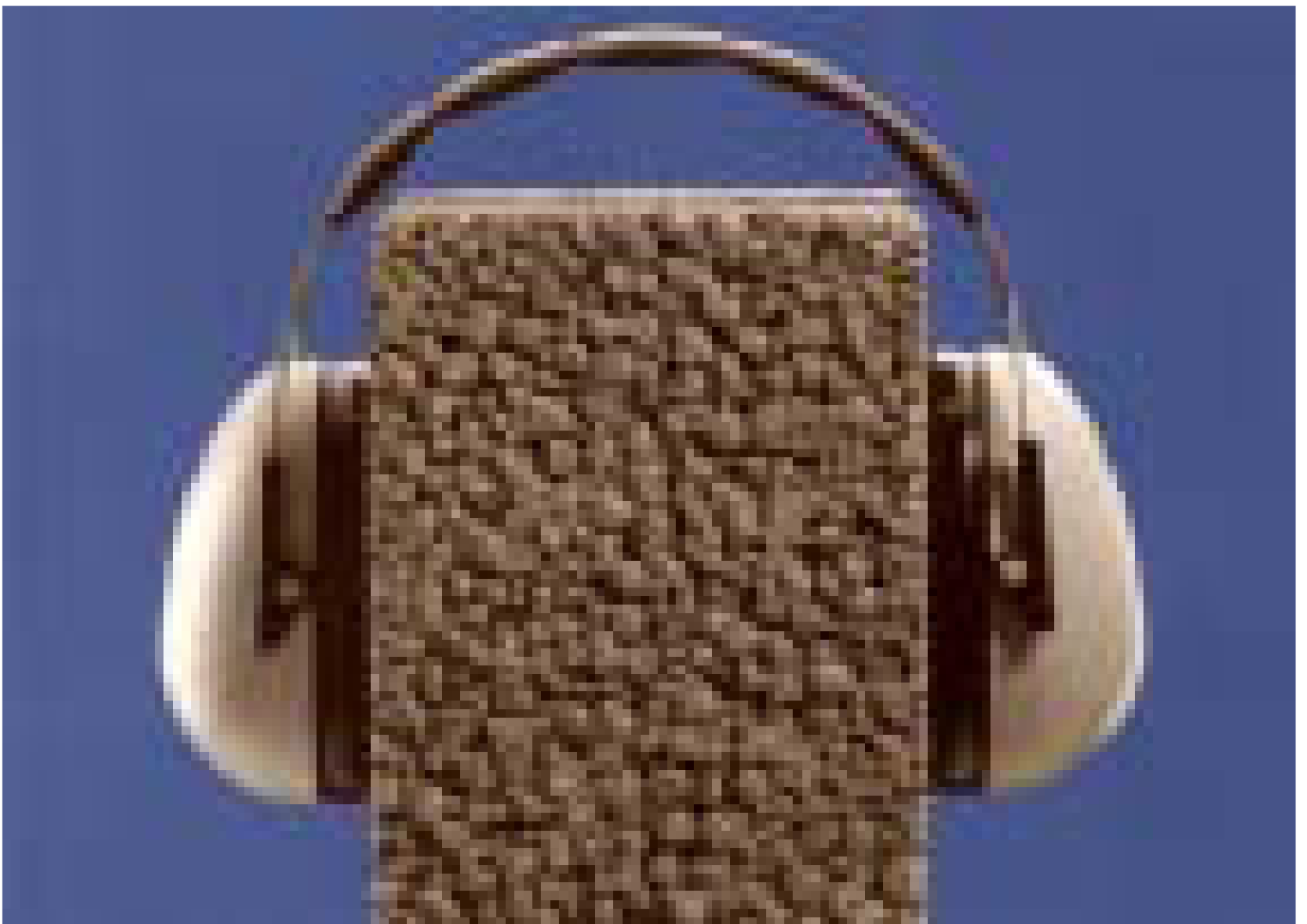


LECA Murverk och element



Projekteringsanvisning
Ljudisolering
Ljudabsorption

Inledning

Ändringar i BBR

I denna reviderade "LECA Projekteringsanvisning" presenteras råd och anvisningar för hur man med LECA murblock och element åstadkommer byggnader med god ljudstandard. Jämfört med tidigare anvisning har stora förändringar vidtagits för att anpassa konstruktionslösningarna till kapitlet *7 Bullerskydd* i Boverkets Byggregler BBR (gäller byggnader för vilka byggnämnan inlämnats efter den 1 jan. 1999).

Behovet av hög akustisk kvalitet hos byggnadskonstruktioner har ökat väsentligt på senare år genom den allt större omfattningen av tekniska installationer (fläktar, kylanläggningar, värmepumpar, etc.) som ger störande buller. I bostäder medför apparater såsom radio, TV och stereoanläggningar – liksom sena nattvanor – att grannar i flerfamiljshus stör varandra i större utsträckning än förr. Problemen sammanhänger också med att myndighetskraven ej förändrades under en lång följd av år trots att störningarna ökade samtidigt som människans behov av lugn och ro har ökat.

Ljudklassificering

Minimiljudkraven idag är i stort sett oförändrade sedan 1950-talet, men i BBR (här benämnd BBR 99 i fortsättningen) har införts en **ljudklassificering** för lägenheter som syftar till att ange ljudkrav för bostäder med högre ljudstandard. Den viktigaste förändringen är att det nu ställs större krav på ljudisolering vid låga frekvenser uttryckta genom s.k. anpassningstermer för luft- respektive stegljudsisolering.

I denna broschyr redovisas kortfattat de speciella begrepp som används för att beskriva akustisk kvalitet. Vidare beskrivs principerna för ljudprojektering med särskild tonvikt på den s.k. flanktransmissionen som har stor inverkan då hög ljudisolering eftersträvas.

För att förenkla valet av LECA konstruktioner som fyller uppställda ljudisoleringskrav, redovisas följande uppgifter:

1. Ljudisoleringen i byggnad hos
väggar (murblock respektive element)
bjälklag (element)
2. Konstruktionsexempel för anslutningar som begränsar flanktransmissionen till acceptabel nivå.

Dessutom lämnas ljudabsorptionsdata för LECA produkter och uppgifter om metoder att montera maskiner så att stömljudsstörningar undviks.

Rekommenderade konstruktioner

Uppgifterna om ljuddimensionering är baserade på laboratorie- och fältmätningar av ljudisoleringen samt på teoretiskt underlag. Ur diagrammen i broschyren erhålls de **ljudisoleringsvärden i byggnad** som normalt kan påräknas vid användning av rekommenderade anslutningsförfaranden för LECA väggar och bjälklag. För andra utföranden av anslutande konstruktioner och detaljer bör ljudkonsekvenserna specialstuderas, eftersom avsevärt sämre totalresultat kan riskeras.

För att underlätta vid valet av konstruktioner som klarar de nya, skärpta ljudklassningskraven enligt BBR 99, planerar AB Svensk Leca att successivt utge **kompletteringsblad** till denna broschyr.

Utgivningen sker i takt med att de föreslagna konstruktionerna har dimensionerats och provats genom mätningar.

Projekteringsanvisningarna har utarbetats i samråd med:
Hans Elvhammar, Ingemansson Technology AB, Göteborg.
Illustrationer: Ulrika Larsson, d.o.

Innehåll	Sida
Fakta om byggnadsakustik	5
Akustiska kvalitetsmått	
Ljudtrycksnivå i rum och byggnad	
Luftljudsisolering i byggnad	
Stegljudsisolering i byggnad	
Stomljudsisolering i byggnad	
Ljudabsorption – efterklangstid	
Krav och rekommendationer enligt BBR 99	6
Ljudklassning för bostäder	
Ljudkrav och rekommendationer enligt BBR för lokaler	
Ljudklassning för vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell	
Huvudprinciper för ljudprojektering	9
Ljudkrav i projekt	
Konstruktionsproblematik - ljudisolering	
Typexempel 1. Sammanbyggda enbostadshus	
Typexempel 2. Flerbostadshus	
LECA produkternas ljudegenskaper	11
Materialegenskaper	
LECA murblock och vägg-/bjälklagselement	
LECA konstruktioners ljudisolering	12
Ljudklassning av väggar	
Ljudklassning av bjälklag	
Ljudklassning av takelement	
Anslutningsexempel	18
Sammanbyggda enbostadshus (rad- och kedjehus)	
Flervåningshus (flerbostadshus)	
Vårdlokaler, skolor, kontor etc.	
Ljudabsorption	20
Absorptionsdata för cementbunden LECA	
LECA trafikbullerskärm	
Maskinuppställning på bjälklag av LECA lättklinkerbetong	21
Litteraturförteckning	22

FAKTA OM BYGGNADSAKUSTIK

Akustiska kvalitetsmått

Den ljudmiljö som upplevs av människor inne i eller i omedelbar anslutning till byggnader kan beskrivas av ett antal storheter som karakteriserar den **akustiska kvaliteten**. Dessa storheter belyser förhållandena geografiskt: i rummet, i byggnaden och i omgivningen. I tabellen anges också vanliga beteckningar och enheter.

För kvalitetsmåten i tabellen finns olika myndighetskrav och rekommendationer; främst gäller dessa omgivningen, se även litteraturförteckningen på sidan 22. Betäckningar och enheter som gäller för rummet och byggnaden, förklaras nedan.

I denna informationsskrift behandlas huvudsakligen luft- och stegljudsisoleringen samt ljudabsorptionen hos LECA konstruktioner. Myndighetskrav gällande för några byggnadstyper anges i Boverkets Byggregler BBR 99, se separat avsnitt på sidan 6.

Geografiskt omr./ Beteckning	Enhet	Ljudorsak/källa/egenskap	akustisk storhet
Rummet			
Ljudtrycksnivå (A-vägd) ^{*)}	L_A	dB	Verksamhetsbuller, installationsbuller, buller utifrån
Efterklangstid	T	s (sek.)	Rumsakustisk dämpning (ljudabsorption)
Byggnaden			
Luftljudsisolering	R'_w	dB	Avskiljning för luftljud såsom samtal mellan rum i byggnaden
Stegljudsisolering	$L'_{n,w}$	dB	Avskiljning av ljud från fotsteg på golv i ett rum till annat rum i byggnaden
Stomljudsnivå (A-vägd)	L_A	dB	Vibrationer från maskin/installation, överförs till böjvägningar i byggnadsstomme. Ger hörbart ljud (stomljud) i rum ofta långt från källan
Vibrationer – vibrationshastighet	v	m/s	Vibrationer som är kännbara i t.ex. golv och/eller som ger hörbart stomljud
Vibrationsnivå ^{**) (Vibrationsisolering)}	L_v	dB	(Elastiskt montage av vibrerande maskin etc. ger minskad överföring av vibrationer till byggnadsstommen; sänker stomljudsnivån)
Omgivningen			
Ljudtrycksnivå (A-vägd)	$L_{A,eq}$	dB	Samhällsbuller (luftljud från industri, trafik, flyg)
Vibrationer – vibrationshastighet	v	m/s	Markvibrationer orsakade av industri, byggarbetsplatser, tåg- och vägtrafik etc. (Överförs till byggnader, ger kännbara vibrationer och/eller stomljud)

*) Enligt gällande standardisering skall hittillsvarande begrepp "ljudnivå", enhet dBA, ersättas av begreppet *A-vägd ljudtrycksnivå*, enhet dB. I denna broschyr används dock den äldre terminologin i löpande text, eftersom den är väsentligt enklare och ändå entydig. Referensnivå i dB-skalan är ljudtrycket $20\mu\text{N}/\text{m}^2$ ("hörtröskeln").

**) Referensnivå i dB-skalan är 10^{-9} m/s

***) Ekvivalent A-vägd ljudtrycksnivå $L_{A,eq}$ är vanligaste enheten, se dock högerspalten.

Ljudtrycksnivå i rum och byggnad

Störande luftljud (= oönskat ljud eller "buller") i rum inom en byggnad orsakas vanligen av samhällsbuller som tränger in genom fönster, ventiler etc. eller av verksamhet alternativt installationer i rummet (ventilationsdon, kylfläktar, maskiner) och karakteriseras med L_A , **A-vägda ljudtrycksnivån** uttryckt i enheten dBA (skrivsättet L_{pA} förekommer också). Också stomljud, som orsakas av vibrationer vilka sprids i byggnadsstommen, kan ge störande luftljud i åtskilliga rum inom byggnaden, vilket också karaktäriseras med L_A .

A-vägning innebär att man vid ljudmätning tar hänsyn till hörselns lägre känslighet för låga frekvenser – bastoner. Även C-vägning (betecknad L_C , dBC) förekommer vid mätning, se kraven för ljudnivå i BBR 99. C-vägningen används för att värdera buller som domineras av lågfrekventa komponenter.

Vid fluktuerande buller anger man antingen ljudnivåns maximala värde $L_{A,max}$ dBA^{*)} eller dess ekvivalenta värde $L_{A,eq}$ dBA, dvs. ett medelvärde under en angiven tidsperiod, t.ex. en dag.

En ljudnivåhöjning med 8 å 10 dBA uppfattas av hörseln såsom en fördubbling av hörstyrkan för de flesta typer av buller.

Luftljudsisolering i byggnad

Luftljudsisoleringen mellan två rum i en byggnad beror främst av *skiljekonstruktionens* ljudisolerande förmåga, som kallas reduktionstal R_w ^{**) (dB)}, dvs. av det ljud som **passerar** genom konstruktionen (väggen, bjälklaget).

