



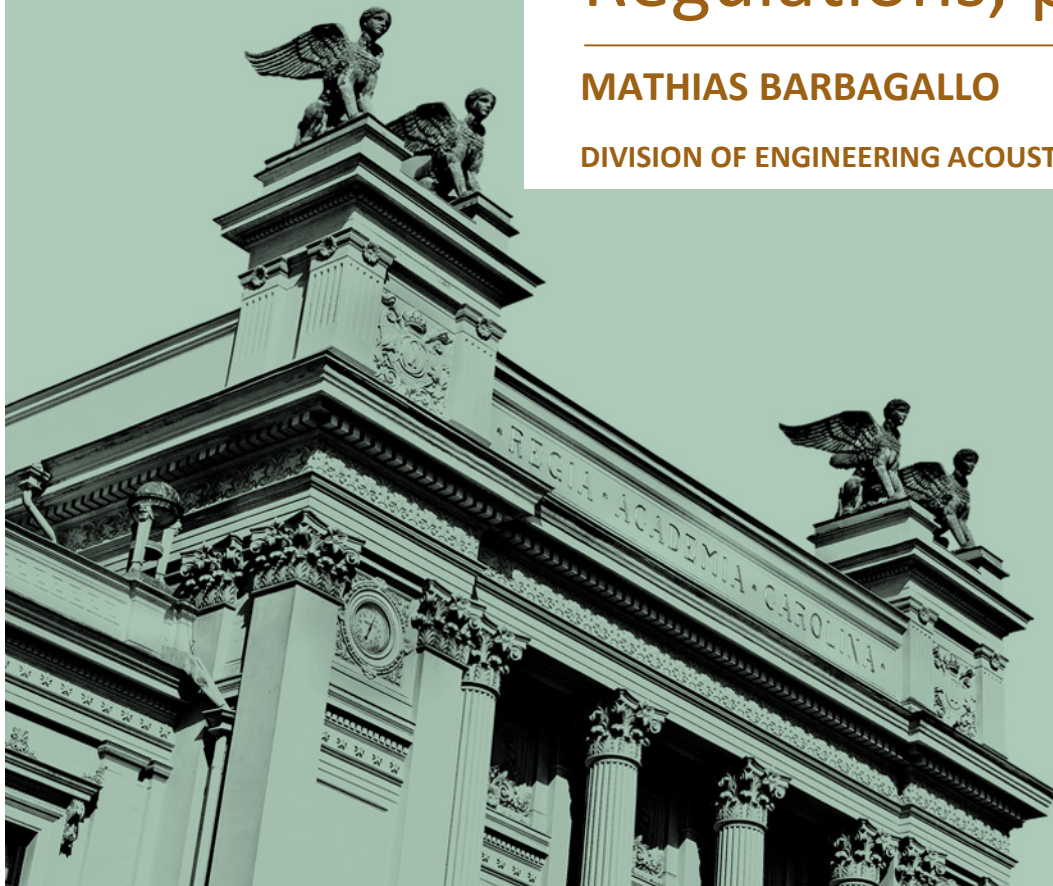
LUND
UNIVERSITY

RECORDING

Building Acoustics – Regulations, parameters, studies

MATHIAS BARBAGALLO

DIVISION OF ENGINEERING ACOUSTICS, LUND UNIVERSITY



Key concepts in applied acoustics

- Basic to understand acoustic standards regulating building acoustics
 - Frequency domain
 - Decibel
 - Frequency filters
 - Frequency bands and single value descriptors
- Sound isolation and sound transmission – more of a building acoustics thing
- Sound absorption – more of a room acoustics thing



Rationale

- We look at Swedish standards
- We look at regulated acoustics parameters
- We analyse them – their meaning, how they are measured, how they are handled
 - Meaning and definition?
 - How are they measured?
 - Relation between laboratories and field measurements?
 - How is acoustic planning affected?
 - ...



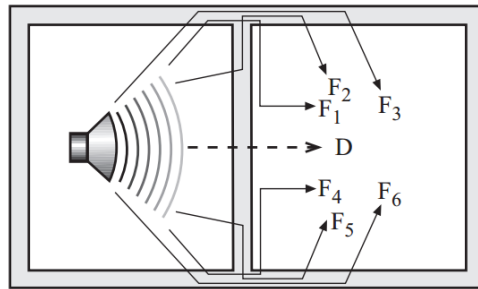
Kravsatta ljudparametrar

- Referens till BBR (bostäder)
- Referens till SS 25267:2015, Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Bostäder.
- Referens till SS 25268:2007 + T1:2017, Byggakustik – Ljudklassning av utrymmen i byggnader – Vårdlokaler, undervisningslokaler, dag- och fritidshem, kontor och hotell.
- I dessa tre dokument finns det fem kravställda ljudparametrar:
 - Luftljudsisolering (ljudnivåskillnad)
 - Stegljudsisolering (stegljudsnivå)
 - Ljudtrycksnivå från installationer och hissar
 - Ljudtrycksnivå från yttre ljudkällor och trafik
 - Efterklangstid
- Miljöbyggnad (efterklangstid ingår ej)

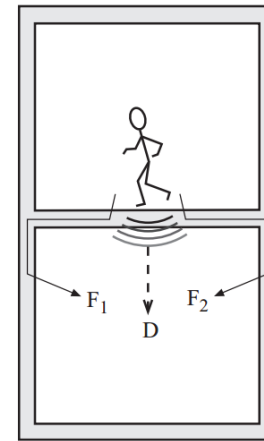


Sound transmission

- Sound transmission
 - Airborne
 - Structure-borne
- Transmission paths
 - Direct transmission (D)
 - Flanking paths (F_i)



(a) Airborne sound transmission.



(b) Impact sound.



