pa}$, $p(t)$ er lydtrykket som funktion af tiden, p_1, p_2, \dots, p_n er lydtrykket i n forskellige positioner, T_1 og T_2 er grænser for integrationstiden, der for målinger i frekvensområdet 100–3150 Hz udgør et tidsinterval på mindst 30 sekunder. Det er en forudsætning for at lydtrykket, der er en funktion af både tid og sted, kan integreres alene som en tidsfunktion, at hastigheden, hvormed mikrofonen bevæges, er relativ lav.

Mikrofonpositionerne bør opfylde følgende betingelser: Være mindst 0,5 m fra omgivende flader eller diffusorer, dog mindst 1 m fra den rumadskillende flade og fra højttaler. Desuden bør afstanden mellem faste mikrofonpositioner indbyrdes og mellem mikrofonbaner være mindst 0,7 m.

Differensen mellem lydtrykniveaueernes middelværdi i henholdsvis senderum og modtagerum er et udtryk for luftlydisolationen mellem rummene. Målingen gentages med mindst én ny højttalerposition. Der foretages korrektion for hver måling for sig. Middelværdien af resultaterne af de udførte målinger er luftlydisolationen mellem senderum og modtagerum.

I korrektionen for efterklangstiden indgår dels rummets akustiske tilstand, dels rummets størrelse. Dette er nødvendigt for at kunne sammenligne måleresultater for rum med forskellig størrelse og/eller lydabsorption. Korrektionen kan ske på flere måder, hvilket i praksis vil sige, at lydisolationen kan udtrykkes på flere måder, men her omtales kun den definition, der benyttes i BR-82 til at betegne luftlydisolationen, nemlig reduktionstallet.

I nogle laboratorier benyttes to rum, der er opbygget sådan, at lydtransmissionen gennem de flankerende konstruktioner er uden betydning for måleresultatet. I andre laboratorier benyttes rum med normal flanketransmission. Bygningsdelen, hvis luftlydisolation skal måles, opføres som fælles adskillelse mellem de to rum. Luftlydisolationen udtrykkes ved reduktionstallet og defineres i laboratorier med meget ringe flanketransmission ved:

$$R = L_S - L_M + 10 \log \frac{S}{A} \quad (\text{dB}) \quad (7.3)$$

Reduktionstal ved laboratoriemålinger

Reduktionstal i bygninger

og i laboratorier med normal flanketransmission samt i bygninger i praksis ved:

$$R' = L_S - L_M + 10 \log \frac{S}{A} \text{ (dB)} \quad (7.4)$$

hvor L_S og L_M er lydtrykniveauerne i sende- og modtagerum, S er arealet af den fælles adskillelse mellem rummene og måles i m^2 , og A er det ækvivalente lydabsorptionsareal i modtagerummet, ligeledes i m^2 .

Efterklangstid

Et rums efterklangstid T i sekunder, dets volumen i V i kubikmeter og dets absorptionsareal A i kvadratmeter har denne sammenhæng:

$$T = \frac{0,16 V}{A} \text{ (s)} \quad (7.5)$$

Når efterklangstiden T i modtagerummet er målt, udregnes ved hjælp af udtrykkene (7.3), (7.4) og (7.5) reduktions-tallene pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, der omfatter 16 standardiserede centerfrekvenser for $\frac{1}{3}$ oktaver.

Ved beregningen indsættes for S i udtrykket (7.4) arealet af den fælles adskillende bygningsdel, for døre beregnes arealet ud fra dørkarmens ydermål. I tilfælde, hvor der kun måles lydisolations mellem rum, som ikke har noget fælles adskillende areal, sættes S til 10 m^2 .

Trinlydniveauet fastlægges ligesom for luftlydisolation ved måling i to rum, henholdsvis et sende- og modtagerum. I senderummet anbringes en bankemaskine, der udsender et næsten stationært støjsignal. Maskinen har 5 hamre à 500 g, som med 0,1 sekunds mellemrum falder fra en højde af 40 mm. Hamrenes slagflade udgør en del af overfladen af en kugle med radius 500 mm. Ifølge BR-82 skal benyttes stålhamre, hvis materialesammensætning er standardiseret.

Bankemaskine

Ved måling benyttes stålhamre

Det højeste lydtrykniveau fra bankemaskinen vil oftest findes i det direkte underliggende rum. Derfor benyttes dette i reglen som modtagerum.

Trinlydniveauet har ingen lighed med lyden af fodtrin

Det frembragte lydtrykniveau i modtagerummet kaldes trinlydniveauet, men det har ingen lighed med lyden af fodtrin, hvorfor mange anser maskinens værdi som lyd giver for at være diskutabel.