Ljudtransport genom *angränsande konstruktioner* – **flanktransmission** – påverkar emellertid också den ljudisolering som nås i byggnad. Dessa konstruktioners dimensioner, utformning och sammanfogning är av vital betydelse; olämpliga samband kan ge flanktransmission som allvarligt nedsätter isoleringen.

Luftljudsisoleringen i byggnad anges som "vägt" reduktionstal R'_w (dB), se vidare i tabell 1, sidan 7 (i tillämpliga fall anges också anpassningstermen).

Ju högre R'_w -värde, desto bättre isolering.

Stegljudsisolering i byggnad

Direkt **stegljudsöverföring** från fotsteg i ett rum till främst underliggande rum uppträder på samma sätt som överföring av luftljud. Bjälklagets grundkonstruktion jämte golvbeläggning respektive flytande golv, undertak (på bjälklagets undersida) är avgörande för direktljudets omfattning.

Flanktransmission, som oftast påverkas av samma faktorer som vid luftljud, kan öka stegljudsöverföringen.

*) mätning sker vanligen med tidskonstanten "Fast" inställd på ljudnivåmätaren.

**) Det vägda reduktionstalet R_w (dB) för konstruktionen mäts i laboratorium (dvs. utan flanktransmission). Med samma skiljekonstruktion i byggnad erhålls det vägda reduktionstalet R'_w (dB) inklusive flanktransmission.

Ljudisoleringen mäts normalt i s.k. tersband inom frekvensområdet 100–3150 Hz. Jfr dock avsnittet "Krav enligt BBR 99" på sidan 6, där även området 50–100 Hz ingår – **anpassningstermen** $C_{50-3150}$ skall tillämpas. Vägning av reduktionstalet innebär att hänsyn tas till ljudisoleringens variation med ljudets frekvens när man bildar ensiffervärdet (reduktionstalet) R'_w . Vägningen gäller egentligen endast ljud med den frekvenssammansättning som förekommer vid tal-kommunikation.

Vid mätning av stegljudsöverföring används en standardiserad hammarapparat som bearbetar golvytan i mättrummet med stötkrafter. Ljudtrycksnivån som då uppstår i annat rum – **stegljudsnivån $L_{n,w}$ (dB)** – utgör ett mått på stegljudsisoleringen.

Kravet på stegljudsisolering i byggnad anges som ”vägd” stegljudsnivå $L'_{n,w}$ (dB), se vidare i tabell 2, sidan 7.

Obs: Ju lägre $L'_{n,w}$ -värde, desto bättre stegljudsisolering.

Stomljudsisolering i byggnad

Stomljud orsakas av vibrationer som utbredds i byggnadsstommen. Vanliga vibrationsorsaker är gångtrafik (se **stegljud** ovan), maskiner – fläktar, pumpar, kylkompressorer, kopieringsmaskiner etc. – samt installationer i form av hissar, vattenledningar och armaturer uppställda eller infästade i en byggnad.

Kravet på stomljudsisolering i byggnad uttrycks – indirekt – som högsta tillåtna ljudnivå L_A (dBA) i rum, orsakad av installationer i byggnaden, se *tabell 3, sidan 7*.

Behovet av hög stomljudsisolering – låg ljudnivå – kan tillgodoses med styva, tunga byggnadskonstruktioner samt vibrationsisolering (elastisk infästning) av maskiner, installationer etc.

Ljudabsorption – efterklangstid

En del av det ljud som faller in mot ett poröst material med öppna porer – t.ex. textilier, mineralull, vissa skumplaster och cementbunden LECA – omvandlas till värme och **absorberas**. Absorptionsgraden beror av materialets egenskaper, tjocklek och montage; den anges i procent (eller som absorptionsfaktorn, 0–1, där 1 innebär att all infallande ljudenergi tas upp av materialet) och är frekvensberoende.

En produkt som är speciellt utformad för att åstadkomma ljudabsorption, kallas *ljudabsorbent*. Beklädnad av tak och väggar i ett rum med ljudabsorbent påverkar rummets ”klang”, dvs. *efterklangstiden*.

Stor beklädd absorptionsyta ger kort efterklangstid.

Efterklangstiden T (sekunder) i samlingslokaler, musiksalar etc. skall avstämmas till ett visst optimalt värde för att ge god hörbarhet och goda lyssningsförhållanden i rummet. Kort efterklangstid ($< c:a 1$ s) i ett rum minskar ljudets spridning och bidrar till att sänka ljudnivån från bullerkällor.

*) Den vägda stegljudsnivån $L'_{n,w}$ (dB) i byggnad mäts normalt i s.k. tersband inom frekvensområdet 100–3150 Hz. Vid krav där lågfrekvent isolering vid 50–100 Hz inkluderas, se tabell 2, gäller anpassningstermen $C_{1,50-2500}$

KRAV OCH REKOMMENDATIONER ENLIGT BBR 99

Boverkets Byggregler BBR [Ref 1] – här kallad BBR 99 – anger behovet av ljudstandard för bostäder, vårdlokaler, fritidshem, daghem o.dyl., undervisningsrum i skolor samt rum i arbetslokaler avsett för kontorsarbete, samtal o.dyl. Det framhålls att dessa ”*skall* utformas så att buller utomhus och i angränsande utrymmen dämpas i den omfattning som verksamheten kräver och inte i besvärande grad påverkar dem som arbetar eller vistas i lokalen”.

Minimikrav

Bindande **minimikrav** anges för bostäder, se ”Ljudklassning” nedan samt för ljudnivå från installationer i övriga lokaltyper. I tabell 1–3 återges gällande kravvärden enligt BBR 99. Bestämmelserna gäller byggnader för vilka byggnämnan inlämnats efter den 1 januari 1999.

Rekommendationer

I de fall kravvärden saknas i BBR 99 för andra lokalkategorier, t.ex. hotell, laboratorier och samlingslokaler, får detta givetvis ej tolkas så att ljudfrågorna inte behöver beaktas. Här tillämpas **rekommendationer**, se ”Ljudklassning för vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell” sidan 8 samt avsnittet ”Ljudkrav i projekt”, sidan 9.

Ljudklassning för bostäder

I BBR 99 anges **minimiljudkravet enligt Klass C** för bostäder i flerfamiljshus med hänvisning till Svensk Standard SS 02 52 67 ”Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Bostäder (1998) [Ref 5].

Standarden ger anvisningar för ljudklassning av bostäder i Klass A–D, se tabellerna 1–6 på sidorna 7–8.

Klass C motsvarar hittillsvarande ljudisoleringsstandard.

I standarden har som nämnts – införts så kallade **anpassningstermer** – för luft- och stegljudsisoleringen vilka utvidgar det frekvensområde inom vilket ljudkraven gäller. Orsakerna till att termerna införts är främst att man vill begränsa lågfrekventa störningar (ca 50–100 Hz från stereo, TV etc.) mellan lägenheter. Sådana störningar har blivit mycket vanliga och besvärande på senare år.

Anpassningstermerna gäller:

- *luftljudsisolering*, frekvensområde 50–3150 Hz, benämnes $C_{50-3150}$
- *stegljudsisolering*, frekvensområde 50–2500 Hz, benämnes $C_{l, 50-2500}$.

Kravet på luftljudsisolering formuleras numera som R'_{w} alternativt $R'_{w} + C_{50-3150}$ dB

Kravet på stegljudsisolering formuleras numera som $L'_{n,w}$ alternativt $L'_{n,w} + C_{l, 50-2500}$ dB.

Ljudklassernas innebörd anges vara:

Ljudklass A: Ljudklassen motsvarar mycket goda ljudförhållanden.

Ljudklass B: Ljudklassen motsvarar betydligt bättre ljudförhållanden än ljudklass C. Berörda personer kan ändå i vissa fall vara störda. Denna ljudklass är minimikrav om god ljudmiljö efterfrågas.

Ljudklass C: Ljudklassen motsvarar ljudförhållanden som tillämpas som minimikrav i svenska byggnader.

Ljudklass D: Ljudklassen motsvarar ljudförhållanden som är avsedda att tillämpas när ljudklass C inte kan uppnås, t.ex. i samband med ombyggnad. Ljudklassen motsvarar ljudförhållanden som kan förekomma i stenhus från förra sekel-skiftet.

BBR krav för bostäder

– Klassindelning ljudisolering

BBR 99 krav för bostäder är uppfyllda om

- minst de värden som anges för klass C i tabellerna 1 och 2 (skuggad kolumn) nedan uppnås
- rekommendationen i tabell 1, not 1 följs
- rekommendationen i tabell 2, not 1 följs.

Tabell 1. Luftljudisolering. Minsta värden för vägt reduktionstal, R'_{w} eller $R'_{w} + C_{50-3150}$. Enligt SS 02 52 67.

Utrymme	Klass A $R'_{w} + C_{50-3150}$ dB	Klass B $R'_{w} + C_{50-3150}$ dB	Klass C R'_{w} dB	Klass D R'_{w} dB
Mellan lägenhet och utrymmen utanför lägenhet	60	56	52 ¹⁾	48
Dock mellan loftgång och lägenhet samt mellan trapphus/korridor och hall (eller motsvarande avskiljbara) utrymme innanför tamburdörr	48	44	39 ¹⁾	36
Inom lägenhet med fler än 2 rum. Mellan minst ett rum och bostadens övriga rum/kök.	44	40	–	–

1) Det rekommenderas att anpassningstermen, $C_{50-3150}$, används också i klass C. Om termen används skall samma gränsvärde tillämpas. **Vår anm. Detta är ett krav enligt BBR!**

Anm. 1. Klassningen är inte tillämplig i extrema situationer av typen ”musiklokal under bostad”. I dylika fall kan även klass A vara otillräcklig. En särskild dimensionering bör utföras så att kraven på högsta ljudtrycksnivå i tabell 3. Klass B uppfylls.

Anm. 2. Beträffande dörrars ljudisolering ges vägledning i Bilaga A till standarden (återges ej här). I Klass C bör man välja en dörr i minst Klass R'_{w} 35 dB mot en hall i lägenhet. För lägenheter med bostadsrum direkt mot trapphus gäller första raden i tabell 1. Man bör välja en dörrkonstruktion i minst Klass R'_{w} 50 dB. Hur man räknar ut det resulterande reduktionstalet hos en skiljekonstruktion som är uppbyggd av olika byggdelar med

olika reduktionstal visas i Bilaga F – (återges ej här).

Anm. 3. Skärpningen mellan Klass C och Klass B kan speciellt för lätta konstruktioner – på grund av anpassningstermens utökade frekvensområde – många gånger bli betydligt större än den klasskiljande differensen 4 (5) dB.

Tabell 2. Stegljudisolering. Högsta värden för vägd normaliserad stegljudsnivå, $L'_{n,w}$ eller $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ Enligt SS 02 52 67

Utrymme	Klass A $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ dB	Klass B $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$ dB	Klass C $L'_{n,w}$ dB	Klass D $L'_{n,w}$ dB
I bostadsrum från utrymme utanför lägenhet	50	54	58 ¹⁾	62
Dock från trapphus, korridor eller loftgång	56	60	64 ¹⁾	68
Inom lägenhet. Till ett av flera bostadsrum	64	68	–	–

1) Det rekommenderas att anpassningstermen, $C_{1,50-2500}$, används också i Klass C, på samma sätt som i Klasserna A och B. Om termen används gäller gränsvärdet således både för $L'_{n,w}$ och $L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$. **Vår anm. Detta är ett krav enligt BBR!**

Anm. 4. Beträffande stegljudsdämpning för övergolvlösning ges vägledning i standardens Bilaga B.

– Denna återges ej här, istället hänvisas till data för LECA bjälklag med golvbeläggning, tabell 10 respektive 11.

Anm. 5. BBR anger att Klass A och B kan väljas om särskilt goda ljudförhållanden eftersträvas. Några särskilda **krav för sammanbyggda småhus (radhus etc.) finns alltså inte** längre, men denna rekommendation bör beaktas vid dessa hustyper.

Klassindelning ljudtrycksnivåer

– BBR rekommendationer för bostäder

Tabell 3. Ljudnivå inomhus från installationer. Högsta värden för A- och C-vägda ekvivalenta ljudnivåer, L_{pA} och L_{pC} , och för A-vägda maximala ljudtrycksnivåer L_{pAFmax} .

Enligt SS 02 52 67.

Utrymme	Typ av krav	Klass A dB	Klass B dB	Klass C dB	Klass D dB
Bostadsrum utom kök	L_{pA}	22	26	30	30
	L_{pAFmax}	27	31	35	35
	L_{pC}	42	46	50 ²⁾	50
		Inga toner	Inga toner	Inga toner	Inga toner
Kök	L_{pA}	31 ¹⁾	35 ¹⁾	35 ¹⁾	39 ¹⁾
	L_{pAFmax}	36 ¹⁾	40 ¹⁾	40 ¹⁾	44 ¹⁾
	L_{pC}	51 ¹⁾	55 ¹⁾	–	–

1) För köksfläktar under forcering gäller 10 dB högre värden

2) Kravet gäller sovrum

Anm. 5. Beträffande installationers ljudeffektnivå ges vägledning i Bilaga C (återges ej här).

vägda, ekvivalenta och maximala, ljudtrycksnivåer, L_{pA} och L_{pAFmax} .
Enligt SS 02 52 67.

Anm. 6. Med L_{pAFmax} menas den nivå som överskrider minst 5 gånger per

Utrymme	Typ av krav	Klass A	Klass B	Klass C	Klass D
Bostadsrum	L_{pA}	22	26	30	34
	L_{pAFmax}	37	41	45	49
Kök	L_{pA}	27	31	35	39

natt (22.00–06.00). Mätning bör ske enligt NT ACOU 039 eller NT ACOU 056 för vägtrafikbuller eller enligt NT ACOU 098 för tågtrafikbuller [Se ref. 13].