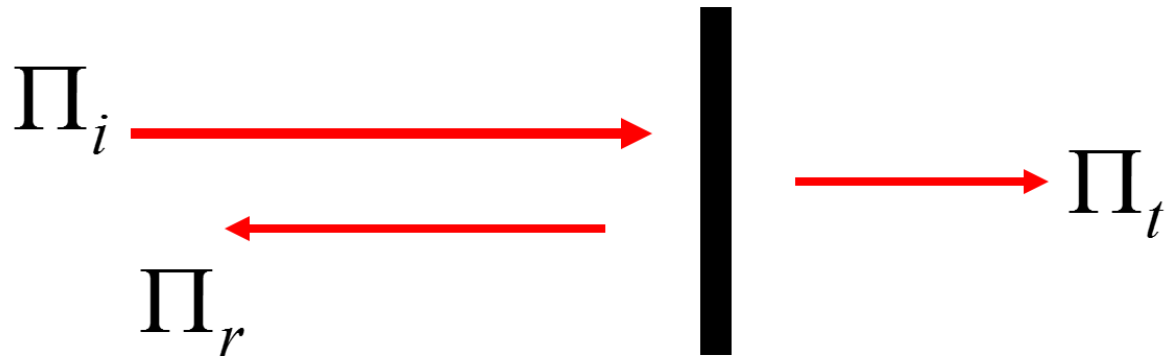
Sound transmission

Π_i Incident wave power

Π_r Reflected wave power

Π_t Transmitted wave power

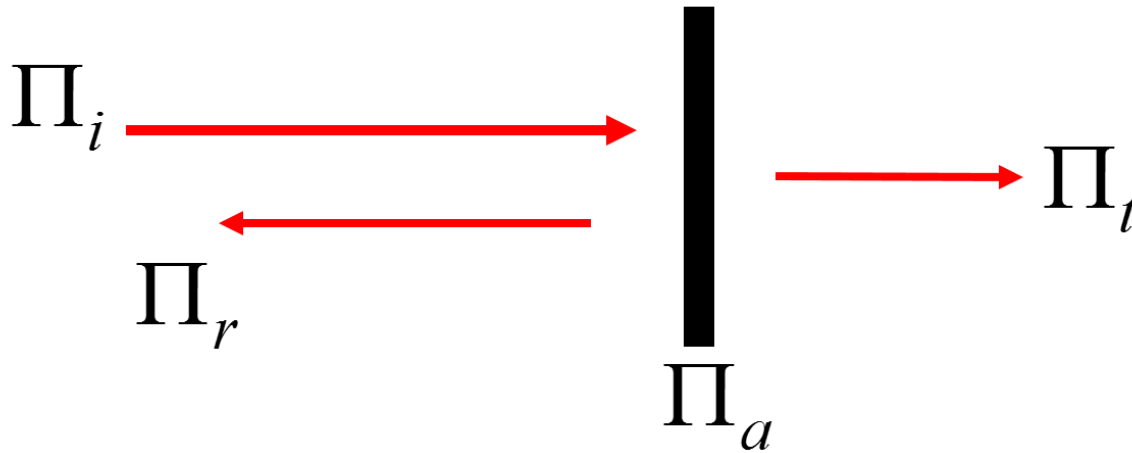
Π_a Power reduction due to absorption



Conservation of energy:
$$\Pi_i = \Pi_r + \Pi_t + \Pi_a$$



Sound transmission



Transmission coefficient: $\tau = \Pi_t / \Pi_i$ [-]

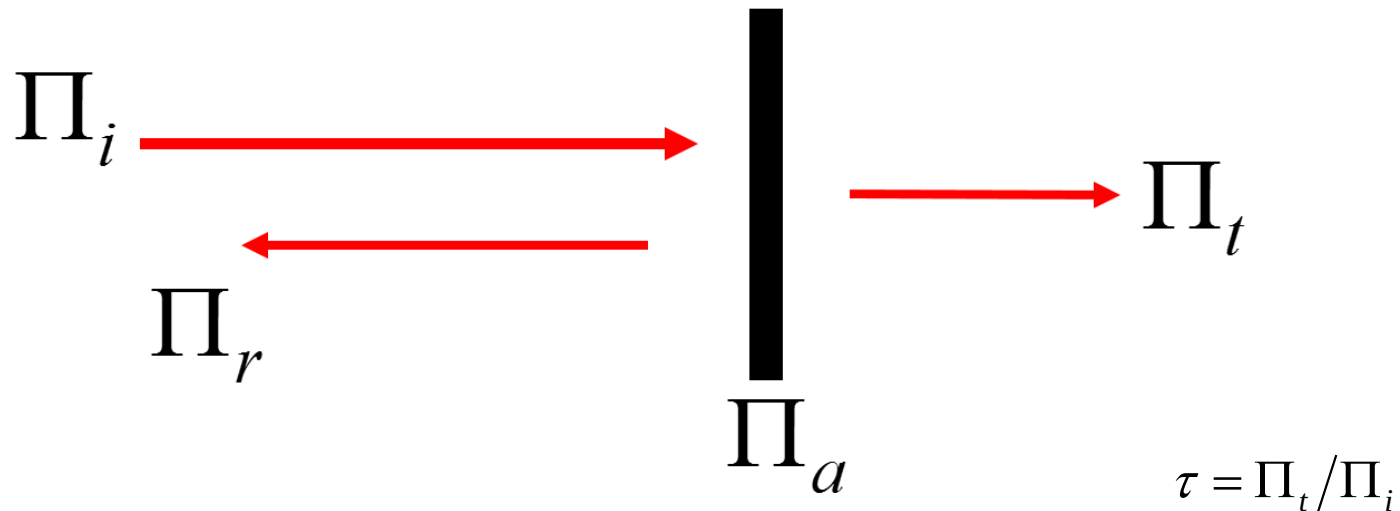
Absorption coefficient: $\alpha = \Pi_a / \Pi_i$ [-]

Reflection coefficient: $\rho = \Pi_r / \Pi_i$ [-]

$$\tau + \rho + \alpha = 1$$



Sound transmission



**Sound reduction index:
(reduktionstal)**

$$R \equiv 10 \cdot \log \left(\frac{\Pi_i}{\Pi_t} \right) = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{\tau} \right) \quad [\text{dB}]$$



Reverberation time / Efterklangstid



- Reverberation time has to do be absorption in a room
 - Key quantity in room acoustics
- However plays a central role in building acoustics too, influencing sound transmission and sound isolation.

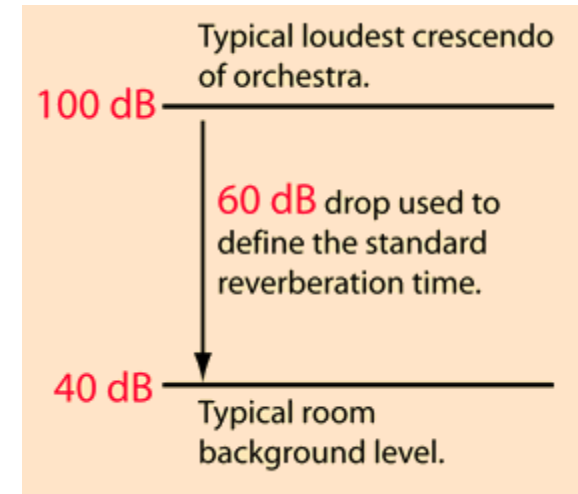


Reverberation time / Efterklangstid

- Time for sound to decrease 60 dB from initial level
- Not necessarily coincident with listener feeling
- Values dependent on usage
 - Ex: general auditorium: 1.5 - 2.5 sec.
- Calculation (Sabine's law)

$$RT(f) = T_{60}(f) = 0.16 \frac{V}{A_{\text{eff}}(f)} = 0.16 \frac{V}{\sum_i \alpha_i(f) S_i}$$

V : room volume / A_{eff} : effective absorption area / α_i : individual absorption coefficients / S_i : surface of each element with α_i

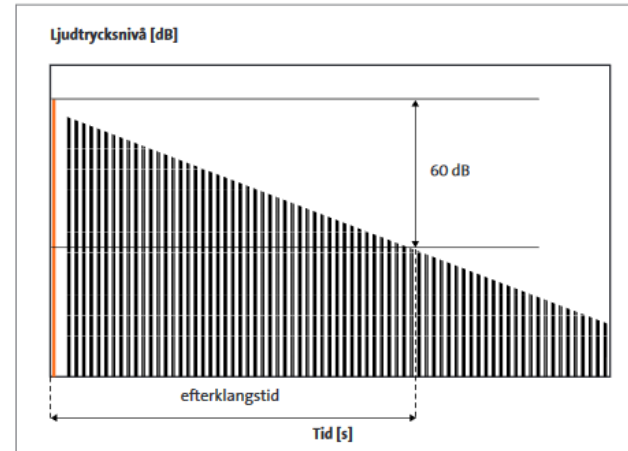


T_{20} / T_{30} ?

