



# Ljudegenskaper för CLT by Stora Enso

## Innehåll

1.	Inledning .....	4
2.	Beskriva ljudisoleringsegenskaper .....	5
2.1.	Mätning av ljudisolering .....	5
2.2.	Ljudisoleringsparametrar .....	5
2.2.1.	Luftljudsisoleringsvärden: .....	5
2.2.2.	Stegljudsvärden: .....	6
2.3.	Entalsvärdering av uppmätta kurvor .....	6
2.4.	Spektrumanpassningstermer .....	7
2.5.	Entalsvärden och krav i Europeiska länder .....	7
2.5.1.	Svenska krav .....	7
2.5.2.	Ljudisolering vid låga frekvenser .....	8
3.	Ljudisolering av byggnadsdelar .....	9
3.1.	Enlayerskonstruktioner .....	9
3.1.1.	Bergers masslag .....	9
3.1.2.	Koincidens .....	9
3.2.	Massformel för CLT by Stora Enso.....	9
3.3.	Ortotropiska material .....	10
3.4.	Flerlayerskonstruktioner .....	10
3.5.	Beräkningsmodell för luftljudsisolering av CLT-väggar med ETICS.....	11
3.6.	Ljudisolering av sammansatta byggnadsdelar .....	12
4.	Ljudisolering hos KL-träkomponenter .....	14
4.1.	Bjälklag .....	14
4.2.	Väggkonstruktioner .....	15
4.2.1.	Skiljeväggar .....	15
4.2.2.	Ytterväggar .....	16
4.2.3.	Innerväggar.....	17
4.3.	Takkonstruktioner .....	18
4.3.1.	Exempel på takkonstruktioner: .....	18
5.	Ljudtransmission i byggnader .....	20
	Litteraturlista .....	20
	Annex A: Jämförelser av minimikrav i 35 europeiska länder [1] .....	21
	Annex B: Projekteringsprinciper relaterat till krav för elastiska mellanlägg [2] .....	23

*DISCLAIMER: Detta faktablad avseende ljudegenskaper är endast avsett att vara ett stöd för användaren. Stora Enso Wood Products tar därmed inget ansvar för att innehållet i detta dokument är helt korrekt eller komplett i alla avseenden.*

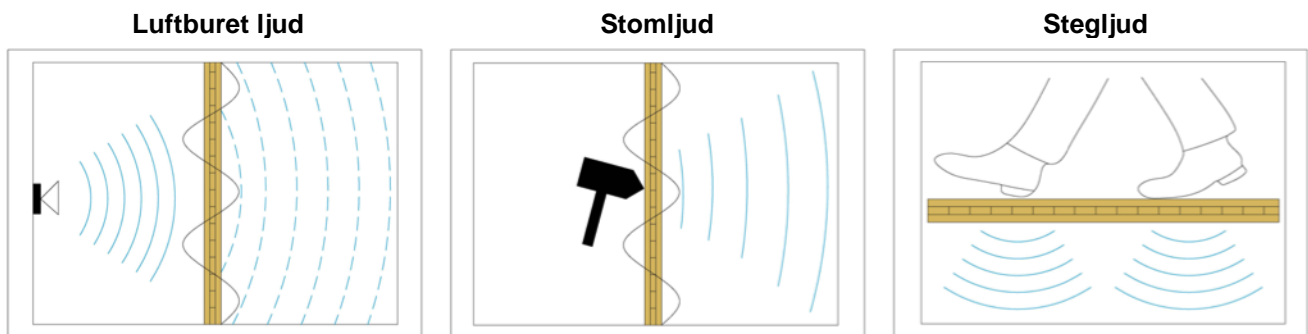
## 1. Inledning

Att tillhandahålla adekvat skydd mot buller är en viktig faktor för att säkerställa en behaglig komfort för de som vistas i en byggnad. Därför bör ljudisolering vara av högsta prioritet när man planerar och projekterar en byggnad.

Ljud definieras som mekanisk kinetisk energi som överförs i elastiska media genom att det uppstår tryck- och täthetsförändringar. Ljud är därmed hörbara vibrationer i gaser, flytande media och fasta media. Efter att bullerkällan identifierats för vilken en komponent är utsatt, så delar man upp akustisk design i luftburet ljud och stomljud.

- **Luftburet ljud** – ljudvågor i luft orsakar vibrationer i luftpartiklar och dessa vibrationer kan transmittas / överförs till angränsande rum i byggnaden. Typiska ljudkällor som orsakar luftburet ljud är trafik, röster eller musik.
- **Stomljud** – ljudet från gång, bankande skrap från möbler, etc. överförs till byggnadskomponenter och strålar ut som luftburet ljud i angränsande rum. **Stegljud** är särskilt relevant vad gäller akustisk design.

Ljudisoleringskrav i byggregler säkerställer att människor med normal känslighet erhåller erforderligt skydd mot buller från byggnadens utsida, från andra delar av byggnaden och från angränsande byggnader. Avsikten med akustisk dimensionering är att reducera störande buller till en i förväg bestämd nivå.



## 2. Beskriva ljudisoleringsegenskaper

### 2.1. Mätning av ljudisolering

För att bestämma ljudisoleringsegenskaper hos en byggnadskomponent så exponeras ett sändarrum för en ljudkälla som genererar tillräckligt hög bullernivå (i ett laboratorium eller i en byggnad). Ljudet mäts sedan i ett mottagarrum.

När luftljudsisolering mäts, så är ljudkällan en högtalare och ljudoleringsindexet,  $R$ , hos en byggnadskomponent beräknas från uppmätt nivåskillnad mellan sändarrum och mottagarrum (ju högre värde desto bättre ljudisolering).

När stegljudsnivå mäts är emellertid ljudkällan en internationellt standardiserad stegljudsapparat och stegljudsnivån,  $L$ , är den uppmätta nivå som uppstår i mottagarrummet när stegljudsapparaten är igång och den beskriver byggnadsdelens förmåga att reducera stomljud (ju lägre värde desto bättre stomljudsisolering).

I allmänhet mäts ljudisolering i ett utvidgat frekvensområde (50 Hz till 5000 Hz), dock beaktas endast frekvensområdet 100 Hz till 3150 Hz när entalsvärden beräknas. Detta område delas in i fem oktavband (frekvensdubbling) eller i 16 1/3-dels oktavband - tersband (tre tersband ingår i en oktav). För att ta hänsyn till det utvidgade frekvensområdet adderas spektrumanpassningstermer.

### 2.2. Ljudisoleringsparametrar

De parametrar som används för att uttrycka ljudisolering listas i de olika delarna av de internationella standardserierna, ISO 10140 och ISO 16283, och procedurerna för att beräkna entalsvärden beskrivs i standarderna ISO 717-1 and 717-2:

#### 2.2.1. Luftljudsisoleringsvärden:

- **Reduktionstal,  $R$**

$$R = 10 \log \frac{W_1}{W_2}$$

Tio gånger logaritmen av förhållandet mellan infallande ljudeffekt,  $W_1$ , mot ett provobjekt och transmitterad ljudeffekt,  $W_2$ , genom provobjektet.

Om ljudtrycket är uppmätt, så beräknas reduktionstalet enligt följande:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A}$$

- **Fältreduktionstal  $R'$**

Ett "prim" ['] visar att värdet avser ljudisoleringen uppmätt i en byggnad (ej laboratorium) och att ljudtransmission via flankerande konstruktioner därmed inkluderas.

- **Normaliserad ljudnivåskillnad  $D_n$**

$$D_n = L_S - L_E - 10 \log \frac{A}{A_0} \quad \text{motsvarar nivån normaliserad mot referensljudabsorptionsarean } 10 \text{ m}^2.$$

- **Standardiserad ljudnivåskillnad  $D_{nT}$**

$$D_{nT} = L_S - L_E + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad \text{motsvarar nivån standardiserad mot en efterklangstid på } 0,5 \text{ s.}$$

- **Standardiserade ljudnivåskillnader har följande förhållanden till fältreduktionstalet:**

$$D_n = R' + 10 \lg \frac{10}{S}$$

$$D_{nT} = R' + 10 \lg \frac{0,32 V}{S}$$

### 2.2.2. Stegljudsvärden:

- **Normaliserad stegljudsnivå  $L_n$**

$$L_n = L + 10 \log \frac{A}{A_0} \text{ motsvarar nivån normaliserad till referensljudabsorptionsarean } 10 \text{ m}^2.$$

På samma sätt som för reduktionstal så kan den normaliserade stegljudsnivån anges i form av ett fältvärde i byggnad ( $L'_{n,w}$ ).

- **Standardiserad stegljudsnivå  $L'_{n,T}$**

$L'_{nT} = L - 10 \log \frac{T}{T_0}$  motsvarar nivån när denna är standardiserad mot ett referensvärde på efterklangstiden på 0.5 s.