Anm. 7. Beträffande fasaders ljudisolering ges vägledning i Bilaga D. (Återges ej här).

Tabell 5. Högsta värden för efterklangstid, T.

Enligt SS 02 52 67

Anm. 8. För att kraven ska uppfyllas krävs i regel att ljudabsorbenter till-

Utrymme	Klass A (s)	Klass B (s)	Klass C (s)	Klass D (s)
Trapphus	0,8	1,2	1,5	–
Korridor	0,6	0,8	1,0	–

förs. I bilaga E ges vägledning till hur kraven kan hanteras uttryckt i minsta absorberare med viss absorptionsklass (bilaga E återges ej här).

Tabell 6. Ljudnivå vid uteutrymme från trafikbuller ¹⁾.

Högsta värden för A-vägda, ekvivalenta och maximala, ljudtrycksnivåer, L_{pA} och L_{pAFmax} . Enligt SS 02 52 67.

1) För externt industribuller och fläktar gäller SNV:s Råd och riktlinjer 1978:5 [Se ref. 15]

Utrymme	Typ av krav	Klass A	Klass B	Klass C	Klass D
Utanför minst hälften av bostadsrummen i varje lägenhet	L_{pA}	46	50	54	58
	L_{pAFmax}	51	55		
På minst ett uteutrymme/balkong i anslutning till lägenheten	L_{pA}	46	50	54	58

Anm. 9. Lämplig mätmetod är för vägtrafikbuller i första hand NT ACOU 039 eller då denna inte kan tillämpas NT ACOU 056. För tågtrafikbuller rekommenderas NT ACOU 098. Med L_{pAFmax} menas den nivå som överskrider minst 5 gånger per dygn [Se ref. 13].

Ljudkrav och rekommendationer enligt BBR för lokaler

I BBR 99 anges också ljudkrav och rekommendationer för vårdlokaler, fritidshem, daghem o.d., undervisningsrum i skolor samt rum i arbetslokaler avsett för kontorsarbete, samtal o.d. Dessa anvisningar är mindre väl underbyggda än motsvarande för bostäder; arbete med ett ljudklassningssystem pågår (se sidan 9).

De olika verksamheterna i **skolor** försiggår i många typer av speciallokaler vilka kräver en differentiering av ljudmiljön, exempelvis lokaler för musikundervisning, studierum, bibliotek etc. I BBR 99 hänvisas till handboken ”Att se, höra och andas i skolan”, Akustikavsnittet sid 49–78 [Ref 2].

Krav: Ljudtrycksnivåer från installationer

Tabell 7. Ljudtrycksnivån från installationer inom och utom vårdlokaler,

fritidshem, daghem o.d. samt undervisningsrum i skolor **får inte** överstiga de i tabellen angivna värdena. Högsta tillåtna värden på ljudtrycksnivå från installationer, L_{pA} och L_{pAFmax} .

Rekommendationer: Ljudtrycksnivåer från trafik

Tabell 8. Ljudtrycksnivån inomhus på grund av vägtrafik.

Byggnadsdel	Högsta tillåtna A-vägda ljudtrycksnivå, dB
I rum avsett för sömn och vila samt i rum avsett för undervisning i skolor:	
– Ljud med lång varaktighet	$L_{pA} = 30$
– Ljud med kort varaktighet ¹⁾	$L_{pAFmax} = 35$

1) Angivet värde gäller inte om ljudet alstras p.g.a. egna aktiviteter inom rummet

Dygnsekvivalent ljudtrycksnivå, L_{pA} , samt maximal ljudnivå, L_{pAFmax} , på grund av vägtrafik **bör inte** överstiga de i tabellen angivna värdena.

Rekommendationer: luft- och stegljudisolering

Tabell 9. Luftljudisolering. Luftljudisoleringen mellan rum, R'_{w} , **bör**

Mätpunkt	Högsta rekommenderade A-vägda ljudtrycksnivå, dB
I vårdlokaler, fritidshem, daghem o.d. samt i undervisningsrum i skolor	$L_{pA} = 30$
– i vådrum avsett för sömn och vila bör dessutom maximal ljudtrycksnivå nattetid mellan kl 2200 och 0600 högst fem gånger per natt tillåtas överstiga	$L_{pAFmax} = 45$
I rum i arbetslokaler avsett för kontorsarbete, samtal o.d.	$L_{pA} = 40$

inte underskrida de i tabellen angivna värdena.

1) Dock inte för korridorvägg eller vägg med dörr.

2) Dock inte mellan trapphus alt. korridor och kontorsrum.

Byggnadsdel	Luftljudisolering (dB)
Mellan vådrum avsett för sömn och vila eller undervisningsrum i skolor och utrymmen utanför ¹⁾	$R'_{w} = 48$
Mellan rum i arbetslokaler avsett för kontorsarbete, samtal o.d. och andra utrymmen inom byggnaden men utanför kontoret ²⁾	$R'_{w} = 44$

Tabell 10. Stegljudisolering. Stegljudsnivån, $L'_{n,w}$, **bör inte** överstiga de i tabellen angivna värdena.

1) Dock inte vid mätning från trapphus eller korridor e.d.

Mätpunkt	Stegljudsnivå (dB)
I vådrum avsett för sömn och vila samt i undervisningsrum i skolor	$L'_{n,w} = 64$
I rum för kontorsarbete o.d. i arbetslokaler vid mätning från andra utrymmen inom byggnaden men utanför kontoret ¹⁾	$L'_{n,w} = 68$

Ljudklassning för vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell

Det pågår ett arbete att förbättra informationen om de behov av akustisk miljö som föreligger i byggnader och lokaler med olika slag av verksamhet. Dessa verksamheter är i många fall mycket skiftande från rum till rum och såväl krav som rekommendationer för ljudisolering och ljudnivå bör därför vara mera differentierade än i BBR 99.

För närvarande (februari 2000) föreligger ett **utkast till svensk standard SS 02 52 68 "Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell"**. Det kan väntas att denna standard i sin slutliga utformning innehåller underlag för en mera anpassad ljudprojektering av nämnda lokaltyper.

HUVUDPRINCIPER FÖR LUDPROJEKTERING

Ljudkrav i projekt

Som grund för ljudprojektering av en byggnad erfordras en klart definierad målsättning (eller krav) för vilken ljudmiljö som skall uppnås. Vi rekommenderar att målsättningen grundas på gällande bestämmelser respektive på sammanställda erfarenheter med hänsyn till den verksamhet som planeras i den nya byggnaden.

Boverkets Byggregler BBR 99 ger väl underbyggda riktlinjer för minimikrav vid vissa byggnads- och rumstyper, se ovan. Det är uppenbart att man härutöver i sjukhus, skolor, samlingslokaler, kontor etc. måste välja byggnadskonstruktioner och rumsutformning som ger ett **för verksamheten anpassat ljudklimat**.

Mera detaljerad vägledning baserad på långvariga erfarenheter återfinns i Ljudguiden [Ref 3] samt i utkast till svensk standard SS 02 52 68 (med utgångspunkt i Ljudguiden). De äldre SPRI-råden [Ref 4] ger en differentierad kravbild för vårdbyggnader.

Vi berör i dessa anvisningar främst behov och krav på ljudisolering. Tabell 11 ger en uppfattning om innebörden av olika värden för luftljudsisolering.

Tabell 11. Innebörden av luftljudsisoleringvärden R'_w vid olika ljudkällor.

R'_w dB	Normalt tal, kontorsmask.	Högröstat samtal	Skrik	Högtalarljud måttlig nivå	Discodunk ¹⁾
Ca 30	Hörs, uppfattas	Hörs tydligt, uppfattas	Hörs tydligt, uppfattas	Hörs tydligt, uppfattas	Hörs starkt
36	Hörs, uppfattas svagt	Hörs tydligt, uppfattas	Hörs tydligt, uppfattas	Hörs tydligt, uppfattas	Hörs starkt
40	Hörs svagt, stör ej	Hörs, uppfattas	Hörs, uppfattas	Hörst, uppfattas	Hörs starkt
44	Hörs ej	Hörs svagt	Hörs	Hörs, uppfattas	Hörs tydligt
48		Hörs ej	Hörs	Hörs	Hörs tydligt
52			Hörs svagt	Hörs svagt	Hörs tydligt
56			Hörs ej	Hörs svagt, basljud hörs	Hörs tydligt
60				Hörs ej	Hörs

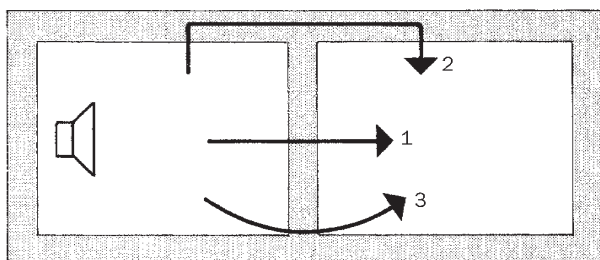
1) Sprids ofta som stomljud – hörbarheten är då ej enbart beroende av luftljudsisoleringen

Konstruktionsproblematik – ljudisolering

Om ett uppställt ljudkrav mellan två rum skall kunna uppfyllas i färdig byggnad, fordras att följande villkor tillgodoses, se även ljudöverföringsvägarna i figur 1:

- Skiljekonstruktionen skall ha reduktionstal respektive stegljudsisolering som **med marginal fyller kravet**
- Flanktransmissionen begränsas
- Ljudläckage i otäta anslutningar etc. elimineras.

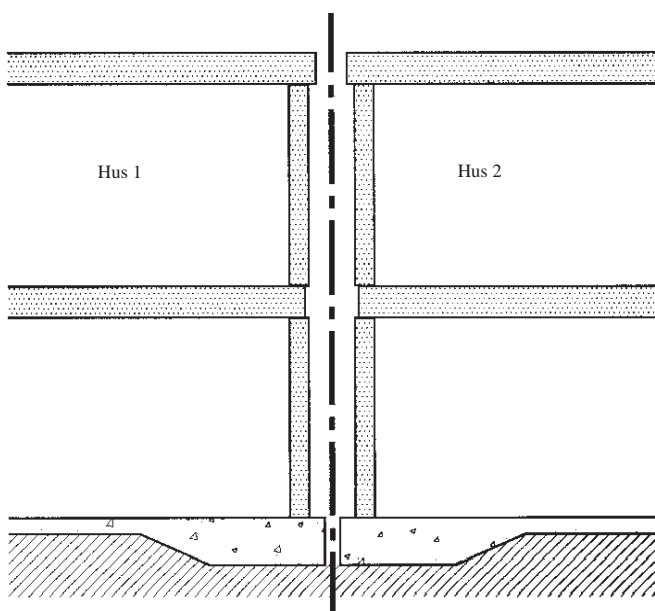
I byggnad kan flanktransmissionen ej helt elimineras. Därför nås ej luftljudsisolering svarande mot reduktionstalet R_w (uppmäts i laboratorium) för en vägg- eller bjälklagskonstruktion som följd av flanktransmissionens försämrande inverkan. För stegljudsisoleringen diagonalt eller i sidled kan flanktransmissionen vara helt avgörande.



Figur 1

Anmärkning

För att åstadkomma önskvärd stomljudsisolering – framförallt mot lågfrekventa ljud som uppkommer t.ex. vid spring i trätrappor – är det ibland nödvändigt att helt bryta den stumma kontakten mellan stommarna i två byggnadsenheter. Vid sammanbyggda enbostadshus av typ radhus avdelas oftast därför två lägenheter med en fog genom byggnadens samtliga plan, se figur 2.

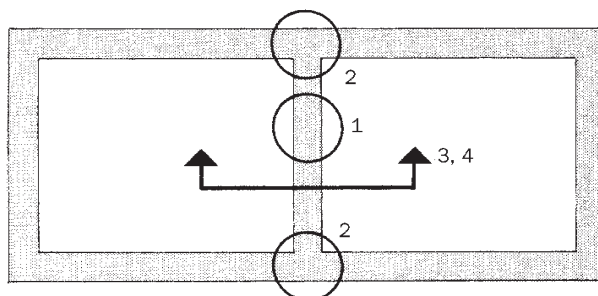


Samtidigt uppnås att flanktransmissionen för luft- och stegljud begränsas effektivt.

Ljud begränsas effektivt.

Figur 2

Typexempel 1. Sammanbyggda enbostadshus



Figur 3 visar de primära konstruktionsdetaljer som skall granskas när det finns en enda, gemensam ljudavskiljande byggnadsdel (vägg):

Figur 3

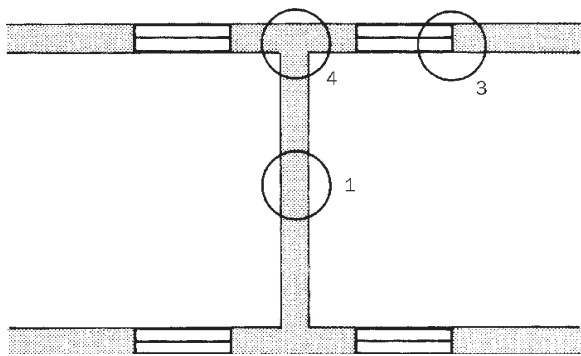
1. **Bostadsskiljande vägg inkl. grundläggning.** Välj reduktionstal som med marginal uppfyller ljudkravet.
2. **Yttervägg (innervägg) inkl. grundläggning.** Anslutningar mellan skiljevägg och flankerande yttervägg/innervägg inkl. grundläggning. Begränsa flanktransmission och hindra ljudläckage.
3. **Våningsskiljande bjälklag och/eller bottenbjälklag.** Anslutning mellan bostadsskiljande vägg och bjälklag (speciellt platta på mark), se punkt 2.
4. **Vindsbjälklag/takkonstruktion.** Anslutning mellan bostadsskiljande vägg och vindsbjälklag/takkonstruktioner. Bostadsskiljande vägg i takutrymmet, se punkt 2.