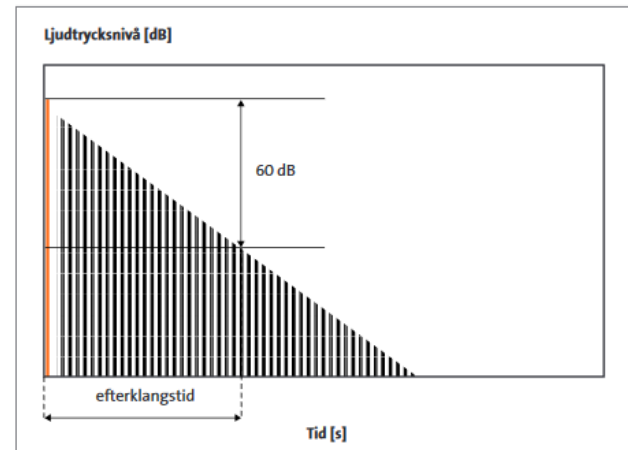


LUND
UNIVERSITY

Reverberation time / Efterklangstid



Figur 18a. Efterklangsförloppet i ett rum med ljudreflekterande väggar (lång efterklangstid)



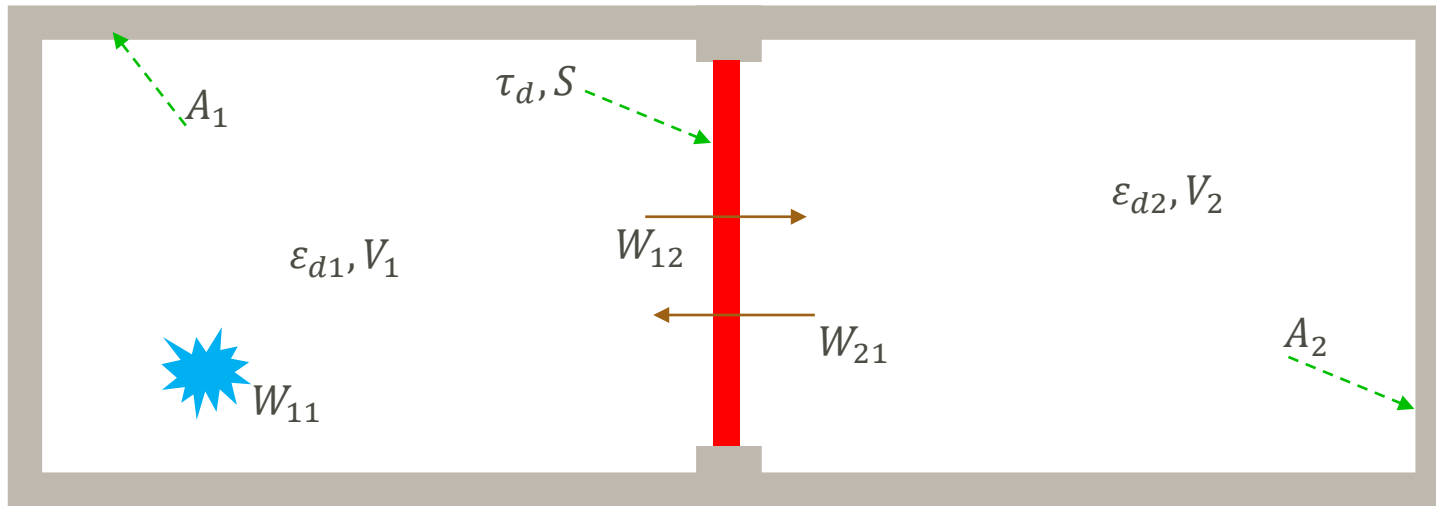
Figur 18b. Efterklangsförloppet i ett rum med ljudabsorberande väggar (kort efterklangstid)

Arbetsmiljöverket, Buller och bullerbekämpning (H003)



LUND
UNIVERSITY

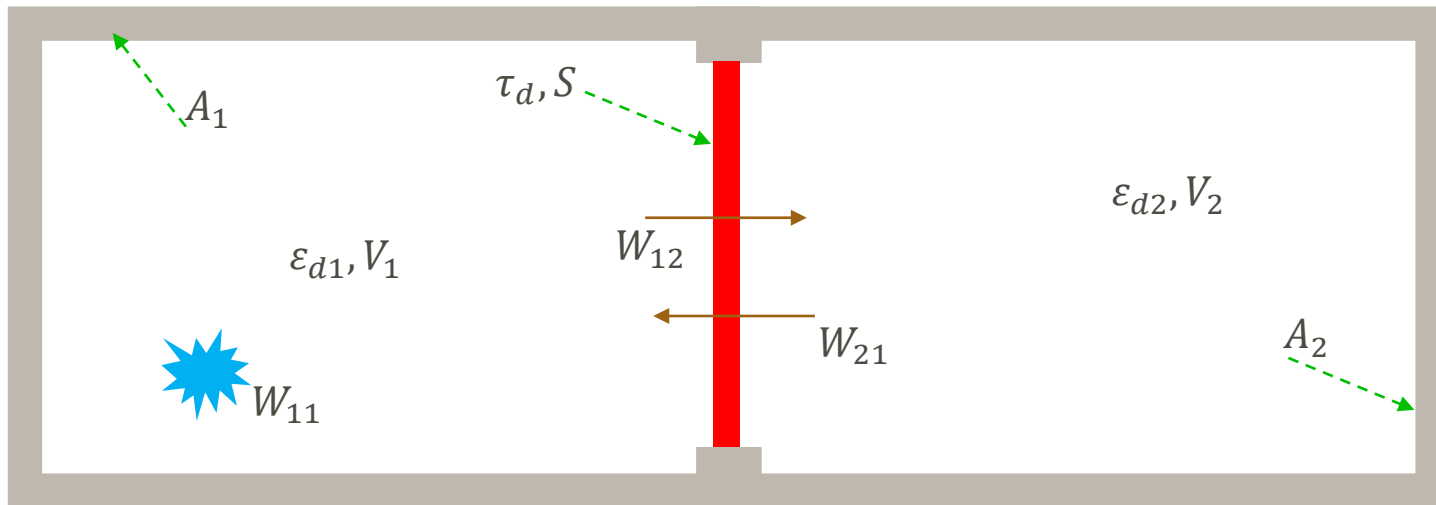
Sound reduction index



- S is wall surface in square meters, V room volumes.
- τ_d is the transmission coefficient in diffuse field.
- A is the absorption areas of room 1 and 2.
- $W_{12} = \tau_d I_{d1} S$; $W_{21} = \tau_d I_{d2} S$.
- $I_d = \frac{\epsilon_d c}{4}$ is the diffuse field intensity / e.g. impinging on the wall
 - $E = \epsilon_d V$, where ϵ_d is energy volume density and E is total energy in the room.