- **Standardiserade och Normaliserade stegljudsnivåer förhåller sig till varandra enligt nedanstående formel:**

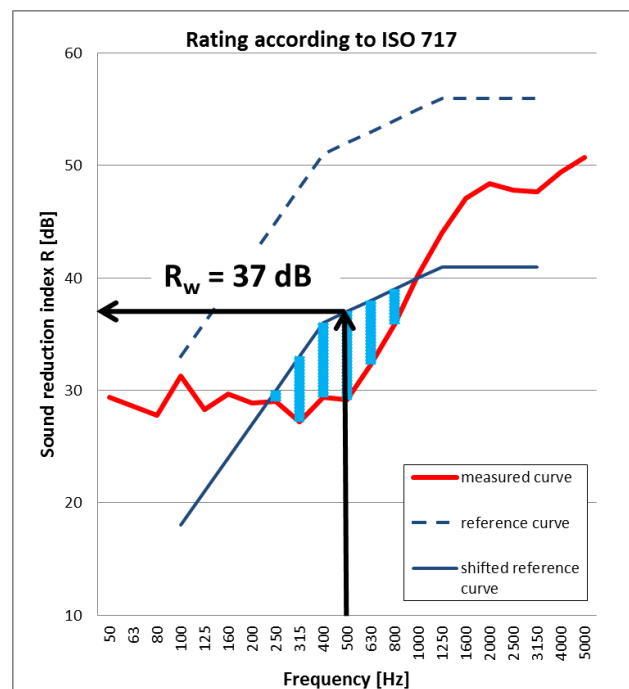
$$L'_{nT} = L_n - 10 \log 0,032 * V$$

### 2.3. Entalsvärdering av uppmätta kurvor

I praktiken är det en fördel att uttrycka ljudisoleringen hos ett byggelement med ett entalsvärde för att underlätta jämförelser av data. För att bestämma detta värde, så jämförs uppmätta kurvor med en referenskurva, i enlighet med SS-EN ISO 717, del 1 för luftljudsisolering och del 2 för stegljudsnivå.

När denna utvärdering genomförs i enlighet med SS-EN ISO 717, så flyttas referenskurvan mot den mätta kurvan till dess att summan av negativa avvikelser är så stor som möjligt, dock aldrig mer 32,0 dB (i snitt inte mer än 2 dB per tredjedels oktavband). Gynnsamma avvikelser från referenskurvan beaktas inte. Entalsvärdet är sedan det värde som referenskurvan får vid tredjedels oktavbandet 500 Hz.

Den nedsänkta bokstaven "w", betyder "weighted"; eller viktat på svenska (e.g.  $R_w$  or  $D_{nT,w}$ ), och indikerar att det är det viktade värdet som avses och att det är utvärderat i enlighet med SS-EN ISO 717.



Entalsvärden från SS-EN ISO 717: 2013			
	Luftburet ljud	Stegljud	
Ljudisolering hos byggnadsdelar	$R_w$	$L_{n,w}$	Avser laboratorievärden. Enbart ljudisolering genom byggnadsdelen.
Ljudisolering mellan rum	$R'_w$ $D_{n,w}$ $D_{nT,w}$	$L'_{n,w}$ $L'_{nT,w}$	Avser ljudisolering i färdig byggnad. Värdena tar hänsyn till ljudisolering både genom skiljevägg / bjälklag och flankerande konstruktioner
Spektrumanpassnings-termer	$C$ $C_{tr}$	$C_i$	spektrum $C$ : bostadsljud spektrum $C_{tr}$ : trafikbuller spektrum $C_i$ : stegljud

## 2.4. Spektrumanpassningstermer

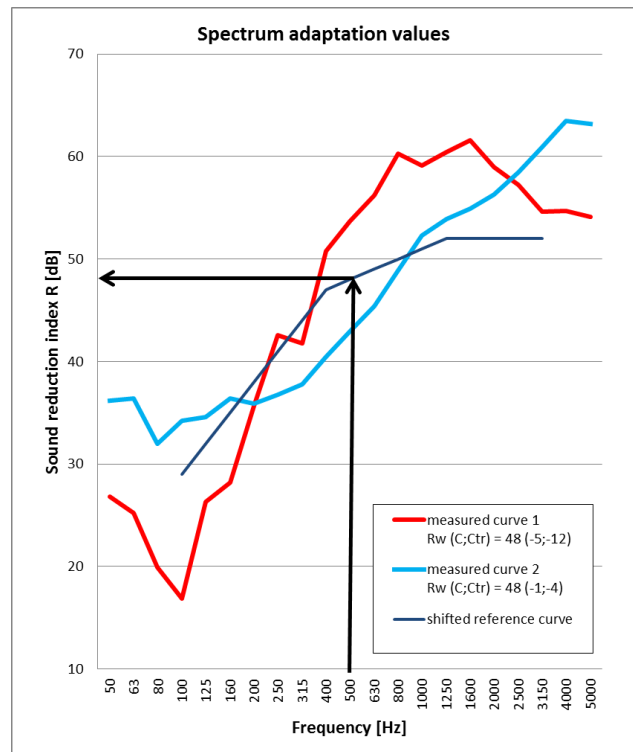
Att enbart beräkna entalsvärdena ger inte alltid en fullständigt klar bild av byggnadsdelens akustiska svagheter och styrkor i enskilda frekvenser (olika utseenden på kurvor kan resultera i identiska entalsvärden [se illustration intill]) och därmed blir inte olika ljudkällor såsom ljud i bostäder och trafikbuller, alltid beaktat i tillräcklig omfattning. Av detta skäl, inkluderades spektrumanpassningstermer i standarden SS-EN ISO 717:1996 för att komplettera entalsvärderingen. Dessa termer används idag i vissa europeiska länder. Denna kompletterande information möjliggör att vissa bullerkällor bättre kan beskrivas och beaktas med hänsyn till deras frekvensinnehåll:

### Luftburet ljud:

- C för bostadsljud
- C<sub>tr</sub> för trafikbuller

### Stegljud:

- C<sub>i</sub> för ljud från gångtrafik



Värden för spektrumanpassningstermer är också definierade i utvidgade frekvensområden under 100 Hz och/eller över 3150 Hz (exempelvis C<sub>50-3150</sub> och C<sub>i,50-2500</sub>).

## 2.5. Entalsvärden och krav i Europeiska länder

De gällande standarderna möjliggör användande av olika uttryck (tack vara spektrumanpassningstermerna) för att specificera ljudisoleringsegenskaper. Detta får till följd att, i 35 europeiska länder används sju olika sätt att beskriva luftljudsisolering och fem olika sätt att beskriva stegljudsisolering. Åtta länder har introducerat spektrumanpassningstermer och ett land har introducerat spektrumanpassningstermer från 50 Hz. Skillnaden mellan minimikrav i flerbostadshus är upp till 10 dB för luftljud och 20 dB för stegljud. Skottland och Österrike har de strängaste kraven och fem länder har inga krav alls när det gäller ljudisolering [1].

En jämförelse mellan minimikrav för luftburet ljud och stegljud för flerbostadshus och radhus i 35 Europeiska länder publicerades i [1] och det redovisas också i en tabell i annex A. Detaljerade krav och specialregler kan hittas i respektive nationella standarder och byggregler.

### 2.5.1. Svenska krav

Sverige är hittills det enda land i Europa som har introducerat anpassningstermer för att beakta låga frekvenser från 50 Hz, i byggreglerna. Värdena som används är  $D_{nT,w} + C_{50-3150}$  (förkortat som  $D_{nT,w,50}$ ) för luftburet ljud och  $L'_{nT,w} + C_{i,50-2500}$  (förkortat som  $L'_{nT,w,50}$ ) för stegljud.

De svenska byggreglerna föreskriver följande minimikrav för nyproducerade flerbostadshus:

- Luftljudsisolering mellan lägenheter:  $D_{nT,w} + C_{50-3150} \geq 52$  dB
- Stegljudsisolering mellan lägenheter:  $L'_{nT,w} + C_{1,50-2500} \leq 56$  dB

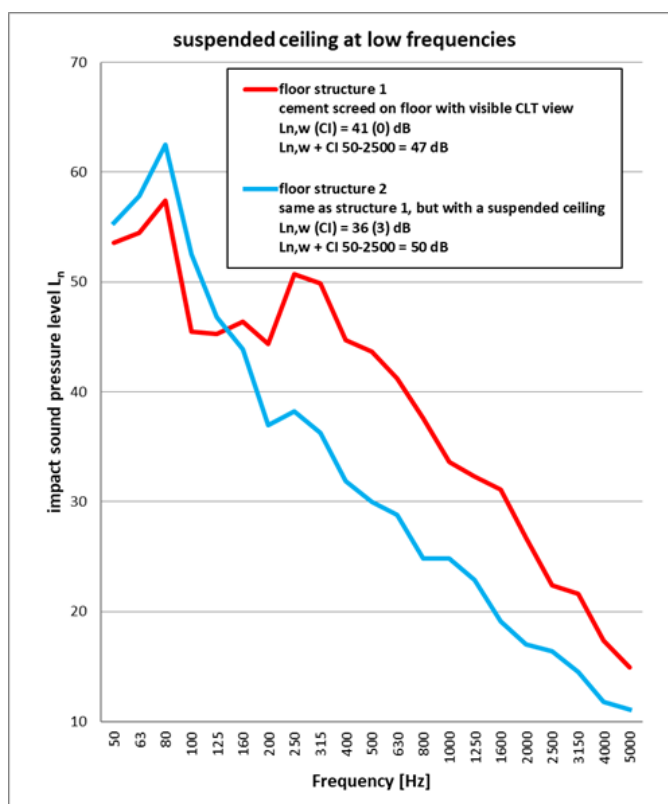
I tillägg till minimikrav i byggreglerna så kan också olika ljudklasser frivilligt väljas enligt den svenska standarden SS 25267:

	Luftburet ljud $D_{nT,w} + C_{50-3150}$	Stegljud $L'_{nT,w} + C_{1,50-3150}$	
Klass A	$\geq 60$	$\leq 48$ dB	Högsta akustiska prestanda
Klass B	$\geq 56$	$\leq 52$ dB	Ofta målsättning i samband med nyproduktion
Byggreglerna	$\geq 52$	$\leq 56$ dB	Minimikrav i byggreglerna
Klass D	$\geq 48$	$\leq 62$ dB	Kan användas i särskilda fall i samband med ombyggnationer när minimikraven inte kan uppfyllas

### 2.5.2. Ljudisolering vid låga frekvenser

Det faktum att ljudisolering beaktas från 50 Hz kräver nya angreppssätt när träkonstruktioner skall projekteras. Vanliga åtgärder för att förbättra ljudisoleringen, såsom ett nedpendlat undertak eller helt frikopplat installationsutrymme, behöver inte nödvändigtvis innebära bättre ljudisolering vid låga frekvenser utan kan i olyckliga fall reducera den slutliga ljudisoleringen hos ett byggelement. Orsaken till detta är massa-fjäder-resonansen mellan den lastbärande stommen och de adderade lagren, som ofta kan hamna inom området mellan 50 Hz och 100 Hz och därmed leda till ökad ljudtransmission i det frekvensområdet.