Byggkonstruktionselement – helt eller delvis av LECA lättklinkerbetong – som tillfredsställer lämplig ljudklass för sammanbyggda enbostadshus, visas i avsnittet **LECA konstruktioners ljudisolering**, tabell 9 (*dubbelväggar*), samt i diagram 1 och 2 (*enkeltväggar*). Exempel på utformning av anslutningar mellan konstruktionselement visas i avsnittet **Anslutningsexempel**, figur 11.

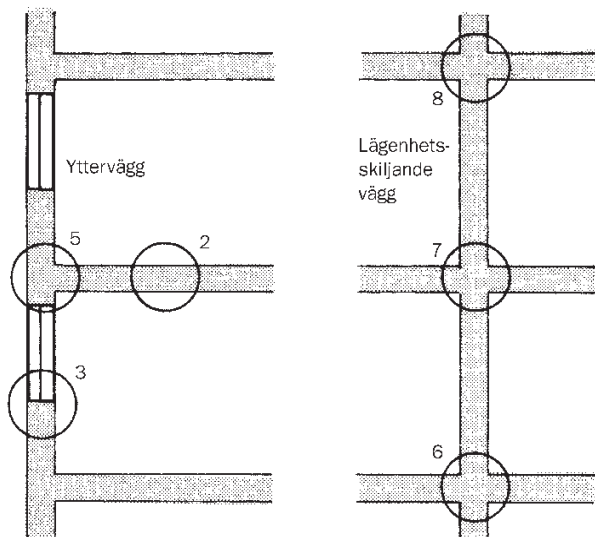
Kompletterande konstruktionsexempel planeras.

Typexempel 2. Flervåningshus – flerbostadshus

Bilderna i figur 4 nedan illustrerar – på samma sätt som figur 3 – de ljudmässigt primära detaljerna i byggnader där det, förutom horisontellt bostadsskiljande byggnadsdelar (väggar), även finns vertikalt avskiljande (bjälklag).



Plan



Vertikalsnitt

Figur 4

1. **Bostadsskiljande vägg** inkl. grundläggning. Välj reduktionstal som med marginal uppfyller uppställt ljudkrav.
2. **Platta på mark, lägenhetsskiljande bjälklag** (se punkt 1), vindsbjälklag eller takkonstruktion. Välj reduktions-tal och stegljudsförbättrande övergolvs-konstruktion som med marginal uppfyller uppställt ljudkrav. Begränsa flanktransmission och hindra ljudläckage.
3. **Yttervägg** inkl. grundläggning, se punkt 2.
4. **Anslutning mellan lägenhetsskiljande vägg och yttervägg** samt grundläggning, se punkt 2.
5. **Anslutning mellan bjälklag och yttervägg**, se punkt 2.
6. **Anslutning mellan platta och mark och lägenhetsskiljande vägg**, se punkt 2.
7. **Anslutning mellan bjälklag och lägenhetsskiljande vägg**, se punkt 2.
8. **Anslutning mellan vindsbjälklag/takkonstruktion och lägenhetsskiljande vägg**, se punkt 2

Byggkonstruktionselement – helt eller delvis av LECA betong – som tillfredsställer ljudkraven i flervåningsbyggnader, visas på sidan 12 och 13 i avsnittet **LECA konstruktioners luftljudsisolering**, diagram 1 och 2. För att klara stegljudskravet skall konstruktionerna i tabellerna 10 och 11 beaktas. Anslutningar som begränsar flanktransmissionen i erforderlig grad framgår i avsnittet Anslutningsexempel (sidan 18), figur 10.

LECA PRODUKTERNAS LUDEGENSKAPER

De LECA produkter som behandlas här från akustisk synvinkel är:

- LECA lättklinker som kapillärbrytande och värmeisolerande konstruktion under betongplatta på mark,
- LECA murblock,
- LECA vägg- och bjälklagselement samt
- LECA ljudskärmar och akustikskikt (i kombination med element).

Materialegenskaper – lös lättklinker

LECA lättklinker

Basprodukten LECA lättklinker är i akustiska sammanhang främst gynnsamt såsom underlag vid betongplatta på mark, se konstruktionsexempel i figurerna 10 respektive 11 (sida 18 respektive 19).

Flanktransmissionen i horisontell led för betongplatta på packad LECA fyllning är avsevärt mindre än vid platta på mineralull eller styroporcellplast. Mätningar visar att **förlustfaktorn** är betydligt högre vid LECA lättklinker, vilket betyder kraftigt minskad stomljudsutbredning i plattan.

Exempel:

Ungefärlig förlustfaktor η vid 1000 Hz för 80 mm betongplatta på ca 150 mm packad lös LECA lättklinkerfyllning, sortering 12–20 mm respektive på 80 mm styroporcellplast och 70 mm mineralull framgår av sammanställningen nedan. Vid alla material uppträder en spridning, betingad bl.a. av arbetsutförande.

Tabell 11. Förlustfaktor

Material	Förlustfaktor η_{1000}
LECA lättklinker, densitet ca 300 kg/m ³	0,1
Styroporplast, densitet ca 30 kg/m ³	0,01
Mineralull, densitet ca 100 kg/m ³	0,01

Tabell 12. Densitet

LECA lättklinker, sortering	Densitet kg/m ³	
	nom.	övre
2–6 mm	400	500
4–12 mm	300	360
12–20 mm	260	320

Tabell 13. Elasticitetsmodul

LECA lättklinker (sortering 12–20 mm)	E-modul MPa	
	Statisk	Dynamisk
Cementbunden	Ca 25	Ca 30–50
Packad	Ca 20	–
Löst utfyllt	Ca 10	–

LECA murblock och vägg-/bjälklagselement

Luftljudsisoleringen (reduktionstalet) hos en homogen skiljekonstruktion beror av plattans/skivans styvhet, ytvikt (densitet), dynamiska elasticitetsmodul och förlustfaktor. Detta betyder exempelvis att putsning eller annan ytbehandling av en vägg kan kraftigt påverka reduktionstalet, vilket framgår av produkt-egenskapsredovisningen nedan.

A. Murblock

LECA murblock innehåller LECA lättklinker och cement; även naturlig ballast (sand) kan förekomma och murblocken tillhör alltså gruppen porballastbetongprodukter.

LECA murblock typ 3, som är den vanligaste produkten, är en "porös produkt", som måste **tätas** – på minst ena sidan – för att eliminera ljudläckage och ge påtaglig luftljudsisolering. Detta gäller även då man väljer LECA murblock typ 5 i avsikt att nå hög ljudisolering.

Tabell 14. Murblockstyper

Material	Densitet kg/m ³
LECA murblock typ 3	Ca 650
LECA murblock typ 5	Ca 900

B. Element

1. LECA tak- och bjälklagselement tillverkas enligt två huvudprinciper:

• **Sandwichelement**

Dessa har topp- och bottenlåg av LECA lättklinkerbetong med densiteten 1700 kg/m³ och mellanskikt med densitet 1000 kg/m³

• **Homogena element** med densitet ca 1700 kg/m³

2. LECA väggelement (plank) tillverkas som homogena element med densitet ca 1000 kg/m³. Element med högre ljudisoleringvärden kan tillverkas med densiteten ca 1700 kg/m³.

För homogena plattor med densitet överskridande ca 1500 kg/m³ gäller följande materialegenskaper (som jämförelse visas också data för betong kvalitet K25):

Tabell 15. Homogena plattor

Egenskap	LECA lättklinker element	Betongelement K25
Densitet	1700 kg/m ³	ca 2400 kg/m ³
Elasticitetsmodul, statisk	ca 6 000 MPa	ca 35 000 MPa
dynamisk	ca 3 800 MPa	ca 25 000 MPa
Förlustfaktor	ca 0,02	ca 0,008

C. Ljudabsorptionsskikt hos murblock och skärmelement

LECA lättklinker är ett poröst material med goda ljudabsorptionsegenskaper, vilka kan bibehållas om en jämförelsevis finkornig sortering (vanligen 4–10 mm) cementbindes. Ljudabsorptionsdata för murblocksyta och element (exempelvis takelement eller skärmelement mot trafikbuller) med ljudabsorptionsskikt, redovisas som produktenskaper i tabell sidan 20 i avsnittet "Ljudabsorption".

LECA KONSTRUKTIONERS LJUDISOLERING

Ljudisoleringen mellan rum i färdig byggnad bestäms – som nämnts ovan – av flera faktorer än skiljekonstruktionens ljudisoleringsevne. De flankerande konstruktionernas inverkan kan vara av stor betydelse, särskilt när hög ljudisolering eftersträvas.

Anvisningarna i denna handbok anger ljudklassificering av vägg- och bjälklagskonstruktioner i färdig byggnad i form av R'_w -värden (luftljud) och $L'_{n,w}$ -värden (stegljud).

I tillämpliga fall anges även värden med anpassningsterm.

För att i praktiken uppnå dessa värden krävs att

- flanktransmissionen genom anslutande konstruktioner begränsas
- överhörning via ventilationskanaler, rörledningar etc. mellan rum elimineras
- ljudläckage genom otäta anslutningar eller håltagningar ej förekommer.

De erforderliga begränsningarna av flanktransmissionen tillgodoses om man tillämpar anslutningsexemplen i figurerna 10 och 11*).

Anm.

Under särskilt gynnsamma omständigheter – dvs. vid mycket låg flanktransmission i en byggnad – kan erhållas bättre ljudisolering än vad som anges i diagrammen.

Man kan då utnyttja skiljeväggarnas respektive bjälklagens laboriemätta värden för luftljudsisolering R_w som normalt är 1–3 dB högre än angivna R'_w .

Ljudklassning av väggar

Enkelväggar – murade

I diagram 1 (sidan 13) visas de reduktionstalsvärden R'_w i byggnad som kan uppnås för enkelväggar murade med LECA murblock, med olika utförande. Kurvorna gäller för fullfogsmurning alt strängmurning (dock ej stötfogsfri strängmurning).

- Med "puts" avses 10–15 mm tjockputs på ena sidan resp. bägge sidorna
- Med "spackling" avses en *tätande* bredspackling, normalt påläggs två skikt på ena sidan respektive båda sidorna.

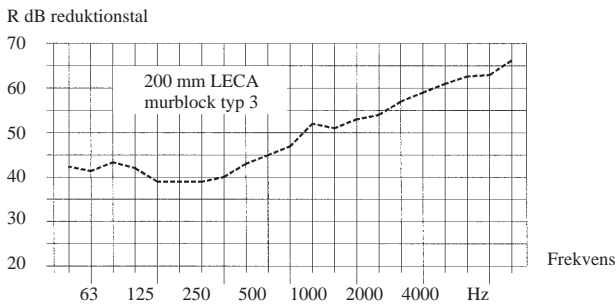
I diagrammets text markeras de R'_w -värden samt anpassningstermen $C_{50-3150}$ som nås vid fullständig täthet och låg flanktransmission enligt de visade anslutningsexemplen. Väggarnas lågfrekventa ljudisolering är gynnsam och anpassningstermens värde uppgår som synes till –1 á –2 dB. Principiellt gäller det lägre värdet (–1) för tjockare väggar.

I figur 5 visas en typisk, laboriemätt reduktionstalskurva R

*) I ett första steg gäller detta ljudisolering Klass C enligt BBR och med hänsyn tagen till de nyttkomna anpassningstermerna (se sidan 9). AB Svensk Leca kommer när möjlighet ges, att utge kompletteringsblad som visar erforderliga konstruktioner för att klara högre klass (Klass A och Klass B).

(dB) för en murad vägg av 20 cm LECA murblock typ 3 densitet 650 kg/m³ med puts på båda sidorna. Reduktionstalet R_w är 52 dB, anpassningstermen $C_{50-3150}$ är -2 dB.

Figur 5



Observera att *obehandlad* vägg av murblock typ 3, densitet 650 kg/m³, ger endast 10–15 dB luftljudsisolering – praktiskt taget oberoende av vägg tjockleken – som följd av ljudläckage genom den porösa strukturen.