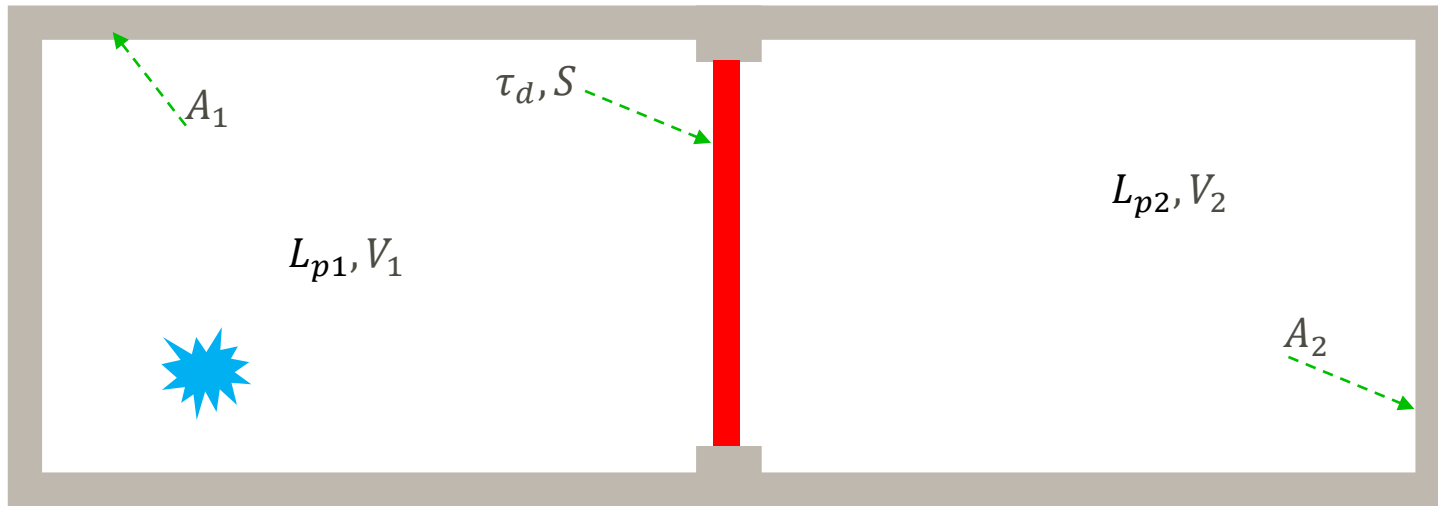
Sound reduction index



- Conservation of energy: input power = dissipated power + transmitted power
 - In room 1: $W_{11} + W_{21} = \eta_1 \omega E_1 + W_{12}$
 - In room 2: $0 + W_{12} = \eta_2 \omega E_2 + W_{21}$
- $\eta = \frac{cA}{4\omega V}$ (related to Sabine and reverberation time)
- $\frac{\varepsilon_{d1}}{\varepsilon_{d2}} = 1 + \frac{A_2}{S\tau_d}$, where the relation between energy - pressure is $I_d = \frac{\varepsilon_d c}{4} = \frac{\widetilde{p_d^2}}{4\rho_0 c}$
- Expressed with decibel, $L_{p1} - L_{p2} = 10 \log \left(1 + \frac{A_2}{S\tau_d} \right)$



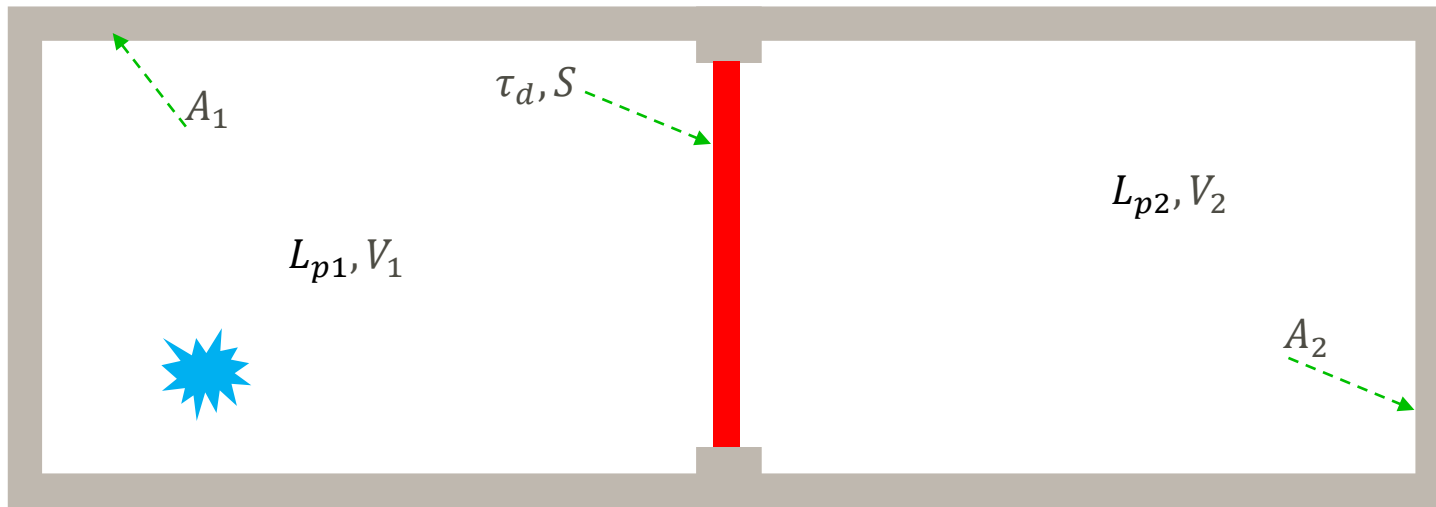
Sound reduction index



- $L_{p1} - L_{p2} = 10 \log \left(\cancel{1} + \frac{A_2}{S\tau_d} \right)$, common simplification which leads to:
- $L_{p1} = L_{p2} + R_d + 10 \log \left(\frac{A_2}{S} \right)$
- A_2 is measured via Sabine, $A_2 = 0.16 \frac{V}{RT}$