Bilden till höger visar en jämförelse avseende stegljudsnivåer från två olika bjälklag med KL-trä som bärande element, 1 med synligt trä på undersidan (röd linje) och 2 med ett nedpendlat undertak (blå linje). Medan det nedpendlade undertaket bidrar till förbättringar i medel- och höga frekvenser, så uppvisar det en försämring i låga frekvenser. I detta fall hjälper det nedpendlade undertaket till att reducera stegljudsnivåerna  $L_{n,w}$  med 5 dB (41 → 36 dB) men när man också beaktar spektrumanpassningstermen från 50 Hz, så försämras värdet  $L_{n,w} + C_{1,50-2500}$  med 3 dB från 47 dB till 50 dB.



För att erhålla bättre resultat vid låga frekvenser, med täckta KL-träkonstruktioner, så kan nedpendlingsavståndet öka till 200 mm eller också kan gipsskivor monteras dikt an KL-skivan, utan nedpendling.



### 3. Ljudisolering av byggnadsdelar

#### 3.1. Enlagerskonstruktioner

##### 3.1.1. Bergers masslag

Ljudisoleringen hos en solid enlagerskonstruktion bestäms primärt av dess massa. "Akustiska enlagerskonstruktioner" definieras av att dess enskilda masspunkter inte förändras i relation till varandra när hela systemet vibrerar (den vibrerar som en enhet). Reduktionstalet för sådana konstruktioner kan approximeras med hjälp av Bergers masslag:

$$R = 20 \lg \frac{f * m'}{130} [dB]$$

som visar att ljudisolering beror av massa i förhållande till yta,  $m'$  och frekvens,  $f$ . En dubbling av massan ökar ljudisoleringen med 6 dB. Högfrekventa ljud dämpas lättare än lågfrekventa ljud och det är därför ljud som färdats genom en byggnadsdel, låter dovre än vad det gör direkt vid ljudkällan.

##### 3.1.2. Koincidens

Ljudisolering försämras om det råder resonansfrekvens (egenfrekvens) eller koincidens, vilket stör förutsägelsen från Bergers masslag. Ljud förstärks inom frekvensspektrat och ökar i takt med att de vibrerande panelernas våglängd sammanfaller med våglängden från orginalljudkällan (de vibrerar koincident) vilket leder till en försämrad ljudisolering. Den lägsta frekvensen för vilket detta fenomen kan uppstå, kallas för "koincidensgränsfrekvensen" och kan beräknas med följande förenklade ekvation [2]:

$$f_g = \frac{60}{d} * \sqrt{\frac{\rho}{E_{dyn}}} [Hz]$$

Effekten leder till ökad ljudutstrålning från byggnadsdelen och därmed en försämrad ljudisolering i det motsvarande frekvensspektrat. Byggnadsdelar med en gränsfrekvens som är högt över eller långt under det byggnadsakustiska frekvensspektrat, erhåller goda ljudisoleringsegenskaper. Byggnadsdelar med låg koincidensgränsfrekvens kallas "styva" medan tunna beklädnader, såsom gipsskivor, med en hög koincidensgränsfrekvens kallas "flexibla".

#### 3.2. Massformel för CLT by Stora Enso

Som en första uppskattning kan reduktionstalet för ett CLT-element beräknas utifrån dess massa [3]. Elementets massa beräknas i sin tur utifrån dess tjocklek och densitet i  $kg/m^3$ . Massan är sedan basen för ekvationen för det vägda reduktionstalet,  $R_w$ . Tester har visat att monteringsvinkeln påverkar  $R_w$  och därför har två ekvationer tagits fram, en för väggar och en för bjälklag, där de vanligaste tjocklekarna för de specifika användningsområdena är tillämpliga.

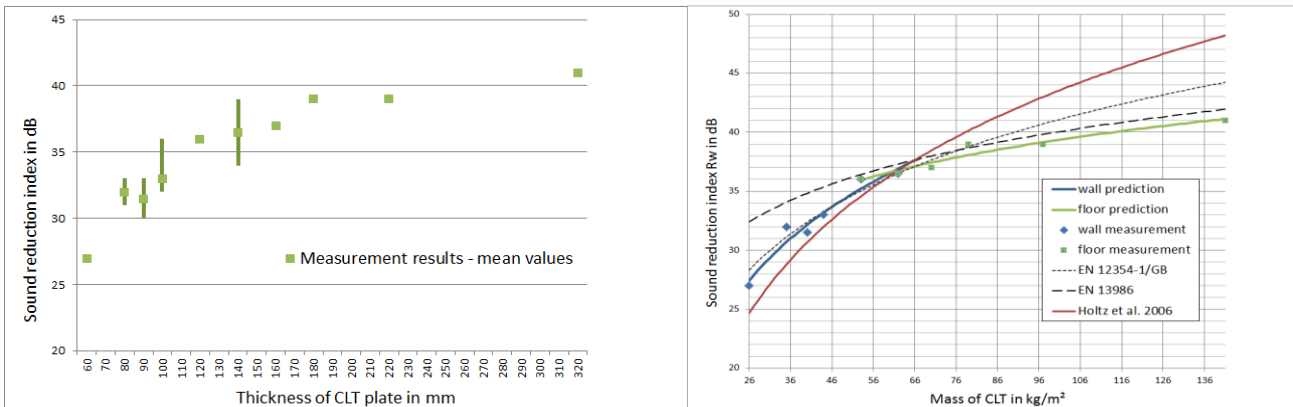
"Masslagar för CLT" härrör från medelvärden från tillgängliga mätresultat (stora avvikelser exkluderade). Resultaten ges av de två olika ekvationerna för väggar respektive bjälklag av CLT, inom de ovan nämnda tjocklekarna.

$$R_{w,CLT,vägg} = 25 \lg(m'_{CLT}) - 8 [dB]$$

Tillämplig för CLT-väggar från 60 till 150 mm

$$R_{w,CLT,bjälklag} = 12,2 \lg(m'_{CLT}) + 15 [dB]$$

Tillämplig för CLT-bjälklag från 120 till 320 mm

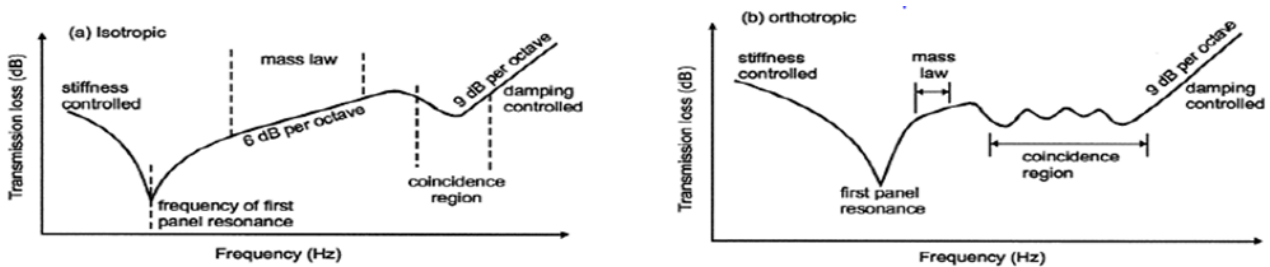


Den vänstra figuren visar resultat från mätningar (medelvärden och varianser) av ljudisolering hos CLT, av luftburet ljud. Den högra figuren visar grafiskt resultaten från de två ekvationerna i relation till mätresultaten. Även standardiserade ekvationer och beräkningsmodeller är presenterade.