Enkelväggar – element

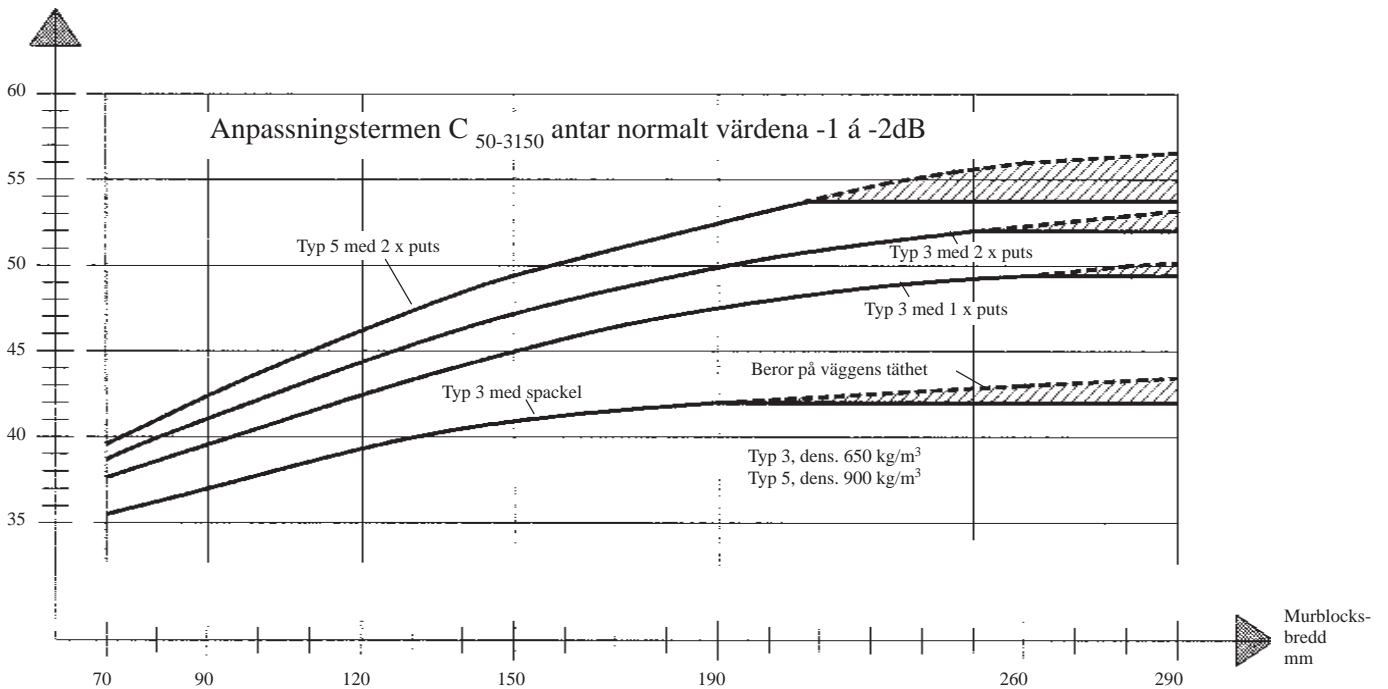
LECA väggelement kan tillverkas för hög ljudisolering och har då densiteten >1500 kg/m³; trots negativ inverkan av större böjstyvhet och lägre förlustfaktor hos en obehandlad/spacklad elementvägg är isoleringen 3–5 dB högre än för murad, dubbelsidigt putsad vägg av samma totaltjocklek.

Diagram 2 (sidan 14) visar de reduktionstal i byggnad, R'_w , som kan nås med homogena LECA lättklinker elementväggar med densitet 1000 kg/m³ respektive 1700 kg/m³. Även här gäller kravet på låg flanktransmission samt täta skarvar och anslutningar. Anpassningstermen $C_{50-3150}$ uppgår för elementväggar normalt till -2 dB.

Tilläggsisolering av innervägg

Genom att förse enkelväggen med tilläggsisolering på ena sidan

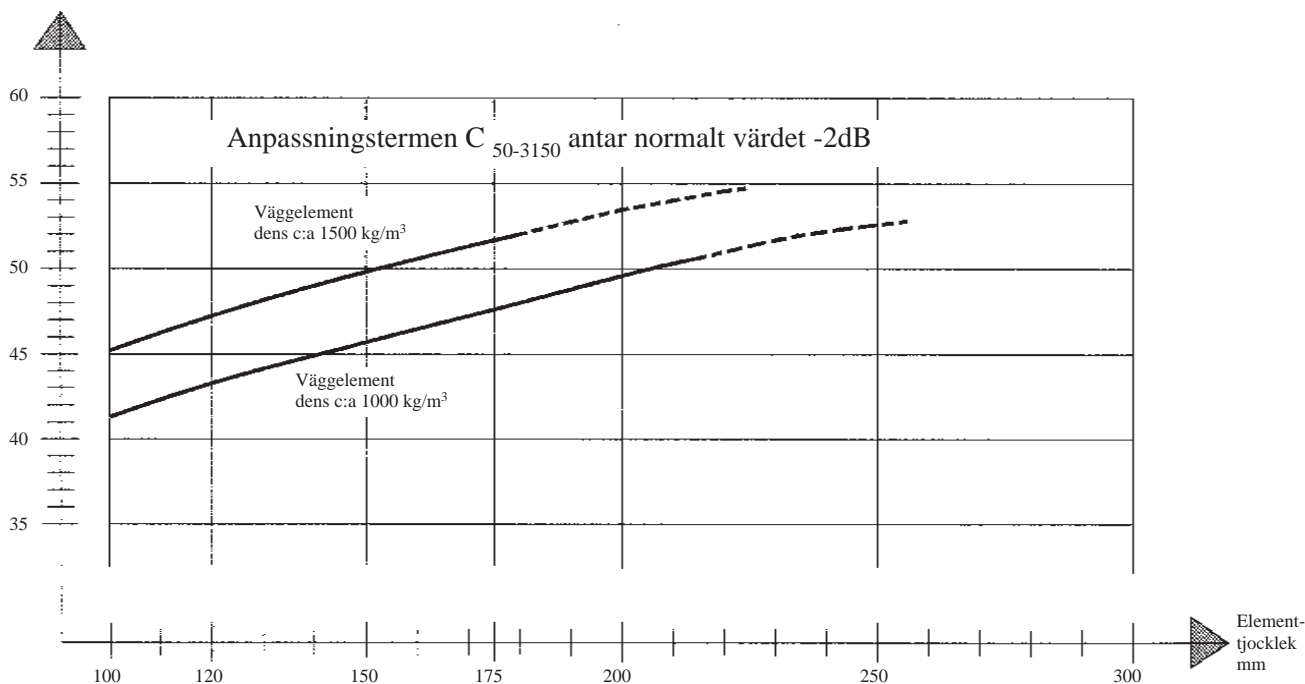
R'_w reduktionstal hos LECA murblocksväggar (i byggnad)



Anm. Streckmarkerade fält anger värden för R'_w som nås med särskilda krav på anslutande konstruktioner, se text.

Diagram 1. Luftljudsisoleringen hos ytbehandlade LECA murblocksväggar i byggnad.

R'_w dB reduktionstal hos LECA elementväggar (i byggnad)



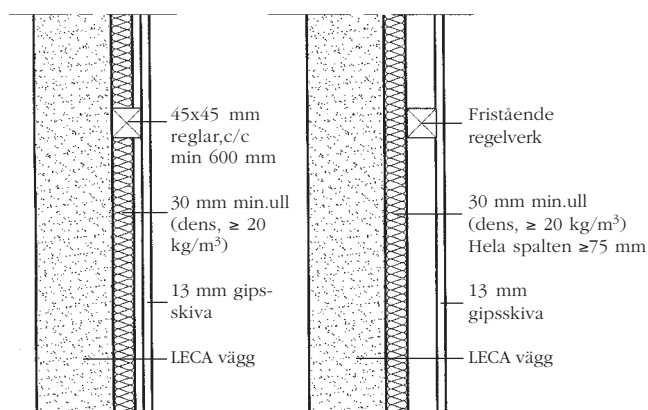
Anm. Streckmarkerade kurvor anger värden för R'_w som nås med särskilda krav på anslutande konstruktioner, se text.

Diagram 2. Luftljudsisolering hos obehandlade eller spacklade LECA elementväggar i byggnad

erhåller man väsentligt förbättrad luftljudsisolering; med dubbelsidig isolering fås ytterligare, obetydlig ökning.

Figur 6 nedan visar två utföranden samt den förbättring av väggens ljudisolering som åstadkoms. Tilläggsisoleringen påverkar ej flanktransmissionen och inverkan av denna måste således beaktas på vanligt sätt – jämför avsnittet om Anslutnings-exempel (sidan 18).

Dubbeltväggar av LECA murblock eller element

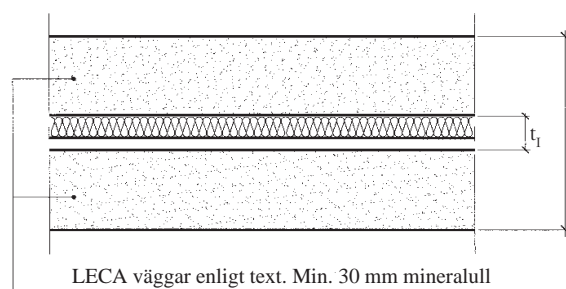


5–10 dB höjning av R'_w (+ ca 3 dB vid dubbel gipsskiva)

15–20 dB höjning av R'_w (+ ca 3 dB vid dubbel gipsskiva)

Figur 6

Med dubbelväggar kan mycket hög luftljudsisolering erhållas; villkoret är att luftspalten mellan väggarna har ett minsta mått som ej underskrider värdena i tabell 9. I spalten placeras mineralull enligt figur 7. De två väggskikten får ej ha inbördes stum kontakt,



Figur 7

Dubbeltväggars ljudisolering

Tabell 9

Väggens totala tjocklek, t mm	Luftspalt, t_1 mm	Luftljudsisolering R'_w dB	Anpassnings-term, $C_{50-3150}$ dB
Ca 240	30	52–54	-3 å -4
Ca 260	50	55–57	-1 å -2
Ca 310	100	62–64	-1

För att man skall kunna utnyttja dessa höga ljudisolering-svärden måste flankerande stomkonstruktioner i byggnaden förses med ljudavskiljande fog, se avsnittet om Anslutnings-exempel (sidan 18).

orsakad av exempelvis överbryggande armeringsjärn, stenar, betongrester eller inbyggda respektive genomgående rör.

Ljudklassning av bjälklag

Lägenhetsskiljande bjälklag av LECA bjälklagselement förses i byggnad alltid med någon form av golvbeläggning som påverkar skiljekonstruktionens (elementets egen) luft- och stegljudisolering. Med rätt vald beläggning eller övergolvs-konstruktion kan avsevärd förbättring åstadkommas, se vidare tabellerna 10 och 11 på sidorna 16 och 17.

Obs! Även för bjälklag gäller att inverkan av flanktransmission skall begränsas.

Luftljudsisolering hos LECA bjälklagselement

LECA bjälklagselement, **sandwichelement**, har måttlig luftljudsisolering som är otillräcklig t.ex. som lägenhetsskiljande konstruktion (ljudklasserna A–C enligt BBR), se diagram 3 (nedan). Anpassningstermen $C_{50-3150}$ kan normalt antas vara -2 å -3 dB.

Pågjutning (avjämning) med 30–50 betong eller flytspackel ger som synes av diagrammet en höjning av reduktionstalet R'_w med 2–3 dB.

LECA ljudisolerande **bjälklagselement** (homogen

lättklinkerbetong) har högre densitet (1700 kg/m^3) och ger därför högre ljudisolering, se diagram 3. Anpassningstermen $C_{50-3150}$ uppgår i normalfallet till -1 å -2 dB. Ökad pågjutning från 30–50 mm till 70–80 mm höjer R'_w med ytterligare 1 å 2 dB, dvs. ett element med 200 mm tjocklek och 80 mm pågjutning uppfyller marginellt kravet $R'_w + C_{50-3150} = 52$ dB (bostadskrav klass C enligt BBR).

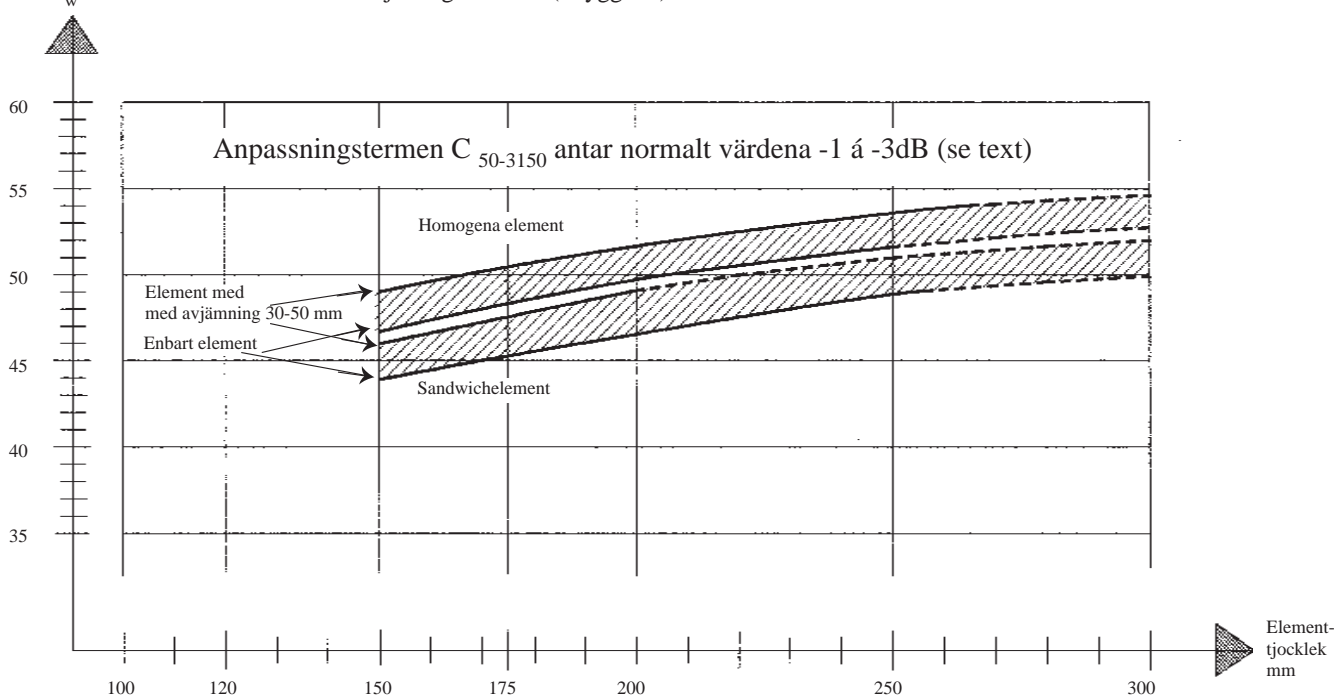
Förbättring av luftljudsisoleringen

Bjälklagens luftljudsisolering kan förbättras på två sätt:

1. Med lämpligt dimensionerad övergolvs-konstruktion, t.ex. spånskiva eller parkett på reglar alternativt på elastiskt underlag (god lågfrekvent förbättring kräver bygghöjd av storleksordning 50–100 mm). Se vidare tabellerna 10 resp. 11.
2. Nedhängt undertak, t.ex. gipsskiva på flexibelt upphängt bärverk. Stor bygghöjd, >ca 100 mm, och absorberent i mellanrummet ger mycket stor förbättring.