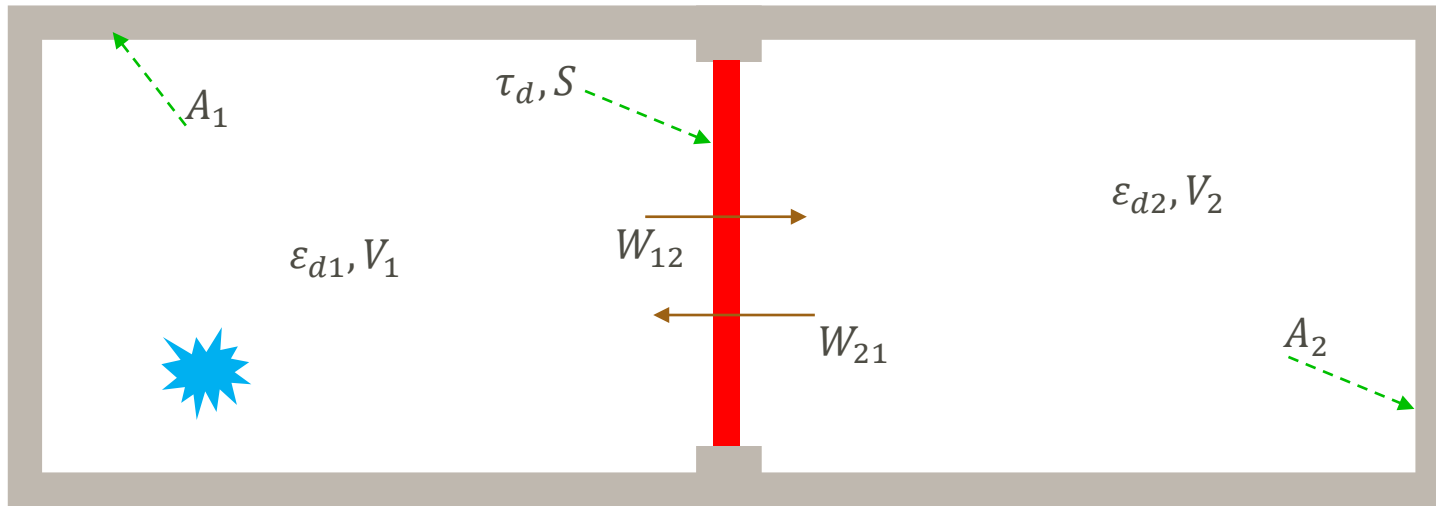
Sound reduction index



- We have seen the relations between different quantities involved with sound transmission through a wall (a partition)
- We went from dealing with sound power and absorption areas to dealing with sound pressures and reverberation time – big simplification
- Underlying assumption: we have a diffuse field – i.e. we can use that expression for diffuse intensity
 - Single modes have no effect on results – no spatial dependency
- We have a measurement procedure!



Sound reduction index



- Measurement procedure: $R(f) = L_1(f) - L_2(f) + 10 \log \left(\frac{S}{0.16V_2} T_{20}(f) \right)$
- Loudspeaker and microphone positions are defined in the corresponding ISO standard.
- Measurement of reverberation time also
- Special Low Frequency procedure for rooms $< 25\text{m}^3$
 - To mitigate for failure of diffuse field assumption



LUND
UNIVERSITY

Airborne sound – Nomenclature

- $R(f)$: sound reduction index (laboratory)
 - R_w : weighted sound reduction index (laboratory)
 - $R'(f)$: apparent sound reduction index (*in-situ*)
 - R'_w : weighted apparent sound reduction index (*in-situ*)
 - $D_{nT}(f)$: standardised level difference (*in-situ*)
 - $D_{nT,w}$: weighted standardised level difference (*in-situ*)
 - $C_{50-3150}$: spectrum adaptation term
 - C_{tr} : spectrum adaptation term due to traffic noise
- Lab measurements
- In-situ (SS 25268)
- In-situ (better correlated with human perception than R' , SS 25267)

Statement of results: $R'_w(C_{50-3150}; C_{tr}) / R_w(C_{50-3150}; C_{tr}) / D_{nT,w}(C_{50-3150}; C_{tr})$

"Rule of thumb": Difference between lab and *in-situ* ~4 dB!

NOTE: There are more single-number indicators, but they are not included here to not make it even more complicated (see ISO 717-1:2013)

NOTE2: "to normalise" means "to scale" with a reference area of 10 m², whereas when "standardising" a reference T_{60} of 0.5 s is used

NOTE3: In the course, for the sake of simplicity, D_{nT} will not be used, we will stick to R and R' .

NOTE4: a prime (') next to R/R_w is used to distinguish between in-situ and lab measurements respectively.



LUND
UNIVERSITY

Luftburet ljud - luftljudisolering

- $R(f)$: reduktionstal (labb)
 - R_w : vägt reduktionstal (labb)
 - $R'(f)$: reduktionstal i fält / i byggnad (*in-situ*)
 - R'_w : vägt reduktionstal i fält / i byggnad (*in-situ*)
 - $D_{nT}(f)$: standardiserad ljudnivåskillnad (*in-situ*)
 - $D_{nT,w}$: vägd standardiserad ljudnivåskillnad (*in-situ*)
 - $C_{50-3150}$: spektrumanpassningsterm
 - C_{tr} : spektrumanpassningsterm trafikbuller
- Lab measurements
- In-situ (SS 25268)
- In-situ (better correlated with human perception than R' , SS 25267)



Measurement sound reduction index (II)

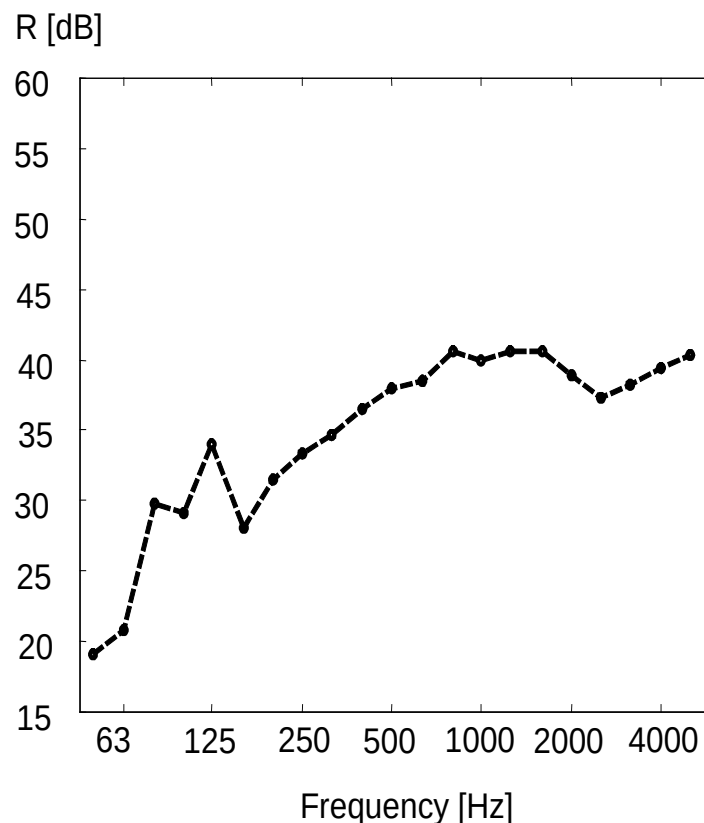
- Example of (lab) measured curve:
 - High values $\Rightarrow$ Better insulation $\Rightarrow$ “Quieter”

$$R(f) = L_S(f) - L_R(f) + 10 \log \left(\frac{S}{A(f)} \right)$$

NOTE: For in-situ measurements, the curve would be $R'(f)$ instead, since it would account for flanking transmission. In Sweden nowadays $D_{nT}(f)$ and $D_{nT,w}$ are used instead of $R'(f)$ for in-situ measurements, to correlate better with human perception. In this course, however, we will stick to $R(f)$ and $R'(f)$ and thus R_w and R'_w .