### 3.3. Ortotropiska material

Den korslagda orienteringen av de individuella brädlagren i CLT och de olika hållfasthetsvärdena hos trä i fiberriktningen eller mot dess normal, gör att CLT har olika hållfasthetsvärden längs huvudböjaxlarna och kan därmed antas vara en ortotropisk platta (ortogonal-anisotropisk). Ortotropiska material skiljer sig från isotropiska komponenter även på ett akustiskt plan då de har olika koincidensinducerade dalar i ljudisoleringen vid olika frekvensområden ( $f_{c,i}$  och  $f_{c,j}$ ) till följd av olika böjhållfastheter längs huvudaxlarna ( $B_i$  och  $B_j$ ). Transmissionsförlusten som en funktion av frekvensen hos en CLT-skiva utan flankning visar inte en tydlig dal vid en koincidensfrekvens, utan istället syns en sträcka med ökad ljudtransmission (minskad ljudisolering) mellan  $f_{c,i}$  och  $f_{c,j}$ .

Beroende på förhållandet mellan de två styvheterna, vilka beror av tjocklekarna och orienteringen på de individuella brädlagren, kan detta område öka från bara några få tredjedels oktavband, upp till hela oktavband och därmed orsaka en ökad ljudtransmission i området. Koincidensområdet för CLT ligger normalt i det område som är relevant i byggnadsakustik och det bör därför tas i beaktning vid dimensionering.



Figuren visar de olika beteendena för isotropiska och ortotropiska material [4].

### 3.4. Flerlayerskonstruktioner

Ljudisoleringens beteende i en flerlayerskonstruktion kan beskrivas som ett massa-fjäderssystem. Massan hos lagren och den dynamiska styvheten i de mellanliggande lagren, bestämmer läget av resonansfrekvensen som i sin tur bestämmer kvaliteten av ljudisoleringen.

Om resonansfrekvensen är tillräckligt låg ( $<100$  Hz), i denna typ av konstruktion, kan bättre ljudisolering uppnås med signifikant mindre massa. Resonansfrekvensen  $f_0$  hos två massor med flexibla mellanliggande lager kan beräknas enligt [ÖNORM B 8115-4]:

$$f_0 = 160 * \sqrt{s' \left( \frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ [Hz]}$$

$f_0$  resonansfrekvens i Hz  
 $m'_1, m'_2$  ytbaserad massa av lager i  $\text{kg/m}^2$   
 $s'$  dynamisk styvhet hos mellanliggande skikt (isoleringmaterial eller luft) i  $\text{MN/m}^3$

Den dynamiska styvheten  $s'$  hos en luftspalt beräknas enligt:

$$s' = \frac{0,14}{d} \text{ [MN/m}^3\text{]}$$

Den dynamiska styvheten hos ett ljudabsorberande fyllnadsmaterial beräknas enligt:

$$s' = \frac{0,111}{d} \text{ [MN/m}^3\text{]}$$

$d$  avstånd mellan skikten i meter

### Röd kurva: $R_w = 34 \text{ dB}$

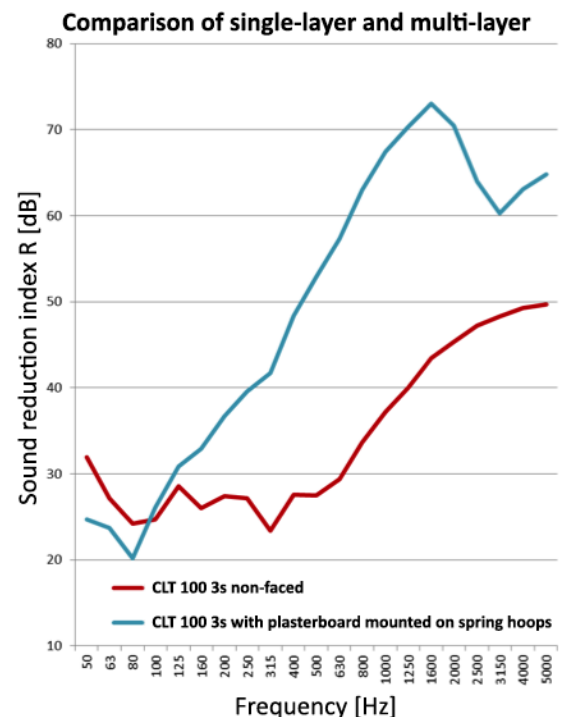
CLT 100 3s (utan beklädnad).

Enlayerskonstruktion av CLT med koincidensområde ( $f_{c,i}$  och  $f_{c,j}$ ) från ungefär 125 Hz till 400 Hz, följt av en stadig ökning av ljudisolering orsakat av massa och dämpning, till omkring 9 dB per oktav. Kurvans utveckling i de låga frekvenserna påverkas av skivans naturliga vibrationer som beror av geometrin samt otillräckligt diffust ljudfält under mätningarna.

### Blå kurva: $R_w = 51 \text{ dB}$

CLT 100 3s med gipsskiva monterad på regler och ljudbyglar.

Flerlayerskonstruktion med resonansfrekvens  $f_0$  vid 80 Hz, följt av ökande ljudisolering vid ungefär 18 dB per oktav och koincidensgränshfrekvens hos den 12,5 mm tjocka gipsskivan vid ungefär 2 800 Hz. På grund av den mekaniskt isolerade ytbeklädnaden har koincidensfrekvensen för CLT på 315 Hz, mycket liten påverkan. Resonans i luftspalten kan reduceras genom att fylla spalten med mineralull.



### 3.5. Beräkningsmodell för luftljudsisolering av CLT-väggar med ETICS

I denna CLT+ETICS (External Thermal Insulation Composite System) -modell, som presenteras i [3], användes endast mätdata som kunde ge tillförlitliga mätvärden på dynamisk styvhet för det ingående isoleringsmaterialet. Särskild betoning gjordes på materialegenskaperna hos de lager som ingick i de undersökta byggkomponenterna.

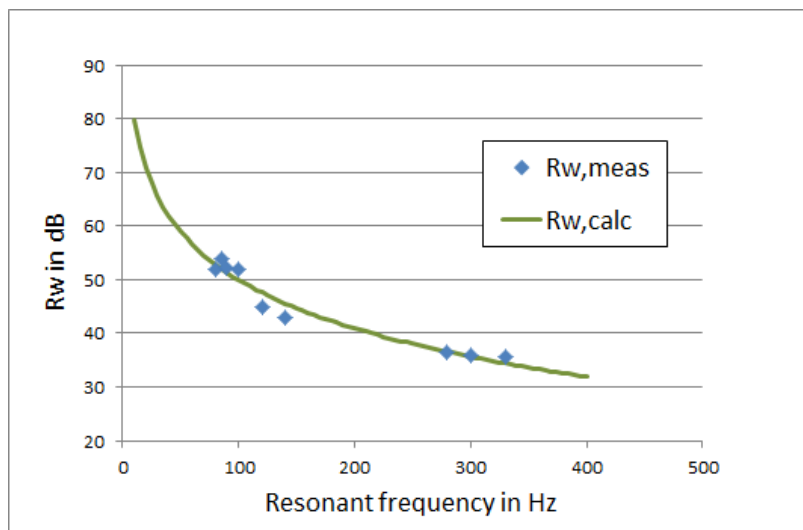
Resonansfrekvensen  $f_R$ , beräknas med de båda massorna från CLT-skivan och gipsskivan samt fjädningen,  $s'$  i isoleringsmaterialet, i beaktning.

$$f_R = \frac{1}{2\pi} \sqrt{s' * \left( \frac{1}{m'_{CLT}} + \frac{1}{m'_{gips}} \right)} \text{ [Hz]}$$

Baserat på  $f_R$  kan sedan  $R_w$  beräknas enligt följande ekvation:

$$R_w = -30 \lg(f_R) + 110 \text{ [dB]}$$

Den beskrivna förutsägelsemodellen är baserad på ett semiempiriskt tillvägagångssätt med ett begränsat antal tillförlitliga mätningar. Med anledning av det kan modellen med fördel förbättras och förlängas genom att addera fler mätningar samt förfina ekvationen. Noggrannheten av modellen verkar dock vara inom normal precision för byggnadsakustiska appliceringar, med hänsyn till en standardavvikelse,  $\sigma$  på 1,6 och maxavvikelser på +2 dB och -2,6 dB. Var god notera att användande av materialdata från litteratur kan leda till en över- eller underestimering av ljudisoleringen eftersom den dynamiska styvheten hos isoleringsmaterialen kan variera signifikant även inom en och samma typ av material. Därför ska uppmätt data från producenten alltid användas vid beräkning.



Figuren visar en jämförelse av uppmätt data och vägda reduktionstal  $R_w$  för CLT med ETICS.

### 3.6. Ljudisolering av sammansatta byggnadsdelar

När ett fönster eller en dörr installeras i en yttervägg beskrivs hela byggnadsdelens ljudisolering av det sammansatta vägda reduktionstalet  $R'_{res,w}$ . För att bestämma prestandan av den totala ljudisoleringen måste reduktionstalen för delkomponenternas ytareor (fönster, dörrar) samt hela byggnadsdelens ytarea (i detta fall, ytterväggen), tas i beaktning.