Stegljudsisolering

R'_w dB reduktionstal hos LECA bjälklagselement (i byggnad)

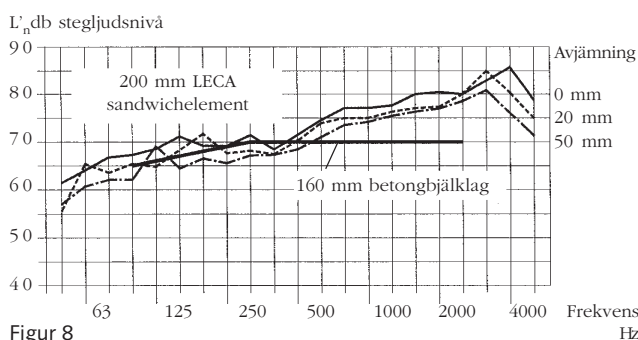


Anm. Streckmarkerade kurvor anger värden för R'_w som nås med särskilda krav på anslutande konstruktioner, se text.

Diagram 3. Luftljudsisoleringen hos LECA bjälklagselement utan beläggning eller med tunn beläggning av typ textilmatta, linoleum, plastmatta etc.

Stegljudsnivån hos råbjälklag av LECA element påverkas också av bl.a. elementets densitet och tjocklek hos eventuell pågjutning/avjämning. Diagrammet i figur 8 visar ett exempel för 200 mm sandwichelement: stegljudsnivån, L_n dB, inom frekvensområdet 50–5000 Hz mätt i laboratorium.

Som jämförelse har i diagrammet lagts in en generaliserad kurva för bjälklag av 160 mm betong, vilket generellt ger lägre



Figur 8

nivåer, dvs. är något gynnsammare. LECA element av homogen lättklinkerbetong (densitet 1700 kg/m³) ger ca 2–5 dB (frekvensberoende) lägre nivåer än sandwichelement av samma tjocklek.

Förbättring av stegljudsisoleringen

För att fylla kraven på högsta tillåtna stegljudsnivå enligt BBR

(sidan 6) är det för de allra flesta bjälklagstyperna på marknaden nödvändigt att vidta åtgärder som ger stegljudsförbättring. Förbättring vid höga frekvenser kan enkelt erhållas med mjuk golvbeläggning, plast- eller linoleummatta respektive parkett på skumetenfolie.

Nödvändig förbättring vid låga frekvenser, ca 50–250 Hz, kräver däremot insatser av den typ som angetts för luftljud på sidan 15. Anpassningstermen $C_{150-2500}$ för stegljud accentuerar kraftigt behovet av **effektiva lågfrekvensåtgärder**.

Tabellerna 10 och 11 visar de stegljudsnivåer (samt den luftljudsisolering) som erhålls med några tilläggskonstruktioner och beläggningmaterial (mattor) vid LECA bjälklag.

Normalt förväntade värden på anpassningstermerna anges också.

Stegljudsförbättringen för en tilläggskonstruktion anges ofta som $\Delta L_{n,w}$, dB och tillverkare av plastmattor, linoleummattor etc. anger i allmänhet ett sådant förbättringsvärde, se även litteraturreferens [6]. Observera dock att dessa uppgifter oftast avser produkt/konstruktion applicerad på betongbjälklag; de kan således inte direkt överföras till konstruktioner med LECA elementbjälklag.

Luft- och stegljudsisolering hos LECA sandwichbjälklag

Nr	Konstruktion	Tjocklek sandwich element mm	Total bjälklags-tjocklek mm	Luftljudsisolering i byggnad R'_w	Anpassningsterm luftljud $C_{50-3150}$	Stegljudsnivå i byggnad $L'_{n,w}$	Anpassningsterm stegljud $C_{150-2500}$
1	LECA sandwichelement	160	160	45 dB	-2 á -3 dB	ca 85 dB	10 á 12 dB
		200	200	47 dB	-1 á -2 dB	ca 85 dB	8 á 10 dB
		240	240	49 dB	-1 á -2 dB	ca 85 dB	6 á 8 dB
2	Plastmatta, stegljudsindex >15 dB 10–30 mm avjämning LECA sandwichelement	160	190	47 dB	-1 á -2 dB	ca 65 dB	8 á 10 dB
		200	230	49 dB	-1 á -2 dB	ca 62 dB	8 á 10 dB
		240	270	51 dB	-1 á -2 dB	ca 60 dB	7 á 9 dB
3	Plastmatta, stegljudsindex >20 dB 80 mm avjämning LECA sandwichelement	160	240	48 dB	-1 á -2 dB	62 dB	3 á 5 dB
		200	280	50 dB	-1 á -2 dB	59 dB	3 á 5 dB
		240	320	52 dB	-1 á -2 dB	57 dB	3 á 4 dB
4	14 mm parkett 3 mm Airolene (motsv) 10–30 mm avjämning LECA sandwichelement	160	205	48 dB	-1 á -2 dB	62 dB	4 á 5 dB
		200	245	50 dB	-1 á -2 dB	59 dB	4 á 5 dB
		240	285	52 dB	-1 á -2 dB	57 dB	4 á 5 dB
5	Linoleum- alt. plastmatta 2x13 mm golvgips 25 mm min.ull stegljudsskiva (norsk) LECA sandwichelement	160	215	53 dB	-1 á -2 dB	56 dB	1 á 3 dB
		200	255	54 dB	-1 á -2 dB	54 dB	1 á 3 dB
		240	295	55 dB	-1 á -2 dB	50 dB	1 á 3 dB
6	Linoleum- alt. plastmatta * { 30 mm ABS avjämningsmassa 15 mm Stepisol LECA sandwichelement	160	205	56 dB	-1 á -2 dB	53 dB	1 á 3 dB
		200	245	59 dB	-1 á -2 dB	52 dB	1 á 3 dB
		240	285	61 dB	-1 á -2 dB	49 dB	1 á 3 dB

Tabell 10. Luft- och stegljudsisoleringen hos LECA sandwichbjälklag med alternativa kompletteringsinsatser.

Normala värden för anpassningstermerna anges också.

* Optisol steg- och luftljudskonstruktion.

Luft- och stegljudsisolering hos LECA homogena bjälklag

Nr	Konstruktion	Tjocklek sandwich element mm	Total bjälklagstjocklek mm	Luftljudsisolering i byggnad R'_w	Anpassningsterm luftljud $C_{50-3150}$	Stegljudsnivå i byggnad $L'_{n,w}$	Anpassningsterm stegljud $C_{L,50-2500}$
1	LECA homogent bjälklagselement	160	160	47 dB	-2 á -3 dB	ca 80 dB	10 á 12 dB
		200	200	50 dB	-1 á -2 dB	ca 80 dB	8 á 10 dB
		240	240	52 dB	-1 á -2 dB	ca 80 dB	6 á 8 dB
2	Plastmatta, stegljudsindex >15 dB 10-30 mm avjämning LECA homogent bjälklagselement	160	190	49 dB	-1 á -2 dB	ca 60 dB	8 á 10 dB
		200	230	52 dB	-1 á -2 dB	ca 59 dB	8 á 10 dB
		240	270	53 dB	-1 á -2 dB	ca 57 dB	7 á 9 dB
3	Plastmatta, stegljudsindex >20 dB 80 mm avjämning LECA homogent bjälklagselement	160	240	51 dB	-1 á -2 dB	60 dB	3 á 5 dB
		200	280	53 dB	-1 á -2 dB	57 dB	3 á 5 dB
		240	320	55 dB	-1 á -2 dB	56 dB	3 á 5 dB
4	14 mm parkett 3 mm Airolene (motsv) 10-30 mm avjämning LECA homogent bjälklagselement	160	205	50 dB	-1 á -2 dB	61 dB	4 á 5 dB
		200	245	52 dB	-1 á -2 dB	57 dB	4 á 4 dB
		240	285	54 dB	-1 á -2 dB	56 dB	4 á 5 dB
5	Linoleum- alt. plastmatta 2x13 mm golvgips 25 min.ull stegljudsskiva (norsk) LECA homogent bjälklagselement	160	215	56 dB	-1 á -2 dB	55 dB	1 á 3 dB
		200	255	58 dB	-1 á -2 dB	51 dB	1 á 3 dB
		240	295	60 dB	-1 á -2 dB	49 dB	1 á 3 dB
6	Linoleum- alt. plastmatta * 30 mm ABS avjämningsmassa 15 mm Stepisol LECA homogent bjälklagselement	160	205	57 dB	-1 á -2 dB	53 dB	1 á 3 dB
		200	245	59 dB	-1 á -2 dB	50 dB	1 á 3 dB
		240	285	62 dB	-1 á -2 dB	47 dB	1 á 3 dB

Tabell 11. Luft- och stegljudsisoleringen hos LECA homogent massivbjälklag dens. 1700 kg/m³.

Normala värden för anpassningstermerna anges också.

* Optisol steg- och luftljudskonstruktion.

Ljudklassning av takelement

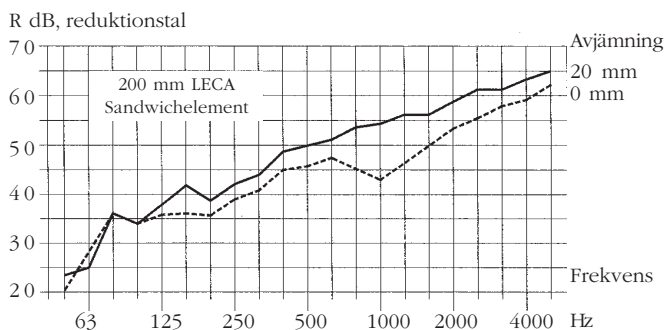
LECA sandwichelement används ofta som yttertakelement.

Det vägda (se fotnot sidan 5 reduktionstalet R'_w , dB, för sådana takelement framgår av diagram 3, sidan 15.

Takets ljudisoleringsförmåga mot samhällsbuller (från väg- och tågtrafik, flyg, industri etc.) belyses däremot bättre av figur 9, som visar reduktionstalet R , dB, inom frekvensområdet 50–5000 Hz för 200 mm LECA sandwichelement utan respektive med avjämning (laboratiemätning).

Figur 9

Ljudisoleringen påverkas föga av lätt takbeläggning,



såsom takpapp eller plåt, vid dikt-an montage mot takelementet.

Eventuell tilläggsvärmisolerering med styroporcellplast, PUR-skum etc. kan försämlra ljudisoleringen medan mineralullsisolering normalt ger förbättring vid höga frekvenser.

I industrilokaler, samlingslokaler etc. kan de **ljudabsorberande** egenskaperna hos LECA takelement utnyttjas för att åstadkomma god bullerdämpning eller god rumsakustik i lokalen. Se vidare avsnittet "Ljudabsorption" sidan 20.

ANSLUTNINGSEXEMPEL

I det föregående har poängterats den stora betydelsen av att begränsa flanktransmission och ljudläckage mellan två utrymmen i en byggnad, om målsatt ljudisolering skall kunna uppnås. Vägg- och bjälklagskonstruktioner som valts att ge god luftljudsisolering enligt Diagram 1, 2 och 3, kan med olämplig praktisk utformning av anslutningarna ge underkänt resultat. Lika viktigt är det att eliminera ljudläckage som kan orsakas av bristfälliga tätningar eller lagningar.

De från år 1999 gällande ljudklassningsreglerna för bostäder enligt BBR, medför att det inte finns någon entydig skillnad i krav mellan lägenheter i sammanbyggda enbostadshus (radhus) eller flerbostadshus. I praktiken torde dock **de boendes krav** på hög stomljudsavskiljning från grannen vara så stora i sammanbyggda småhus att en stomavskiljning är motiverad. Det gäller att undvika störningar som orsakas av vibrationer från installationer, dunsar mot bjälklag, gång i lätta inre trappor etc..

I denna vägledning ges därför några typexempel på lösningar som fyller ljudklass B med användning av ljudfog, dvs. applikationen sammanbyggda småhus. Detta är således ej ett formellt krav enligt BBR.