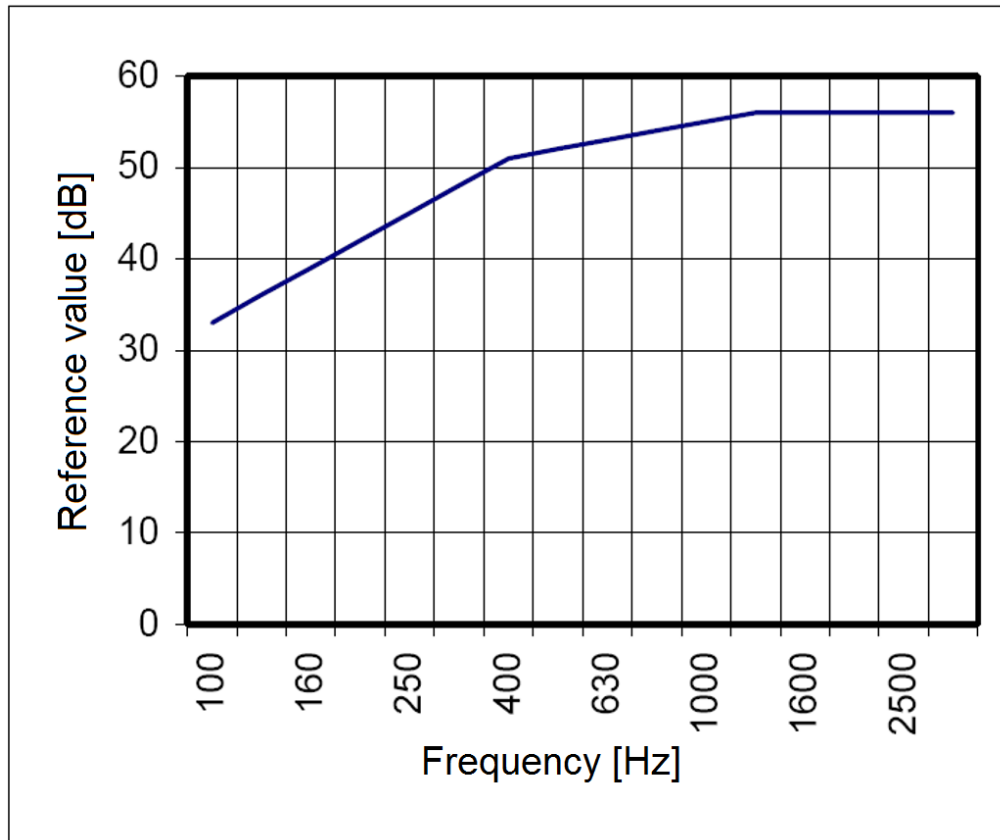
$$D_{nT}(f) = \boxed{L_S(f) - L_R(f)} + 10 \log \left(\frac{T_{60}(f)}{0.5} \right)$$

$D_n(f)$: level difference



ISO Evaluation of sound reduction index (I)

- Reference curve (ISO 717-1)



Frequency [Hz]	Ref. value [dB]
100	33
125	36
160	39
200	42
250	45
315	48
400	51
500	52
630	53
800	54
1000	55
1250	56
1600	56
2000	56
2500	56
3150	56

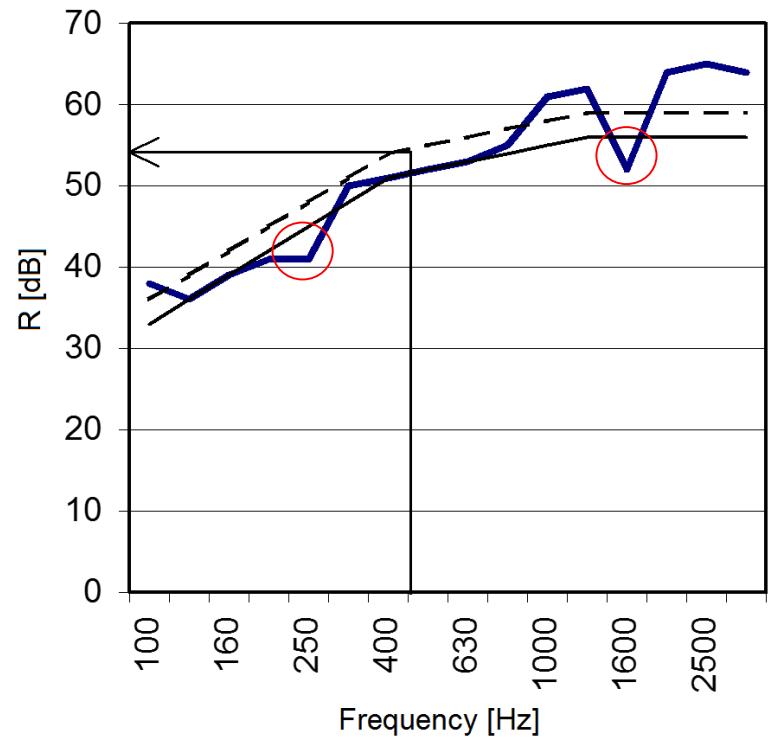


ISO Evaluation of sound reduction index (II)

“[...] the reference curve is shifted in steps of 1 dB towards the measured one, until the sum of the unfavourable deviations is as large as possible, but not more than 32 dB”*

*“[...] an **unfavourable deviation** at a particular frequency occurs when the result of measurements is less than the reference value”*

“[...] the value, in dB, of the reference curve has at 500 Hz, after shifting in accordance with this procedure, is R_w ”

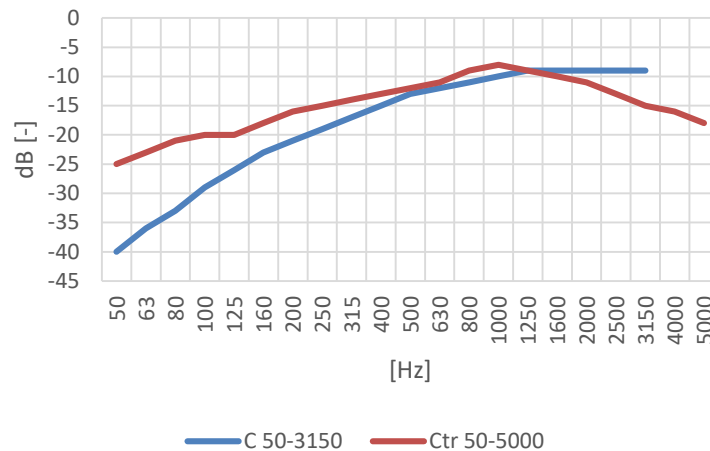


*for measurements in 16 one-third-octave band. If measurements are performed in 5 octave bands, the sum should not exceed 10 dB.