Vägt reduktionstal för ett fönster  $R_{w,F,erf}$  beräknas enligt:

$$R_{w,F,erf} = R'_{w,AW} - 10 * \log \left[ 1 + \frac{S_g}{S_F} * \left( 10^{\frac{R'_{w,AW} - R'_{res,w}}{10}} - 1 \right) \right]$$

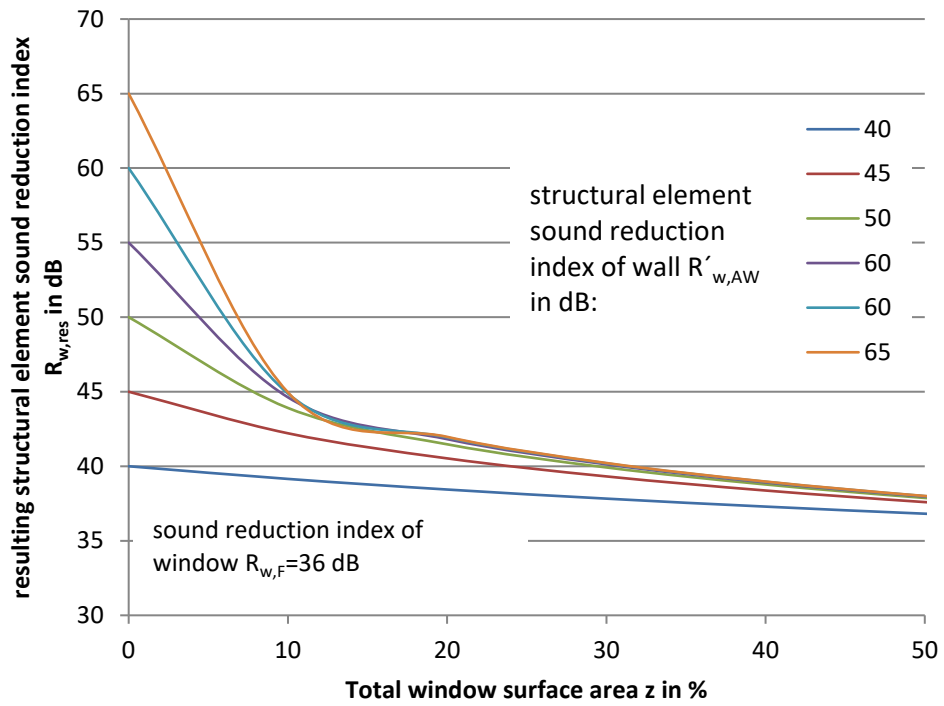
där

$R'_{w,AW}$  är det vägda reduktionsralet i fält, för ytterväggen

$R'_{res,w}$  är det resulterande ljudisoleringskravet i fält

$S_g$  är hela väggens totala ytarea

$S_F$  är fönstrets ytarea.



Diagrammet visar hur  $R'_{res,w}$  beror av ytarean på ett fönster som installeras.  $R_{w,F}$  för fönstret är 36 dB.

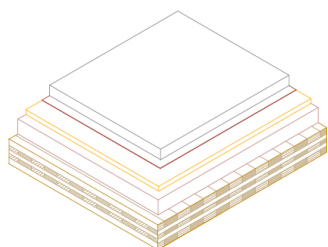
## 4. Ljudisolering hos KL-träkomponenter

Följande sidor innehåller exempel på olika bjälklag, tak, skiljeväggar samt utvändiga och invändiga väggar. Fler sammansatta konstruktioner redovisas i byggnadsfysikavsnittet i vår tekniska folder ([https://issuu.com/storaenso/docs/01\\_technical\\_folder\\_-\\_stora\\_ensobu/194](https://issuu.com/storaenso/docs/01_technical_folder_-_stora_ensobu/194)) eller i konstruktionskatalogen dataholz.com ([www.dataholz.com/](http://www.dataholz.com/)) eller i LIGNUM komponentkatalog (<http://bauteilkatalog.lignum.ch/>)

### 4.1. Bjälklag

Ljudisoleringen hos bjälklag kan förbättras antingen genom att öka massan eller genom att förbättra den mekaniska isoleringen av byggnadskomponenter. I praktiken innebär detta att man kan installera ett övergolv i betong eller avjämningsmassa (5–7 cm avjämningsmassa; notera: kantisoleringsremsan skall inte klippas av förrän golvet är lagt) på en mjuk stegljudsisoleringsmatta ( $s' \leq 10$ ) med fyllning under för att tillföra ytterligare massa. I de fall när det inte finns något nedpendlat undertak, så måste tjockleken på fyllningen ökas till ca 10 cm och, beroende på dess höga ljuddämpande förmåga, så bör den vara obunden (löst lagd). Användande av lös fyllning eller extremt mjuk stegljudsmatta bör i förväg diskuteras med leverantören av avjämningsmassan. Som ett alternativ till lös fyllning, så kan elastiskt sammankopplad fyllning användas. Detta görs med ett bindemedel av latex och därigenom behålls den dämpande effekten. Vad gäller ljudisolering, så är undertak mest effektiva när de är mekanisk isolerade (monterade på fjäderhängare eller elastiska byglar) från KL-skivan. Hållrum bör vara försedda med dämpande mineralullsisolering för att minimera kavitetsresonanser [2].

#### Bjälklag 1 (tjocklek 340 mm)

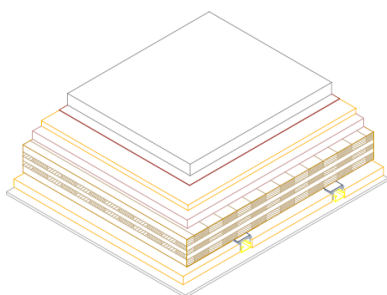


70 mm	avjämningsmassa (2200 kg/m <sup>3</sup> )
0,2 mm	PE-membran
30 mm	mjuk stegljudsisolering ( $s' < 10$ MN/m <sup>3</sup> )
100 mm	yllning, grus (elastiskt sammanfogad eller löst lagd)
140 mm	<b>CLT by Stora Enso</b>

$$R_w(C;C_{tr}) = 63 (-2;-5) \text{ dB} \quad C_{50-3150} = -3 \text{ dB}$$

$$L_{n,w}(C_i) = 43 (-3) \text{ dB} \quad C_{150-2500} = 2 \text{ dB}$$

#### Bjälklag 2 (tjocklek 375 mm)

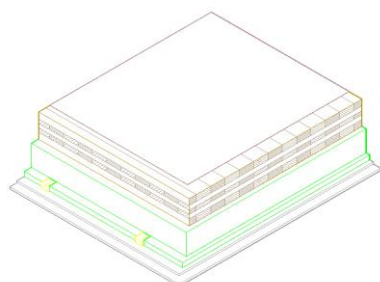


70 mm	avjämningsmassa (2200 kg/m <sup>3</sup> )
0,2 mm	PE-membran
30 mm	mjuk stegljudsisolering ( $s' < 10$ MN/m <sup>3</sup> )
50 mm	yllning, grus (löst lagd)
140 mm	<b>CLT by Stora Enso</b>
70 mm	nedpendling; 60 mm mineralull
15 mm	gipsskiva

$$R_w(C;C_{tr}) = 63 (-2;-6) \text{ dB} \quad C_{50-3150} = -3 \text{ dB}$$

$$L_{n,w}(C_i) = 46 (1) \text{ dB} \quad C_{150-2500} = 9 \text{ dB}$$

#### Bjälklag 3 (tjocklek 293 mm)



8 mm	PVC-golv
160 mm	<b>CLT by Stora Enso</b>
100 mm	Fjädrande nedpendling; med mineralull
12,5 mm	gipsskiva
12,5 mm	gipsskiva

$$R_w(C;C_{tr}): 65 (-2;-7) \text{ dB} \quad C_{50-3150} = -4 \text{ dB}$$

$$L_{n,w}(C_i): 49 (0) \text{ dB} \quad C_{150-2500} = 5 \text{ dB}$$

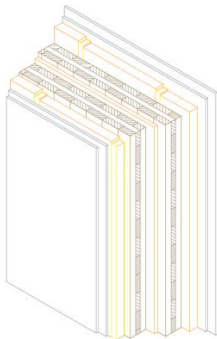
## 4.2. Vägghonstruktioner

Medan ljudisoleringen av enskiktsbyggdelar bestäms av dess ytvikt samt dess böjstyvhet, så kan högre ljudisolering åstadkommas med mindre massa om man utnyttjar fler lager i konstruktionen. Resonansfrekvensen kan sänkas genom att öka avståndet mellan olika lager, öka massan av individuella lager och säkerställa att väggpanelerna är monterade med så flexibla kopplingar som möjligt mot lastbärande väggar. För att undvika kavitetsresonanser, så skall utrymmet innanför de yttre panelerna fyllas med ljudabsorberande material.

### 4.2.1. Skiljeväggar

Detaljerad information om anslutningar kan erhållas på förfrågan.