1. Flervåningshus (flerbostadshus)

Ljudkrav:

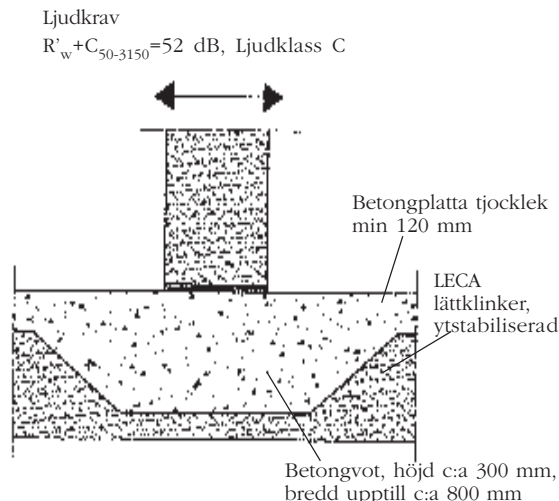
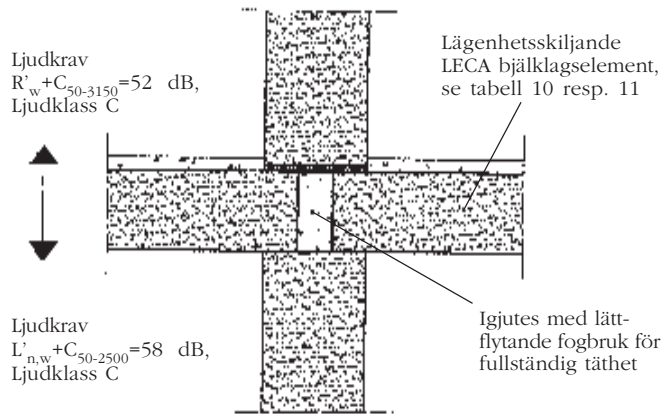
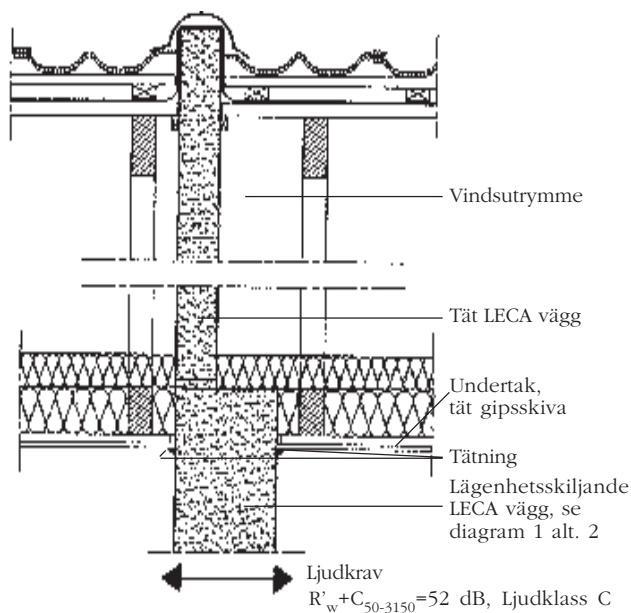
Mellan lägenheter gäller minimikravet Ljudklass C, dvs:

Luftljudsisolering	min $R'_w + C_{50-3150}$	= 52 dB
Stegljudsnivå	max $L'_{n,w} + C_{i, 50-2500}$	= 58 dB

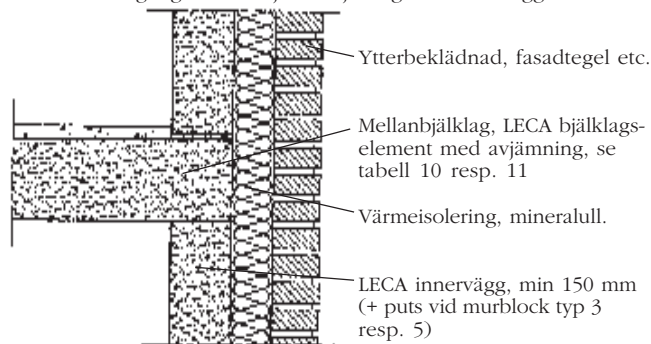
Kraven kan klaras med massiv lägenhetsskiljande enkelvägg (se Diagram 1 och 2) och genom val av erforderlig stegljudsförbättring hos golvbeläggning eller tilläggsisolering hos bjälklag, se tabellerna 10 respektive 11 och även litteraturreferens [6].

Lämpliga anslutningskonstruktioner visas för flerbostadshus i figur 10.

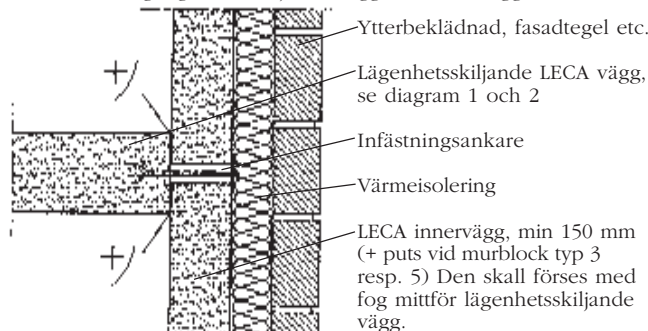
2. Radhus (sammanbyggda småhus)



Ex 1: Anslutning lägenhetsskiljande bjälklag mot fasadvägg



Ex 2: Anslutning lägenhetsskiljande vägg mot fasadvägg



+) Fog tätas med fogmassa i de fall väggar ytbehandlas med spackling.

Fig. 10

Föreslagen ljudstandard:

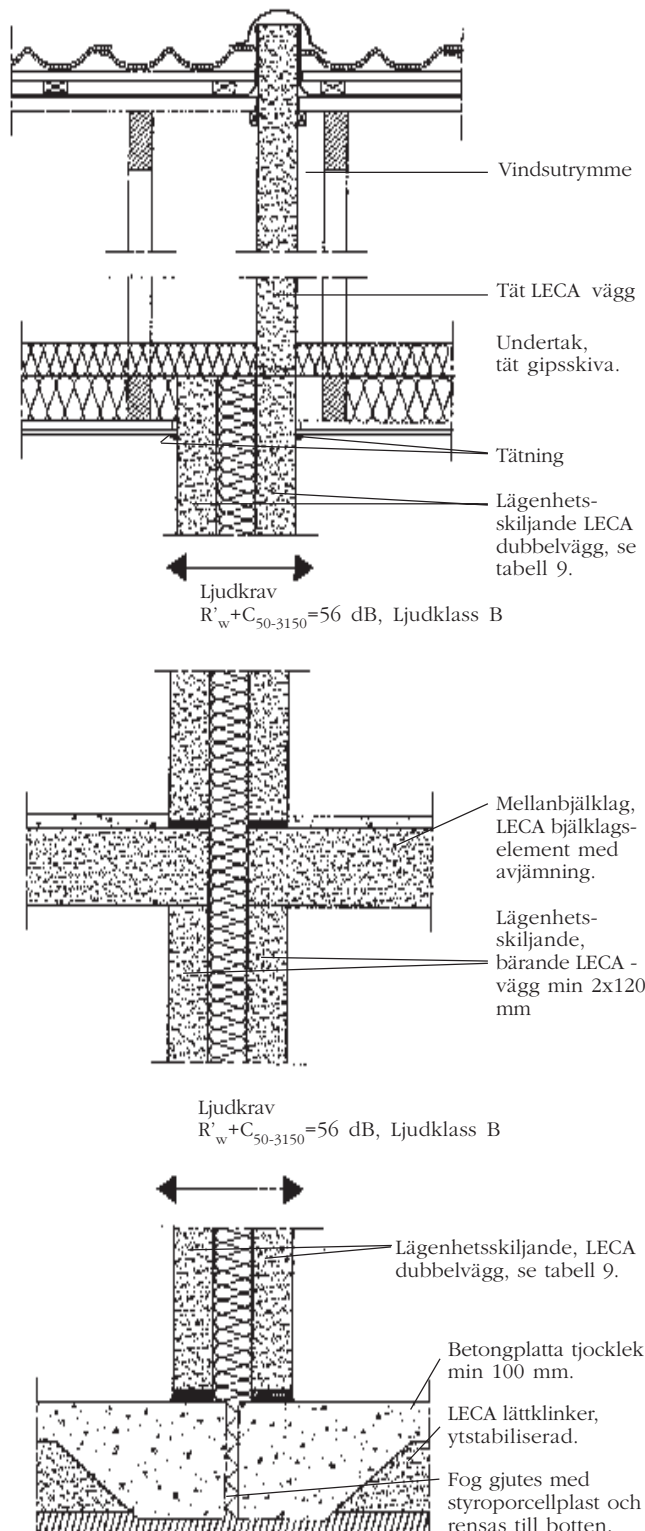
Mellan lägenheter tillämpas Ljudklass B, dvs:

Luftljudsisolering $\min R'_w + C_{50-3150} = 56 \text{ dB}$

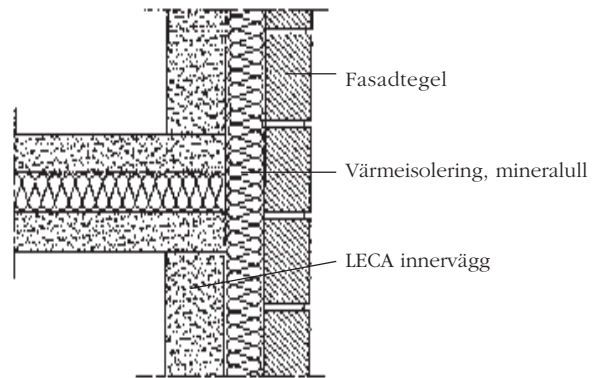
Stegljudsnivå $\max L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 54 \text{ dB}$

De boendes allt strängare krav på ljudkomfort i lägenheterna innefattar också god lågfrekvent ljudisolering till grannen. Sådan isolering hindrar störningar från TV, stereoanläggningar, spring i trappor, barns våldsamma lekar etc. och är särskilt önskvärd i sammanbyggda småhus.

Exempel på lämpliga anslutningskonstruktioner för radhus etc. visas i figur 11.



Ex. 1: Anslutning lägenhetsskiljande vägg mot tung fasadvägg



Ex. 2: Anslutning lägenhetsskiljande vägg mot lätt fasadvägg

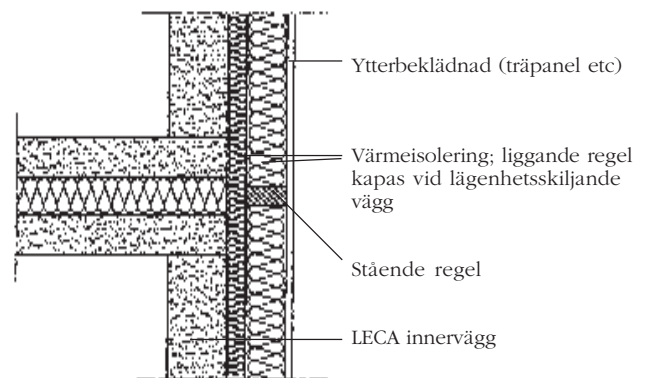


Fig. 11

3. Vårdlokaler, skolor, kontor etc.

Här genomgås inte i detalj anslutningsexempel som täcker de alternativ för luft- och stegljudsisolering som anges i BBR eller förslagen till ljudklass i utkast

SS 02 52 68.

Ljudkrav:

Ex. Luftljudsisolering mellan vådrum resp. mellan undervisningsrum i skola, $\min. R'_w = 48 \text{ dB}$

Ex. Stegljudsnivå i vådrum resp. i undervisningsrum i skola, $L'_{n,w} = 64 \text{ dB}$

Dessa krav kan klaras med massiva rumsskiljande enkelväggar som väljs enligt diagram 1 och 2 (sidan 13 och 14) samt med bjälklag med erforderlig stegljudsförbättring enligt tabellerna 10 och 11 (sidorna 16 och 17).

De anslutningskonstruktioner som visas i figur 10 är fullt tillräckliga även i dessa fall.

Konstruktioner vid exempelvis musikrum, studior etc. i skolor, som har extremt höga krav på ljudisolering måste dock specialstuderas.

LJUDABSORPTION

Den öppna strukturen hos cementbunden LECA lättklinker vid låg densitet gör att murblock samt bjälklags-/takelement med 20 mm akustikskikt har god ljudabsorberande förmåga. Med ökande tjocklek förbättras absorptionsegenskaperna vid låga frekvenser.

Avgörande för att god ljudabsorption också erhålls i bygge är att den öppna strukturen ej sätts igen genom exempelvis putsning eller spackling av ytan. Icke-täckande sprutmålning med latexfärg eller målning med rulle försämrar ljudabsorptionen obetydligt. Obs! LECA murblock samt vägg- och bjälklagselement densitet $\geq 1300 \text{ kg/m}^3$ har tät struktur och ger därför obetydlig ljudabsorption.

Absorptionsdata för cementbunden LECA

Fristående LECA konstruktioner har bättre lågfrekvent ljudabsorption än fastgjutna block (av samma densitet) mot betongvägg eller förgjutning mot stelt underlag.

Ljudabsorptionsfaktorer för några LECA konstruktioner anges i tabell 12. Lättklinkerns sortering är 4–10 mm vid akustikförgjutning.