Lydtrykniveauet måles pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, med mindst fem positioner for bankemaskine og mikrofon. Med roterende mikrofonbom bør der måles i 2 mikrofonbaner. Middelværdien baseres som ved måling af

Trinlydniveau målt i laboratorium

luftlyd på energiværdier og beregnes på grundlag af alle bankemaskine- og mikrofonpositioner af udtrykkene (7.1) eller (7.2) afhængigt af, om der benyttes fast eller bevæget mikrofon.

Der skal ved måling af luftlydisolation foretages korrektioner afhængigt af, hvilke definitioner for lydtrykniveau man bruger.

I det følgende omtales kun bygningsreglementets definition af trinlydniveau, dvs. ved måling i laboratorium:

$$L_n = L_M + 10 \log \frac{A}{10} \text{ (dB)} \quad (7.6)$$

og ved måling i bygninger:

$$L'_n = L_M + 10 \log \frac{A}{10} \text{ (dB)} \quad (7.7)$$

hvor L_M er lydtrykniveauet i modtagerummet og A det ækvivalente lydabsorptionsareal i modtagerummet målt i m^2 .

Når efterklangstiden T i modtagerummet er målt, udregnes ved hjælp af udtrykkene (7.5) og (7.6) eller (7.5) og (7.7) trinlydniveauet pr. $\frac{1}{3}$ oktav i frekvensområdet 100–3150 Hz, der omfatter 16 standardiserede frekvenser for $\frac{1}{3}$ oktaver.

Støjniveauet fra installationer måles ved det energiækvivalente A -vægtede lydtrykniveau L_{AeqT} dB, hvor T angiver måletidsrummet. Som måletidsrum anvendes i reglen de ca. 2 minutter af driftstidsrummet, hvori støjniveauet antager sin maksimale værdi. For installationer, hvis driftsperiode er kortere end 2 minutter, benyttes den vægtede værdi over flere delperioder, der tilsammen udgør mindst 2 minutter. Der skal ikke korrigeres for rummets efterklangstid.

Driftstilstanden har væsentlig betydning for lydtrykniveauet. Støj fra vandforsyningsanlæg frembringes i det væsentlige af tap- eller reguleringsventiler. Støj fra tapventiler måles ved maksimal vandføring eller i den ventilstilling, hvori støjniveauet er højest. Klosetventiler måles ved normal drift, dvs. over en eller flere fyldningsperioder. Mikrofonen placeres normalt i rummidte.

Støj fra radiatoranlæg frembringes hovedsagelig af cirkulationspumper og ventiler og måles ved maksimal støjafgivelse, hvad enten dette måtte forekomme ved vinter- eller sommer-

drift. Hvis støj fra termostatventilers åbning og lukning frembringer tydelige pibende eller fløjtende lyde, reduceres det tilladelige støjniveau med 5 dB. Mikrofonen placeres normalt ud for indblæsnings- eller udsugningsarmaturer og i højden 1,0–1,2 m over gulv.

Støj fra andre anlæg måles under drift med maksimal kapacitet. Indendørs placeres mikrofoner normalt i rummidte, udendørs i de mest udsatte punkter på rekreativt område og derefter i 2,5 meters afstand fra anlægget.

Litteratur

Reglementer

Bygningsreglement 1982. Byggestyrelsen. København, 1982.
Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 68 af 24. januar 1989. Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse. Miljøministeriet. København, 1989.

Standarder

DS/ISO 31/VII. Fysiske størrelser og måleenheder. Akustik. 2. udgave. Dansk Standardiseringsråd. København, 1984.

DS/ISO 140. Akustik, Lydisolationsmålinger i bygninger og af bygningselementer. Del I: Krav til laboratorier, 1979. Del II: Fastlæggelse af præcisionskrav, 1979. Del III: Måling af bygningselementers luftlydisolation i laboratorium, 1978. Del IV: Måling af luftlydisolation mellem rum i bygninger, 1979. Del V: Måling af facadeelementers luftlydisolation i bygninger, 1979. Del VI: Måling af trinlydniveau i laboratorium, 1979. Del VII: Måling af trinlydniveau i bygninger, 1979. Del VIII: Måling af gulvbelægnings trinlyddæmpning på standarddæk i laboratorium, 1979. Del 9: Måling af luftlydisolation mellem to rum med fælles nedhængt loft, 1986. Dansk Standardiseringsråd. København.

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

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

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

DS 2188. Akustik, Ordliste. Dansk Standardiseringsråd. København, 1982.