Spectrum adaptation terms

- Defined in ISO 717-1: take into account different source spectra

- C_{tr} : A-weighted urban traffic noise spectrum
- $C_{50-3150}$: frequency adaptation term



NOTE: large negative values indicate poor airborne insulation at low frequencies

$$C_{tr} = -10 \log \left(\sum_i 10^{(L_i - R_i)/10} \right) - R_w$$

$$C_{50-3150} = -10 \log \left(\sum_{i=1}^{19} 10^{(L_i - R_i)/10} \right) - R_w$$

$$\begin{aligned} C &= X_{A,1} - X_w \quad \text{and} \\ C_{tr} &= X_{A,2} - X_w, \end{aligned} \quad (6.12)$$

where $X_{A,1}$ is the normalized difference in the A-weighted sound pressure level between the sending and receiving room, the source spectrum being pink noise. Correspondingly, $X_{A,2}$ is the normalized difference in the A-weighted sound pressure level between the sending room (or in the free field in front of a façade) and receiving room, the source spectrum being road traffic noise. The symbol X_w stands for the single number calculated using the reference curve (e.g. R_w or R'_w).

Statement of results:

- $R'_w(C_{50-3150}; C_{tr})$
- $R_w(C_{50-3150}; C_{tr})$

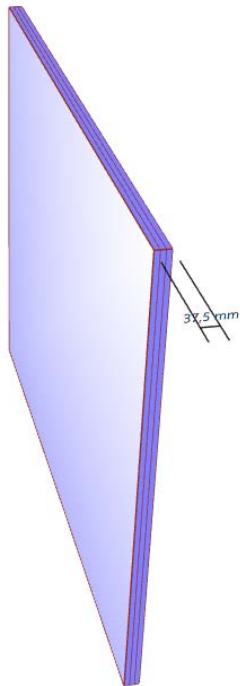
Vigran (2008)



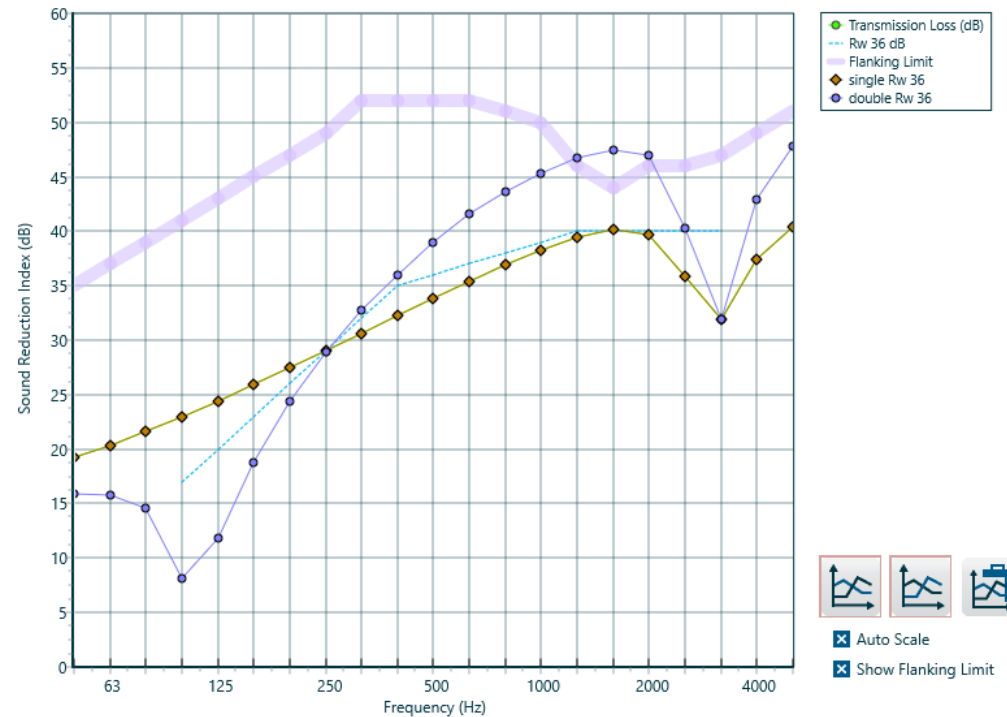
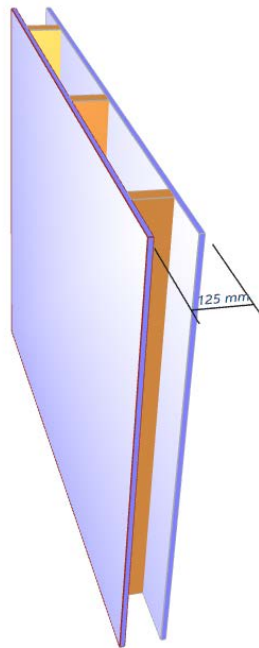
LUND
UNIVERSITY

Spectrum adaptation terms

Rw=36 dB
C -1
Ctr -4



Rw=36 dB
C -3
Ctr -11

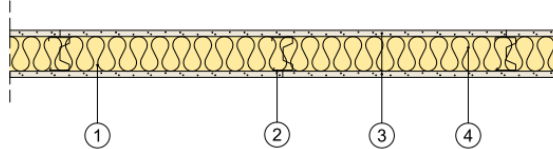


LUND
UNIVERSITY

Datasheets and reality

Innerväggar med stålstomme

3.1.1:104B Datablad Gyproc XR 450



3.1.1
XR

Gyproc XR 70/70 (450) H-H M70

1. Kantprofil Gyproc AC 70/40 ACOUnomic (i golv, vägg och tak)
2. Regel Gyproc XR 70, c 450 mm
3. 12,5 mm Gyproc Habito Gipsskivor
4. 70 mm mineralull

Gyproc XR 95/95 (450) H-H M95

1. Kantprofil Gyproc AC 95/40 ACOUnomic (i golv, vägg och tak)
2. Regel Gyproc XR 95, c 450 mm
3. 12,5 mm Gyproc Habito Gipsskivor
4. 95 mm mineralull

Hänvisning till typdetalj	
Anslutning mot tunga konstruktioner	3.11.201-206
Anslutning av vägg mot betongplatta	3.11.207
Anslutning av vägg mot håldäck	3.11.208
Anslutning av vägg mot massiv betongvägg	3.11.209
Ytterhörn	3.11.212-214
T-hörn	3.11.215-218
Anslutning mot undertak	3.11.220-228
Anslutning mot yttervägg	3.11.240-243
Anslutning mot betongpelare	3.11.245
Dilatationsfog	3.11.246
Teleskopanslutningar	3.11.250-254
Fläkttransmission i Gyproc Träbjälklag	3.11.261-262

Anmärkning

S = Isöver Ultimate densitet lägst 18 kg/m³ alt. stenull med densitet minst 28 kg/m³