Ljudabsorptionen hos LECA konstruktioner

Anm. Uppgifterna grundar sig på laboratoriemätningar enligt rumsmetoden, Tabell 12

Konstruktion	Frekvens Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
100 mm murblock typ 3, dens. 650 kg/m^3 fastgjutet mot betong	0,10	0,30	0,50	0,45	0,45	0,45
150–300 mm murblocksvägg typ 3, dens. 650 kg/m^3 Fristående, oputsad	0,35	0,40	0,55	0,50	0,50	0,50
20 mm akustikförgjutning på sandwich bjälklagselement	0,10	0,20	0,40	0,60	0,50	0,50

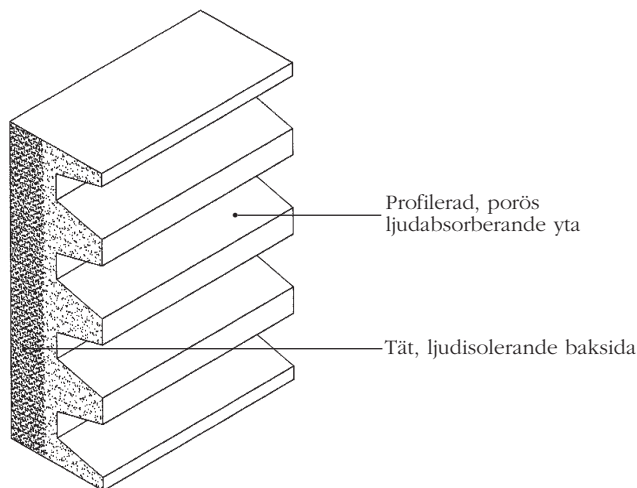
dvs. efterklangsmätningar. De skall ses som riktvärden eftersom gjutförfarandet vid tillverkning av produkterna medför variationer i ytstrukturen vilka i någon mån påverkar ljudabsorptionen.

Ljudabsorptionen för dessa konstruktioner svarar mot absorptionsklass D enligt standard EN ISO 11654 [Ref. 13]. Genom profilering av ytstrukturen kan absorptionen höjas; figur 14 sidan 21 visar att trafikbullerskärmens absorption är av Klass B.

LECA trafikbullerskärm

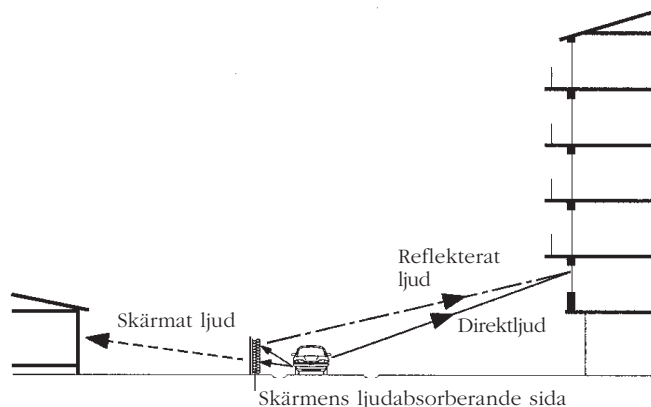
LECA trafikbullerskärm placeras nära en trafikerad väg eller järnväg och är konstruerad så att den effektivt dämpar trafikbullret som når byggnader intill trafikleden.

Trafikbullerskärmen är utformad som ett massivt 150 mm tjockt element av cementbunden LECA. Den ena sidan med porös struktur och trapetskorrugerad profilering som effektivt höjer ljudabsorptionen, den andra med tätande, mera finkornig struktur, se figur 12.



Figur 12

Den ljudabsorberande sidan vänds mot trafiken och minskar då ljud som reflekteras mot byggnader på andra sidan trafikleden, den tätande sidan förhindrar ljudgenomgång genom ljudskärmen enligt figur 13.



Figur 13

Kvalitetsmått (klassningsvärde) för trafikbullerskärmar avseende ljudabsorption och ljudisolering kan anges enligt Eurostandard EN 1793:1997, part 1–3.

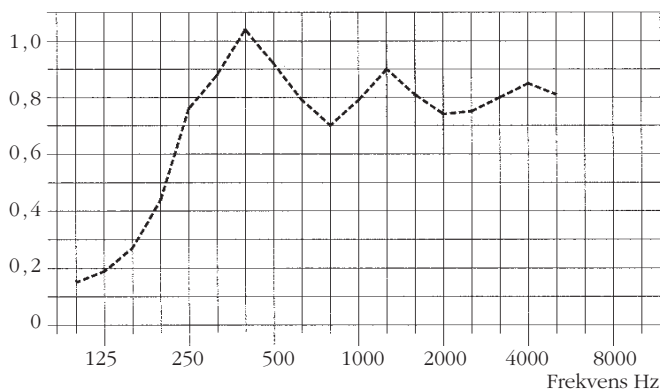
[Ref. 7]

Klassningsvärdet baseras på ljudabsorptionsfaktorn och reduktionstalet hos skärmen (frekvensområde 100–5000 Hz) och anges för tillämplig bullertyp (normaliserat ljudspektrum). Klassningsvärde för ljudabsorption omfattar klasserna A0–A4 (bäst) resp. för ljudisolering klasserna B0–B3 (bäst)

Uppmätt ljudabsorptionsfaktor för LECA bullerskärm visas i figur 14 och i tabell 13 anges klassningsvärdena för två bullertyper.

Figur 14. Ljudabsorptionsfaktorn för LECA trafikbullerskärm

Ljudabsorptionsfaktor



dB-värdet inom parentes kan uppfattas som ett mått

Tabell 13

Typ av bullerkälla	Egenskap	Klassningsvärde
Vägtrafik (blandad trafik, 50 km/h) enl. EN 1793, part 3	Ljudabsorption	Kat. A2 (4–7 dB) enl. EN 1793
	Ljudisolering	Kat. B3 (>24 dB) enl. EN 1793
Tågtrafik (låg hastighet) enl. Nordtest standard NT ACOU 061	Ljudabsorption	Kat. A3 (8–11 dB) enl. EN 1793
	Ljudisolering	Kat. B3 (>24 dB) enl. EN 1793

på hur många dB lägre det i skärmen reflekterade ljudet respektive det genomträngande ljudet är jämfört med det infallande. Avser den A-vägda ljudnivån.

För en given placering av bullerskärm vid väg eller järnväg beräknas verklig skärmverkan enligt lämplig beräkningsmetod; för vägtrafikbuller exempelvis enligt [Ref. 8] Skärmens höjd har givetvis stor inverkan.

MASKINUPPSTÄLLNING PÅ BJÄLKLAG AV LECA LÄTTKLINKERBETONG

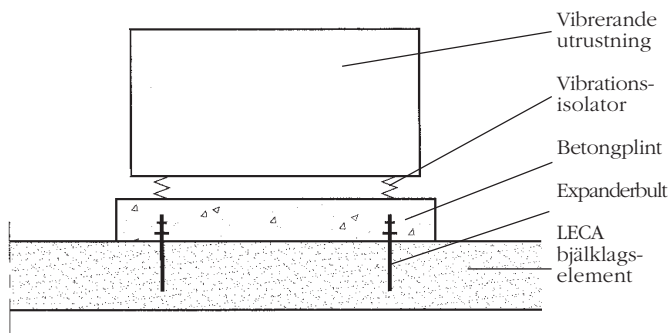
Många typer av installationer i en byggnad – fläktar, pumpar, kylkompressorer, torktumlare, tvättmaskiner etc. – ger upphov till vibrationer som kan överföras till byggnadsstommen. En generell princip för att hindra uppkomsten av stomljud är att ställa upp sådana maskiner på ett tungt, styvt underlag med mellanliggande vibrationsisolatorer.

Isolatorerna kan vara exempelvis gummielement eller stål-fjädrar. Isolatorernas fjädringsegenskaper skall **dimensioneras** för att passa aktuell maskins vikt och varvtal; detta är särskilt viktigt för att undvika svåra stomljudsproblem vid lågvarviga maskiner (< ca 1000 r/min) med stor rörlig massa, såsom kolv-kompressorer.

Uppställning av maskiner på bjälklag av LECA sandwich-element och även homogena lättklinkerelement sker i princip på detta sätt, men hänsyn måste tas till att bjälklagets ytvikt och styvhet ofta är något lägre än vid betong av motsvarande tjocklek.

Det är fördelaktigt att öka lättklinkerbjälklagets massa lokalt vid maskinen, en betongplint enligt figur 15 rekommenderas. Plinten skall förankras väl till bjälklagselementet, exempelvis med expanderbultar som gjuts in i plinten.

Observera att kravet på vibrationsavskiljning också gäller rör-

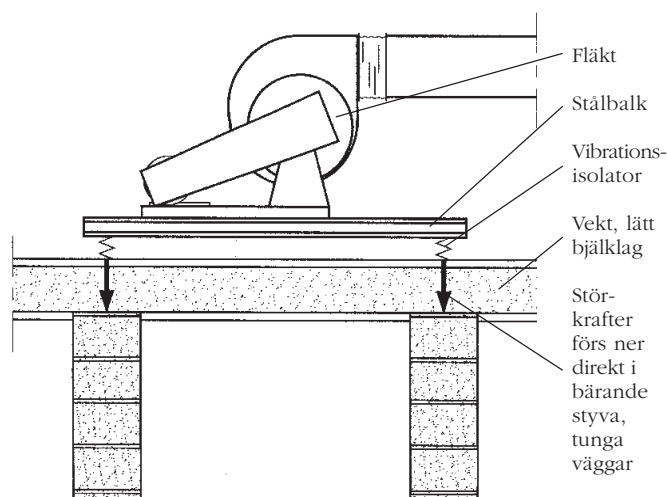


Figur 15

ledning, elinstallationer, stag etc. som är anslutna till maskinen.

I kritiska fall måste maskinuppställningen ske på stålbalkar eller liknande enligt principen i figur 16. Balkarna skall vila direkt på bärande väggar eller pelare så att maskinens storkrafter förs över till konstruktioner som inte ger upphov till störande stomljud.

I första hand bör maskinleverantören tillfrågas om det finns nå-



Figur 16

gon montageanvisning för effektiv vibrationsisolering som fyller detta krav.

Man skall alltid – genom val av lämplig planlösning i byggnaden – söka undvika att takfläktar, kylkondensorer etc. placeras rakt över – eller direkt vid sidan av – ljudkänsliga utrymmen såsom sovrum, hotellrum, konferensrum i kontor etc. Rådfråga i tveksamma fall en kunnig och erfaren expert inom vibrationsområdet eftersom det ofta är omöjligt att i efterhand rätta till olämpliga konstruktioner och eliminera uppkomna problem.

LITTERATURFÖRTECKNING

1. Boverkets byggregler, BBR (BFS 1993:57 med ändringar). Boverket 1999. Boverkets Publikationsservice, Karlskrona. Fax 0455-819 27
2. Att se, höra och andas i skolan. Arbetskyddsstyrelsen & Boverket 1996. Arbetskyddsstyrelsens Publikationsservice, Stockholm. Tel 08-730 97 00
3. Ljudguiden. Val av ljudkvalitet i byggnader T12:94. Byggeforskningsrådet 1994. BFR Byggeforskningsrådet, Stockholm. Tel 08-617 73 00
4. SPRI råd 5.24: Akustik i sjukvårdsbyggnader (slutsåld). Sjukvårdens planerings- och rationaliseringsinstitut, 1976. Tel 08-702 46 00
5. Svensk Standard SS 02 52 67. Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Bostäder. (Utgåva 2, 1998).
Utkast till Svensk Standard SS 02 52 68. Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell. (Remissutgåva mars 1999). SIS, Stockholm. Tel 08-610 30 00
6. Stegljdstestade golvbeläggningar för betongbjälklag. Marknadsöversikt 1992. SP Info 1992:15. SP, Borås, tel 033-16 50 00
7. Europeisk Standard EN 1793 (1–3). Road traffic noise reducing devices – Test method for determining the acoustic performance. 1997. Se pkt 5.
8. Vägtrafikbuller. Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1996. Naturvårdsverket rapport 4653. Naturvårdsverket, Kundtjänst, Stockholm. Tel 08-698 10 00
9. Buller från spårbunden trafik. Nordisk beräkningsmodell, reviderad 1998. Naturvårdsverket rapport 4935. Se 8.
10. Bullerskydd. En handbok i anslutning till Boverkets byggregler. L. Åkerlöf & Svensk Byggtjänst 1996. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm. Tel 08-457 10 00
11. Råd om ljud i hus. Byggeforskningsrådet 1991. AB Svensk Byggtjänst. Tel 08-457 10 00
12. Det tysta huset. Byggeforskningsrådet 1991. AB Svensk Byggtjänst. Tel 08-457 10 00
13. Svensk standard SS-EN ISO 11654. Byggakustik – Ljudabsorbenter – Värdering av mätresultat och klassindelning. Se pkt 5.
14. NordTest akustikstandarder, NT ACOU. Nordtest, Postbox 22, SF-00341 Helsingfors
15. Råd och riktlinjer 1978:5 ”Riktlinjer för externt industribuller”. Naturvårdsverket. Se 8.

Här tillverkas LECA murblock och balkar

DINGLE

AB Sjöbloms Betongprodukter
Telefon 0524-407 75

KIL

Skanska Prefab AB
Telefon 0554-68 97 00

KUNGSBACKA

maxit AB
Telefon 0300-56 85 80

LIDKÖPING

Vinninga Cementvarufabrik AB
Telefon 0510-500 69

LINGHEM

maxit AB
Telefon 013-702 70

ARBOGA

maxit AB
Telefon 0589-879 30

RIMBO

Nyströms Cementvarufabrik AB
Telefon 0175-622 95

VEBERÖD

maxit AB
Telefon 046-810 25



Rö - 762 93 Rimbo
Telefon: 0175-622 95 Fax: 0175-624 60
www.nystromscement.se
info@nystromscement.se