DS/ISO 3382: Akustik, Måling af efterklangstid. Dansk Standardiseringsråd. København, 1978.

DS/ISO 3822: Akustik. Laboratorieundersøgelser af støj fra armaturer og udstyr i brugsvandsinstallationer. Del 1: Målemetode. Dansk Standardiseringsråd. København, 1984.

ISO 717-2: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation. International Organisation for Standardisation. Genève, 1982.

ISO 9052-1: Acoustics – Determination of dynamic stiffness. Part 1: Materials used under floating floors in dwellings. International Organisation for Standardisation. Genève, 1989.

ISO 9053: Acoustics – Materials for acoustical applications – Determination of airflow resistance. 1991.

Vejledninger

Beregningsmodel for vejtrafikstøj. Revideret 1989. Vejdatalaboratoriet. Vejdirektoratet. Rapport 93. København, 1991.

Bygningers lydisolering over for vejtrafikstøj. Vejdatalaboratoriet. Vejdirektoratet. Rapport 25. København, 1979.

Ekstern støj fra virksomheder. Vejledning nr. 5/1984. Miljøstyrelsen. København, 1984.

Flyvepladser og lufthavne. Vejledning nr. 2/1988. Miljøstyrelsen. København, 1988.

Måling af vejtrafikstøj. Vejdatalaboratoriet. Vejdirektoratet. Miljøstyrelsen. København, 1982.

NT ACOU 034: Floor coverings: Rating of impact sound improvement. NORDTEST, 1991.

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

Støj og vibrationer fra jernbaner. Vejledning nr. 6/1985. Miljøstyrelsen. København, 1985.

Trafikstøj i boligområder. Støjhensyn i kommune- og lokalplanlægningen og ved projektering af boligområder. Vejledning nr. 3/1984. Miljøstyrelsen. København, 1984.

Lærebøger

Bygningsakustik. Teori og praksis. Jørgen Kristensen og Jens Holger Rindel. SBI-anvisning 166. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1989.

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

Lydisolation i praksis. Deludgave af SBI-anvisning 166: Bygningsakustik. Teori og praksis. Jørgen Kristensen og Jens Holger Rindel. SBI-anvisning 167. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1989.

Vejledning i Husbygningskunst. J. D. Herholdt, København, 1875.

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

Anvisninger

Afløbsinstallationer. Kapitel 17. Finn Schmidt Jørgensen og Kaj Ovesen. SBI-anvisning 96. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1974.

Bygningers fugtisolering. Nils Erik Andersen, Georg Christensen og Fleming Nielsen. SBI-anvisning 139. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1984.

Bygningers lydisolering. Nyere bygninger. Jørgen Kristensen. SBI-anvisning 172. Hørsholm, 1992.

Bygningers varmeisolering. 2. udgave. Nils Erik Andersen, Georg Christensen og Fleming Nielsen. SBI-anvisning 111. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm. 1986.

Etagedæk og ydervægge, vinduer og tage. BPS-renoveringsdetaljer. BPS-centret. Hørsholm.

(Er i 1991 afløst af:

Renovering af etageejendomme

– fundamenter og kældre. BPS-publikation 100.

– ydervægge. BPS-publikation 101

– vinduer og udvendigt træværk. BPS-publikation 102.

Tage udkommer 1992.)

Fugemasser og facadefuger. 2. udgave. Anthon Brandt og Alice Kjær. SBI-anvisning 108. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1983. (Under revision).

Gulve og vægge i vådrum – i nye boliger og ved renovering. Erik Brandt og Christian Woetmann Nielsen. SBI-anvisning 169. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1991.

Isætning af termoruder i nyt og gammelt byggeri. Teknologisk Institut. Tåstrup, 1976.

Rumakustik. Jørgen Petersen. SBI-anvisning 137. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1984.

Støj fra installationer. Jørgen Kristensen og Kaj Ovesen. SBI-anvisning 79. Statens Byggeforskningsinstitut. København, 1970.

Støj fra varmecentraler. Jørn Kjær et al. SBI-anvisning 123. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1980.

Vandinstallationer. Kapitel 15. Finn Schmidt-Jørgensen, Viggo Nielsen og Kaj Ovesen. SBI-anvisning 165. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1990.

Rapporter

Entrédøres lydisolering. Undersøgelsesresultater og erfaringer fra praksis. Jørgen Kristensen og Leonard Juul Petersen. SBI-rapport 124. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1981.

Funktionsstudier av tätningsslistor för fönster och dörrar. Ingemar Höglund och Bengt Wänggren. T7:1979. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm, 1979.