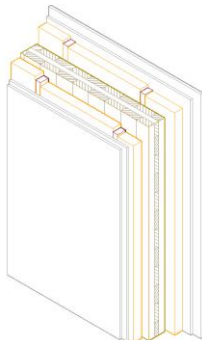
#### Skiljevägg 1 (tjocklek 390 mm)



12,5 mm	gipsskiva
12,5 mm	gipsskiva
50 mm	fristående beklädnad med hålrum fyllt med 50 mm mineralull
100 mm	<b>CLT by Stora Enso</b>
40 mm	mineralull
100 mm	<b>CLT by Stora Enso</b>
50 mm	fristående beklädnad med hålrum fyllt med 50 mm mineralull
12,5 mm	gipsskiva
12,5 mm	gipsskiva

**$D_{nT,w} (C;C_{tr}): 67 (-1;-4) \text{ dB}$**   
 **$C_{50-3150} = -9 \text{ dB}$**

#### Skiljevägg 2 (tjocklek 270 mm)

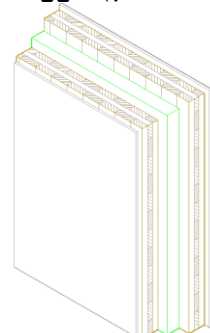


12,5 mm	gipsskiva
12,5 mm	gipsskiva
65 mm	fristående regelstomme, 15 mm avstånd från KL-skivan med 50 mm mineralull i kaviteten
90 mm	<b>CLT by Stora Enso</b>
65 mm	fristående stomme, 15 mm avstånd från KL-skivan med 50 mm mineralull i kaviteten
12,5 mm	gipsskiva
12,5 mm	gipsskiva

**$D_{nT,w} (C;C_{tr}): 67 (-2;-7) \text{ dB}^*$**   
 **$C_{50-3150} = -11 \text{ dB}^*$**

\* lägsta värde baserat på fyra fältmätningar

#### Skiljevägg 3 (tjocklek 305 mm)



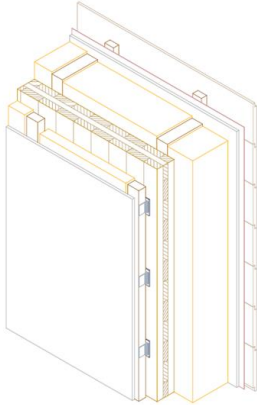
12,5 mm	gipsskiva
100 mm	<b>CLT by Stora Enso</b>
60-80 mm	mineralull
100 mm	<b>CLT by Stora Enso</b>
12,5 mm	gipsskiva

**$R'_w (C;C_{tr}): 58 (-1;-6) \text{ dB}^*$**   
 **$C_{50-3150} = -2 \text{ dB}^*$**

\* lägsta värde baserat på sex fältmätningar

## 4.2.2. Ytterväggar

### Yttervägg 1

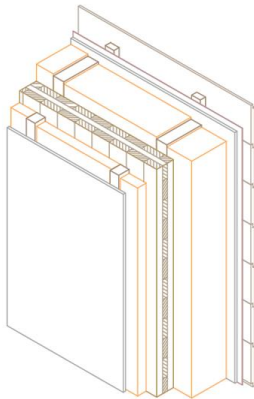


- 20 mm träfasad
- 30 mm träreglar (30/50)
- < 1 mm ångbroms
- 15 mm gipsskiva
- 200 mm träreglar (200/60, c/c= 62,5cm), och fyllning av
  - a.: hampafiberisolering
  - b.: träfiberisolering
- > 90 mm **CLT by Stora Enso**
- 70 mm träreglar (60/60), monterade på eftergivliga hållare
- 50 mm mineralull i kaviteten
- 12,5 mm gipsskiva

a.:  $R_w (C;C_{tr})$ : 51 (-2;-7) dB (hampafiberisolering)

b.:  $R_w (C;C_{tr})$ : 53 (-2;-8) dB (träfiberisolering)

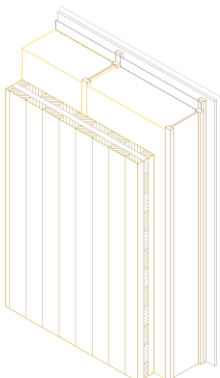
### Yttervägg 2



- 20 mm träfasad
- 30 mm träreglar (30/50)
- < 1 mm ångbroms
- 15 mm gipsskiva
- 200 mm träreglar (200/60, c/c= 62,5cm), och fyllning med hampafiberisolering
- > 90 mm **CLT by Stora Enso**
- 60 mm träreglar (60/60), 50mm mineralull i kaviteten
- 12,5 mm gipsskiva

$R_w (C;C_{tr})$ : 46 (-2;-5) dB

### Yttervägg 3



- 5 mm mineralputs
- 12,5 mm cementbunden lättviktsbetongskiva
- 30 mm öppen regling
- < 1 mm ångbroms
- 200 mm lättbalk av trä, med 200 mm träfiberisolering
- > 80 mm **CLT by Stora Enso**

$R_w (C;C_{tr})$ : 43 (-2;-7) dB

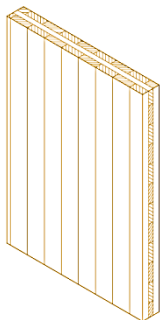


### 4.2.3. Innerväggar

Även om det inte finns några specifika krav på ljudisolering mellan rum inom en lägenhet (om inte ljudklass B eller A är föreskriven), så bör ljudisoleringen fortfarande tas i beaktning när byggnader projekteras för att klara en rimlig nivå för ljudisolering. Förbättringar av ljudisolering hos innenväggar, exempelvis genom att montera en panel utanför KL-skivan, bör göras i bullriga miljöer eftersom det kan hjälpa att reducera ljudtransmissionen till KL-konstruktionen och därmed minska flankerande ljud.

Ljudisoleringen av en 100 mm tjock KL-trävägg med olika typer av täcksikt testades i en serie mätningar i laboratoriet för byggnadsfysik i Graz tekniska univeristet.

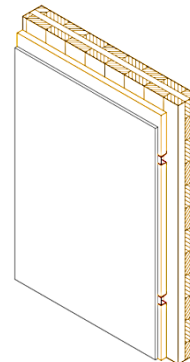
#### CLT by Stora Enso utan beklädnig



100 mm **CLT by Stora Enso**

$R_w (C;C_{tr}): 34 (-1;-3) \text{ dB}$   
 $C_{50-3150}: -1 \text{ dB}$

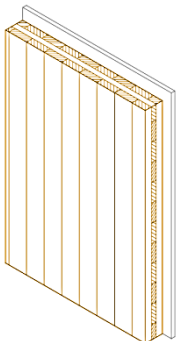
#### Med fjädrande skena



100 mm **CLT by Stora Enso**  
 27 mm akustikskena med mellanliggande lager av mineralull, 50 mm komprimerat till 27 mm  
 12,5 mm brandskyddande gipsskiva

$R_w (C;C_{tr}): 48 (-5;-12) \text{ dB}$   
 $C_{50-3150}: -5 \text{ dB}$

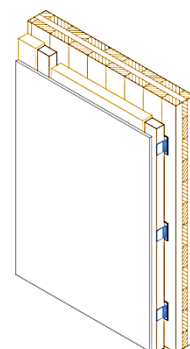
#### Brandskyddande gipsskiva på en sida



100 mm **CLT by Stora Enso**  
 12,5 mm brandskyddande gipsskiva

$R_w (C;C_{tr}): 37 (-1;-3) \text{ dB}$   
 $C_{50-3150}: -1 \text{ dB}$

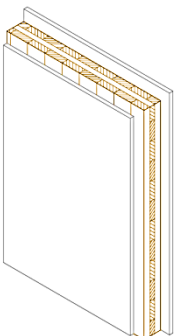
#### Fjädrande fästen



100 mm **CLT by Stora Enso**  
 3 mm förseglingstejp  
 50 mm fjädrande fästen + träreglar med ett mellanliggande lager av mineralull  
 12,5 mm brandskyddande gipsskiva

$R_w (C;C_{tr}): 51 (-2;-8) \text{ dB}$   
 $C_{50-3150}: -4 \text{ dB}$

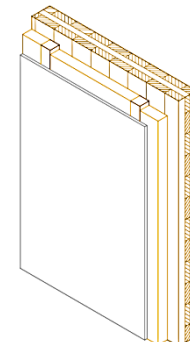
#### Brandskyddande gipsskiva på två sidor



12,5 mm brandskyddande gipsskiva  
 100 mm **CLT by Stora Enso**  
 12,5 mm brandskyddande gipsskiva

$R_w (C;C_{tr}): 37 (-1;-3) \text{ dB}$   
 $C_{50-3150}: -1 \text{ dB}$

#### Träreglar



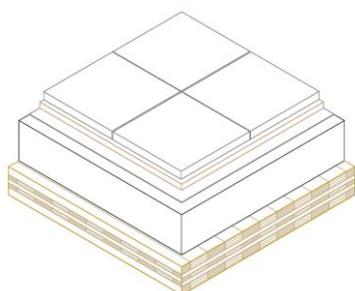
100 mm **CLT by Stora Enso**  
 50 mm träreglar med ett mellanliggande lager av mineralull  
 12,5 mm brandskyddande gipsskiva

$R_w (C;C_{tr}): 45 (-1;-5) \text{ dB}$   
 $C_{50-3150}: -2 \text{ dB}$

### 4.3. Takkonstruktioner

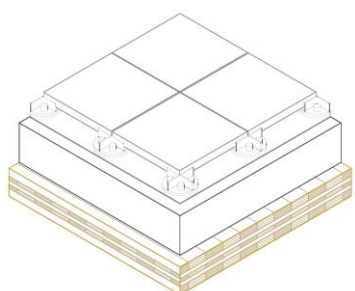
I moderna kontors- och bostadshus, används platta tak ibland som uteplatser och terrasser. I planeringen för en takterass är det viktigt att inte bara tillgodose kraven för värmeisolering, utan att även ta hänsyn till luftburet ljud samt stegljud. För ett vanligt tak finns vanligtvis inga krav på stegljudisolering, men när det kommer till takterasser är ljudisoleringen mycket betydelsefull för att möta kraven på inomhusmiljö för byggnaden. Det finns inte mycket riktlinjer kring ljudisolering av tak, så för att ge guidning i frågan har Stora Enso testat ett antal takuppbyggnader i akustiklaboratorium.