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

Ljudisolering i ombyggnadsprojekt med träbjälklag. Kaj Bodlund. Rapport R54:1987. Statens råd för byggnadsforskning. Stockholm, 1987.

Lydisolering mellem boliger. En undersøgelse i ældre bygninger med træetageadskillelser. Jørgen Kristensen og Leonard Juul Petersen. SBI-rapport 188. Hørsholm, 1987.

Svømmende gulves trinlydniveau. Jørgen Kristensen. SBI-meddelelse 83. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm, 1990.

Varmeisolerende foranstaltningers lydisoleringseffekt. Jydsk Teknologisk Institut. Miljø-projekt 21. Miljøstyrelsen. København, 1980.

Summary

SBI-direction 173: Sound insulation of buildings. Old buildings

Old buildings that are altered refurbished are subject to the same acoustic requirements as given for new buildings in "Building Regulations 1982" (BR-82). It is important that the requirements be met because there is otherwise a risk of old housing stock becoming acoustic slums.

Experience shows that there is a need for a basis for evaluation of the achievable acoustic conditions and for detailed guidelines for improving existing conditions. This direction addresses both needs.

The direction is based mainly on results of Danish and Swedish studies of the sound insulation between dwellings in old buildings with brickbuilt structural walls. Despite a substantial body of experience, it is still more difficult to suggest satisfactory solutions for sound-insulating old buildings than new ones. One reason for this is greater uncertainty in the evaluation of test results from old buildings than from new ones, despite the fact that the measurements must be regarded as equally precise in the two cases.

Contents

Chapter 1 discusses old building stock with special reference to conditions affecting the design or execution of sound insulation.

Chapter 2 shows the current acoustic requirements in tabular form.

Chapter 3 briefly reviews the single number rating methods (SNR) used for evaluating the results of measurements in relation to specified acoustic requirements and describes, in more general terms, how an evaluation of sound insulation in buildings can be carried out.

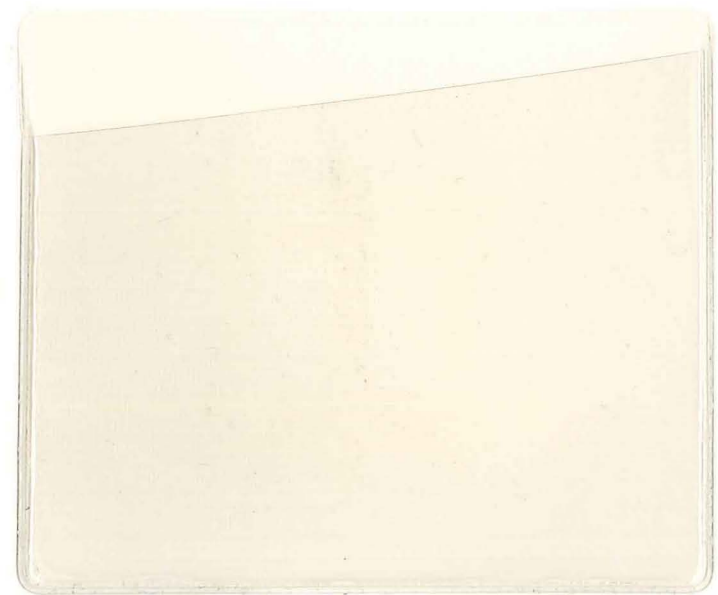
Chapter 4 offers examples of structural means of improving the acoustic properties of a large number of typical, separating building components and the connections between them.

Chapter 5 discusses sound insulation in relation to other forms of insulation – against moisture, fire and heat – by describing similarities and differences between the insulation measures used.

Chapter 6 gives a brief, elementary presentation of sound propagation in buildings and of methods for reducing noise nuisance in general.

Lastly, chapter 7 gives a brief account of the principal methods of measuring sound insulation.

ix. 2



Anvisningen henvender sig til udførende og projekterende teknikere og til offentlige myndigheder. Der redegøres for, hvordan en række bygningsdele og samlinger mellem disse, der er typiske for ældre bygninger, skal udføres for at opnå størst mulig lydisolations. Der anføres eksempler på foranstaltninger til forbedring af bygningsdeles lydisolations og vurdering af den lydisolations, der kan forventes opnået med en lydteknisk korrekt udførelse. Bestemmelserne i BR-82 kan forventes at være opfyldt, hvis der benyttes de relevante, beskrevne bygningsdele og samlinger, og den håndværksmæssige udførelse i øvrigt er god.

Denne SBI-anvisning er knyttet til bestemmelserne i Bygningsreglement 1982, kapitel 9.