#### 4.3.1. Exempel på takkonstruktioner:



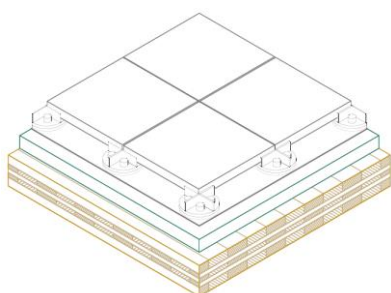
40 mm cementplattor  
 30 mm makadam  
 2,5 mm EPDM-tätskikt  
 200 mm cellplast, EPS  
 140 mm **CLT by Stora Enso**

$R_w(C;C_{tr}) = 53 (-2;-6) \text{ dB}$   
 $L_{n,w}(C_i) = 58 (2) \text{ dB}$



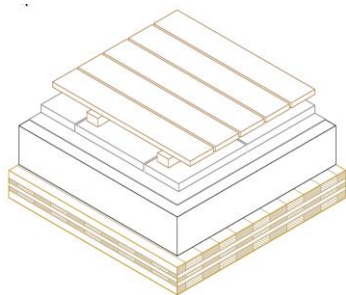
40 mm cementplattor  
 40 mm terrassfot  
 12 mm underlagsdynor av elastomertyp  
 2,5 mm takmembran  
 200 mm cellplast, EPS  
 140 mm **CLT by Stora Enso**

$R_w(C;C_{tr}) = 38 (-1;-4) \text{ dB}$   
 $L_{n,w}(C_i) = 52 (-1) \text{ dB}$



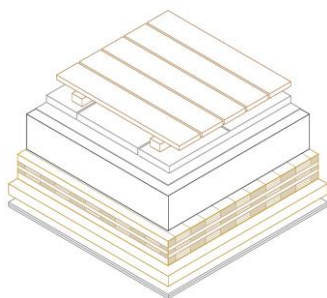
40 mm cementplattor  
 40 mm terrassfot  
 12 mm underlagsdynor av elastomertyp  
 2,5 mm takmembran  
 58 mm vakumisolerings-skiva  
 140 mm **CLT by Stora Enso**

$R_w(C;C_{tr}) = 37 (-1;-5) \text{ dB}$   
 $L_{n,w}(C_i) = 55 (-3) \text{ dB}$



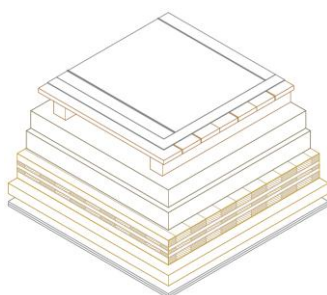
26 mm trällbrädor  
 44 mm träreglar  
 12 mm underlagsdynor av elastomertyp  
 40 mm cementplattor och makadam  
 2,5 mm EPDM-tätskikt  
 200 mm cellplast, EPS  
 140 mm **CLT by Stora Enso**

$R_w(C;C_{tr}) = 51 (-1;-5) \text{ dB}$   
 $L_{n,w}(C_i) = 45 (1) \text{ dB}$



26 mm trällbrädor  
 44 mm träreglar  
 12 mm underlagsdynor av elastomertyp  
 40 mm cementplattor och makadam  
 2,5 mm EPDM-tätskikt  
 200 mm cellplast, EPS  
 140 mm **CLT by Stora Enso**  
 60 mm mineralull  
 90 mm beslag för nedpendlande tak, CD-profil  
 2 x 12,5 mm gipsskiva

$R_w(C;C_{tr}) = 72 (-5;-13) \text{ dB}$   
 $L_{n,w}(C_i) = 45 (1) \text{ dB}$



0.5 mm aluminium  
 3 mm bitumen  
 24 mm trällbrädor  
 80 mm träreglar  
 2 x 100 mm träfiberisolering  
 140 mm **CLT by Stora Enso**  
 60 mm mineralull  
 90 mm beslag för nedpendlande tak, CD-profil  
 2 x 12,5 mm gipsskiva

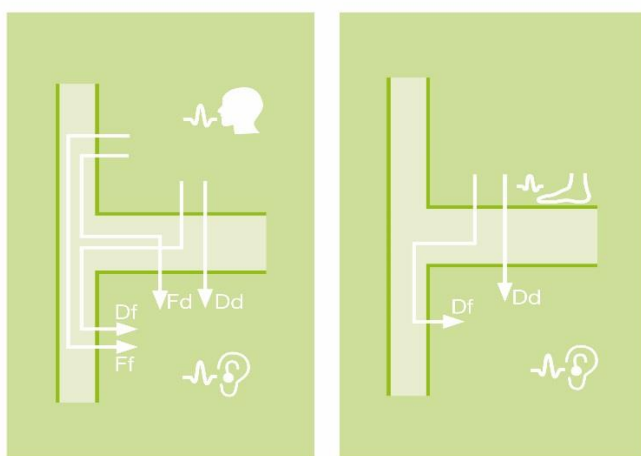
$R_w(C;C_{tr}) = 71 (-5;-13) \text{ dB}$

## 5. Ljudtransmission i byggnader

I tillägg till direkt ljudtransmission genom skiljekonstruktionen, så förekommer många andra transmissionsvägar, som varierar med konstruktionen, och alla dessa kallas flankerande transmissionsvägar.

Eftersom ljudkrav i olika länder omfattar alla transmissionsvägar, direkttransmission såväl som flanktransmission, så måste detta beaktas vid dimensionering. Således är det viktigt att tänka på att ju bättre ljudisolering hos byggnadselementet, desto mer påtaglig blir flanktransmissionen när man bedömer helheten. Flanktransmission kan minskas antingen genom att isolera de olika byggdelarna (t.ex. med elastomerer) och/eller genom att montera fjädrande bekädnader, s.k. strålningsminskande beklädnad.

Principer för planering relaterat till krav för elastiska mellanlägg har publicerats av "Holzforschung Austria", se [2]. Delar av detta beskrivs i annexet till detta dokument.



Ljudtransmissionsvägar mellan två rum

- F .... flanktransmission (indirekt)
- D .... direkt transmission
- f .... Flankerande strålning (indirekt)
- d .... direkt strålning

I princip så kan ljudisoleringen verifieras via matematiska modeller baserat på beräkningsmetoden i EN 12354, eller genom jämförande mätningar, som baseras på mätningar gjorda i fält. Trots aktiv forskning och vissa tidiga publikationer, så finns ännu inte tillräckligt korrekta värden för den relativt nya produkten KL-trä, för att möjliggöra beräkningar i enlighet med EN 12354. Förenklade angreppssätt för ljudtransmission i KL-träkonstruktioner kan exempelvis hittas i publikationer från "Informationsdienst Holz" [3] eller "Holzforschung Austria" [4].

Under tiden, så kan många väl dokumenterade fältmätningar tillhandahållas mot förfrågan och dessa kan också refereras till vid verifiering.

## Litteraturlista

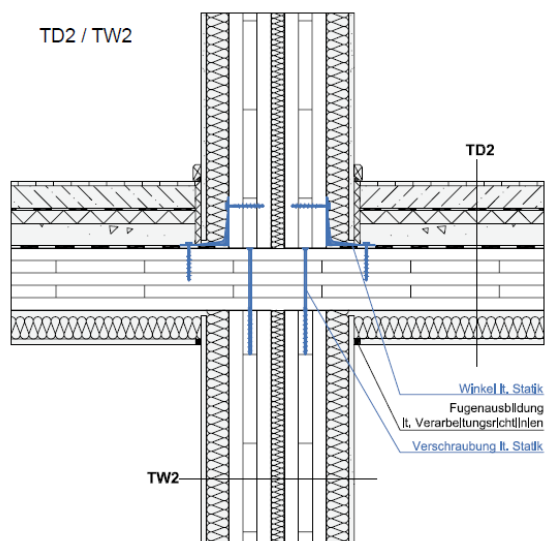
- [1] B. Rasmussen and M. Machimbarrena, "Existing sound insulation performance requirements and classification schemes for housing across Europe," in *COST Action TU0901 – Building acoustics throughout Europe. Volume 1: Towards a common framework in building acoustics throughout Europe*, 2014.
- [2] M. TEIBINGER, I. MATZINGER and F. DOLEZAL, Bauen mit Brettsper Holz im Geschößbau - Focus Bauphysik, Planungsbroschüre, Holzforschung Austria, Wien, 2013.
- [3] F. Holtz, J. Hessinger, H. P. Buschbacher and A. Rabold, "Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken," in *Informationsdienst Holz - Holzbauhandbuch Reihe 3 Teil 3 Folge 3*, München, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH), 1999.
- [4] M. Teibinger, F. Dolezal and I. Matzinger, Deckenkonstruktionen für den mehrgeschoßigen Holzbau - Schall- und Brandschutzl, Wien: Holzforschung Austria, 2009.

**Annex A: Jämförelser av minimikrav I 35 europeiska länder [1]**

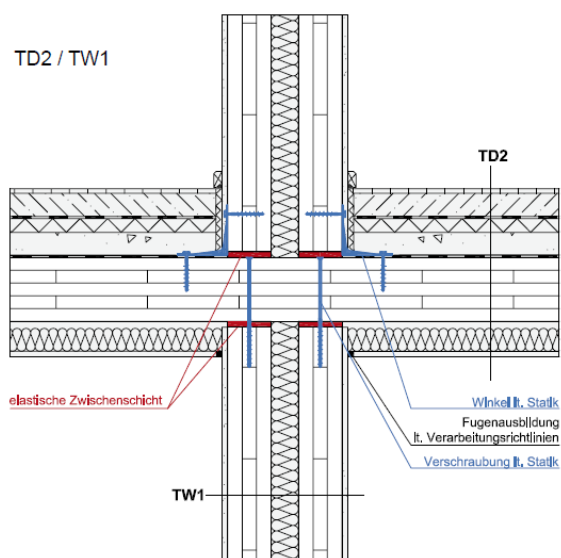
Luftljud (status Juni 2013)		Flerbostadshus	Radhus
Land	Mått	Krav [dB]	Krav [dB]
Österrike	DnT,w	≥ 55	≥ 60
Belgien	DnT,w	≥ 54	≥ 58
Bulgarien	R'w	≥ 53	≥ 53
Kroatien	R'w	≥ 52	≥ 52
Cypern	N/A	N/A	N/A
Tjeckien	R'w	≥ 53	≥ 57
Danmark	R'w	≥ 55	≥ 55
England & Wales	DnT,w + Ctr	≥ 45	≥ 45
Estland	R'w	≥ 55	≥ 55
Finland	R'w	≥ 55	≥ 55
Frankrike	DnT,w + C	≥ 53	≥ 53
Tyskland	R'w	≥ 53	≥ 57
Grekland	R'w	≥ 50	≥ 50
Ungern	R'w + C	≥ 51	≥ 56
Island	R'w	≥ 55	≥ 55
Irland	DnT,w	≥ 53	≥ 53
Italien	R'w	≥ 50	≥ 50
Lettland	R'w	≥ 54	≥ 54
Litauen	DnT,w or R'w	≥ 55	≥ 55
Luxemburg	N/A	N/A	N/A
Makedonien FYR	N/A	N/A	N/A
Malta	N/A	N/A	N/A
Nederländerna	R'w + C	≥ 52	≥ 52
Norge	R'w	≥ 55	≥ 55
Polen	R'w + C	≥ 50	≥ 52
Portugal	DnT,w	≥ 50	≥ 50
Rumänien	R'w	≥ 51	≥ 51
Skottland	DnT,w	≥ 56	≥ 56
Serbien	R'w	≥ 52	≥ 52
Slovakien	R'w or DnT,w	≥ 53	≥ 57
Slovenien	R'w	≥ 52	≥ 52
Spanien	DnT,A ≈ DnT,w + C	≥ 50	≥ 50
Sverige	DnT,w + C50-3150	≥ 52	≥ 52
Schweiz	DnT,w + C	≥ 52	≥ 55
Turkiet	N/A	N/A	N/A

Stegljud (status Juni 2013)		Flerbostadshus	Radhus
Land	Mått	Krav [dB]	Krav [dB]
Österrike	L'nT,w	≤ 48	≤ 43
Belgien	L'nT,w	≤ 58	≤ 50
Bulgarien	L'n,w	≤ 53	≤ 53
Kroatien	L'w	≤ 68	≤ 68
Cypern	N/A	N/A	N/A
Tjeckien	L'n,w	≤ 55	≤ 48
Danmark	L'n,w	≤ 53	≤ 53
England & Wales	L'nT,w	≤ 62	none
Estland	L'n,w	≤ 53	≤ 53
Finland	L'n,w	≤ 53	≤ 53
Frankrike	L'nT,w	≤ 58	≤ 58
Tyskland	L'n,w	≤ 53	≤ 48
Grekland	L'n,w	≤ 60	≤ 60 Info
Ungern	L'n,w	≤ 55	≤ 45
Island	L'n,w	≤ 53	≤ 53
Irland	L'nT,w	≤ 62	None
Italien	L'n,w	≤ 63	≤ 63
Lettland	L'n,w	≤ 54	≤ 54
Litauen	L'n,w	≤ 53	≤ 53
Luxemburg	N/A	N/A	N/A
Makedonien FYR	N/A	N/A	N/A
Malta	N/A	N/A	N/A
Nederländerna	L'nT,w + CI	≤ 54	≤ 54
Norge	L'n,w	≤ 53	≤ 53
Polen	L'n,w	≤ 58	≤ 53
Portugal	L'nT,w	≤ 60	≤ 60
Rumänien	L'n,w	≤ 59	≤ 59
Skottland	L'nT,w	≤ 56	none
Serbien	L'n,w	≤ 68	≤ 68
Slovakien	L'n,w or L'nT,w	≤ 55	≤ 48
Slovenien	L'n,w	≤ 58	≤ 58
Spanien	L'nT,w	≤ 65	≤ 65
Sverige	L'nT,w + CI,50-2500	≤ 56	≤ 56
Schweiz	L'nT,w + CI	≤ 53	≤ 50
Turkiet	N/A	N/A	N/A

## Annex B: Projekteringsprinciper relaterat till krav för elastiska mellanlägg [2]

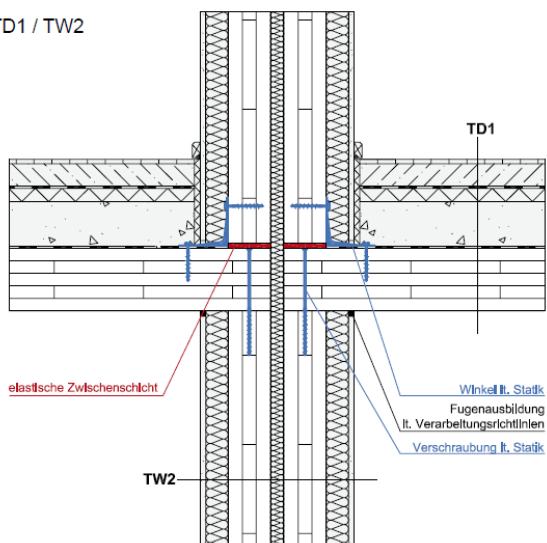


**Inga elastiska mellanlägg** krävs i de fall det finns nedpendlat undertak och mekaniskt isolerade beklädnader på väggar.



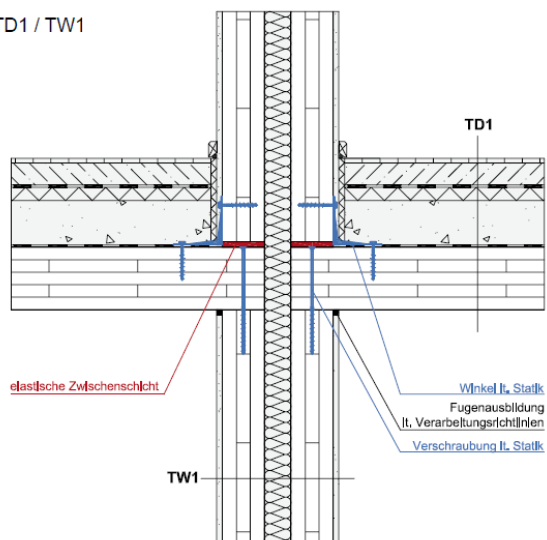
**Elastiska mellanlägg krävs över och under CLT** om det inte finns mekaniskt frikopplad beklädnad på väggarna.

TD1 / TW2



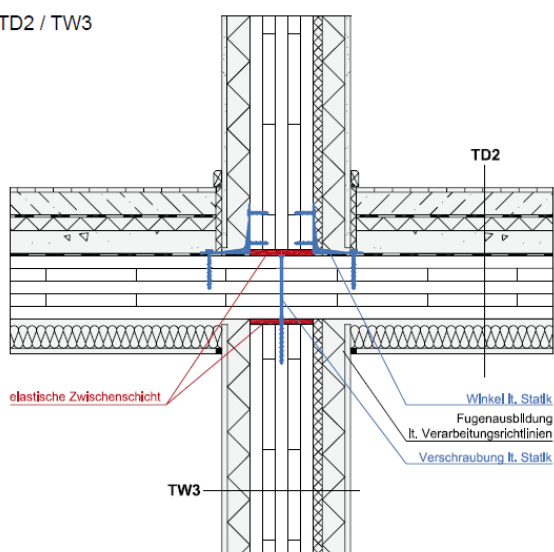
**Elastiska mellanlägg** krävs **ovanför CLT** i de fall när KL-skivan är exponerad på undersidan (utan nedpendlat undertak) och mekaniskt isolerad beklädnad på väggarna.

TD1 / TW1



**Elastiska mellanlägg** krävs **ovanför CLT** i de fall när KL-skivan är exponerad på undersidan (utan nedpendlat undertak) och utan mekaniskt isolerad beklädnad på väggarna.

TD2 / TW3



**Mekaniskt isolerad beklädnad, nedpendlat undertak och elastiska mellanlägg över och under CLT-bjälklag** krävs alltid vid kontinuerliga tak över olika delar av byggnaden.





**Stora Enso**  
**Division Wood Products**

Building Solutions  
E-Mail: [buildingsolutions@storaenso.com](mailto:buildingsolutions@storaenso.com)  
[www.storaenso.com](http://www.storaenso.com)  
[facebook.com/storaensolvingroom](https://facebook.com/storaensolvingroom)