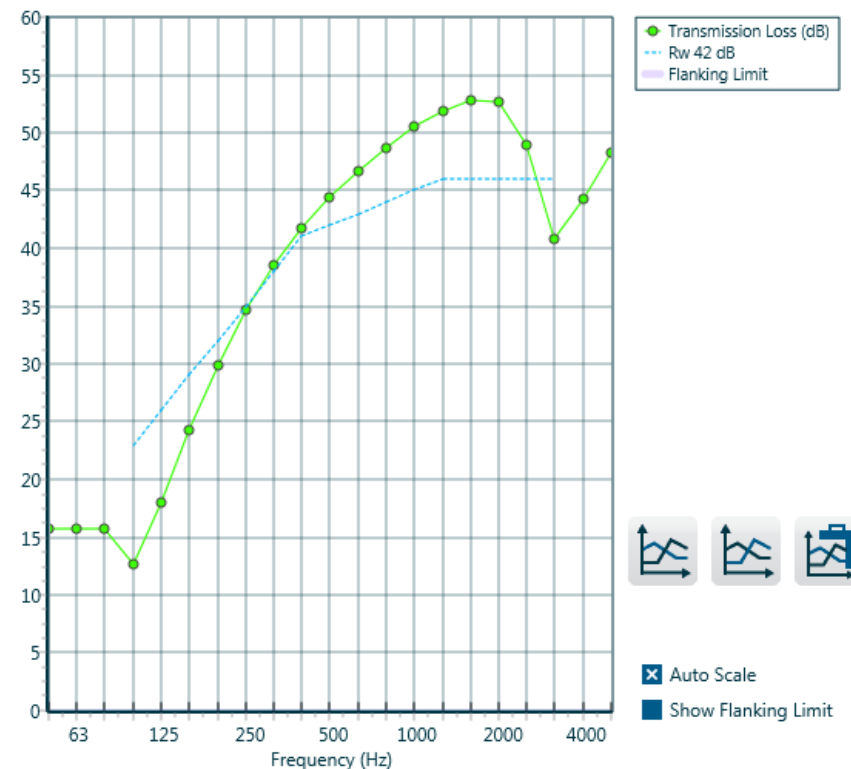
Systemegenskaper

Systemegenskaper för övriga Gyproc skivor se funktionsnycklar samt kodnyckel för skivor i kap 2.1

Väggtyp	R' _w (dB)	R' _w + C ₅₀₋₅₀₀ (dB)	Brandklass	Max väggghöjd (mm)	Vägg-tjocklek (mm)
Gyproc XR 70/70 (450) H-H M70	44		EI 30	5250	95
Gyproc XR 70/70 (450) H-H S70	44		EI 60	3400	95
Gyproc XR 95/95 (450) H-H M95	44		EI 30	6000	120
Gyproc XR 95/95 (450) H-H S95	44		EI 60	4000	120

128 Gyproc Handbok 9

Behind a R'_w there is a full spectrum!
Weaknesses and strength of the spectrum cannot be inferred from R'_w!

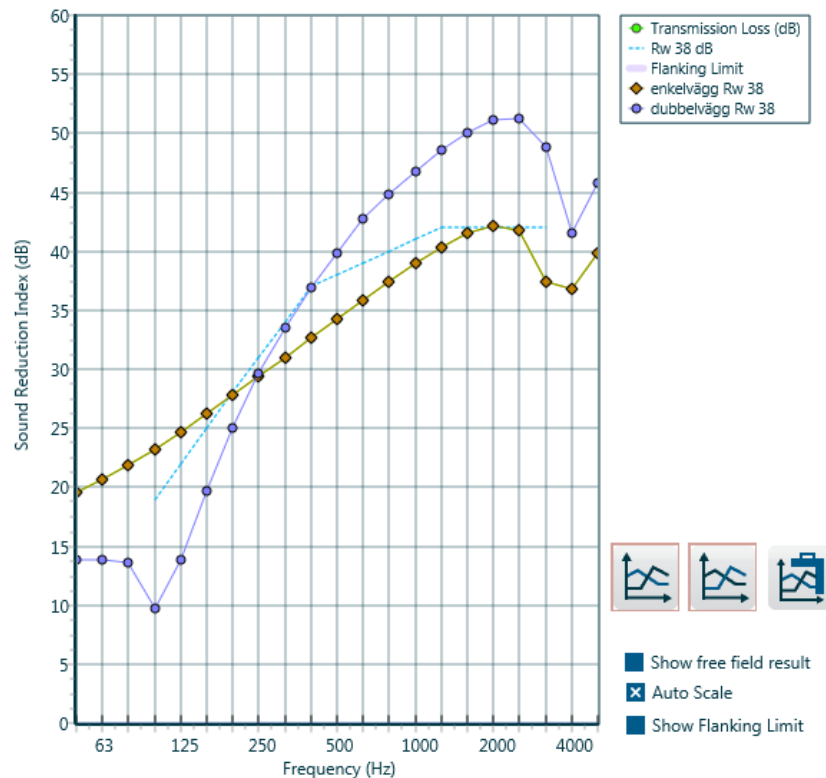
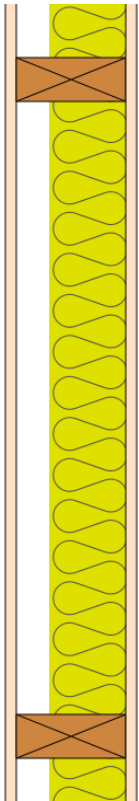


From INSUL



LUND
UNIVERSITY

Same R_w but different $R(f)$



Behind a R'_w there is a full spectrum!

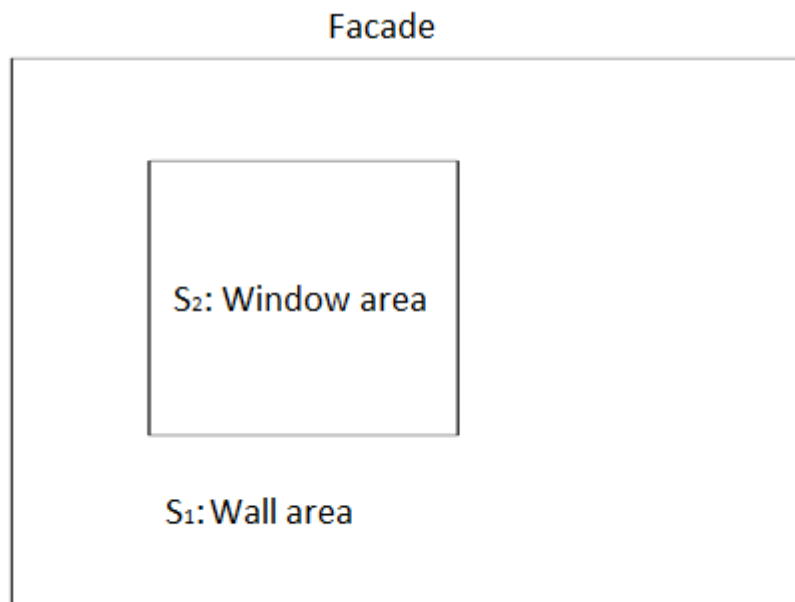
Weaknesses and strength of the spectrum cannot be inferred from R'_w !

From INSUL



LUND
UNIVERSITY

Combined reduction index



$R_1, R_2 \dots$ individual reduction indexes
 S : total area, i.e. $S = S_1 + S_2 + \dots$

Combined reduction index:

$$R = -10 \log \left(\frac{1}{S} (S_1 10^{-R_1/10} + S_2 10^{-R_2/10} + \dots) \right)$$



Leakages

- Power of the opening (leakage)

$$\Pi_l = \Pi_i \cdot \frac{S_l}{S}$$

- The reduction index of the wall then becomes

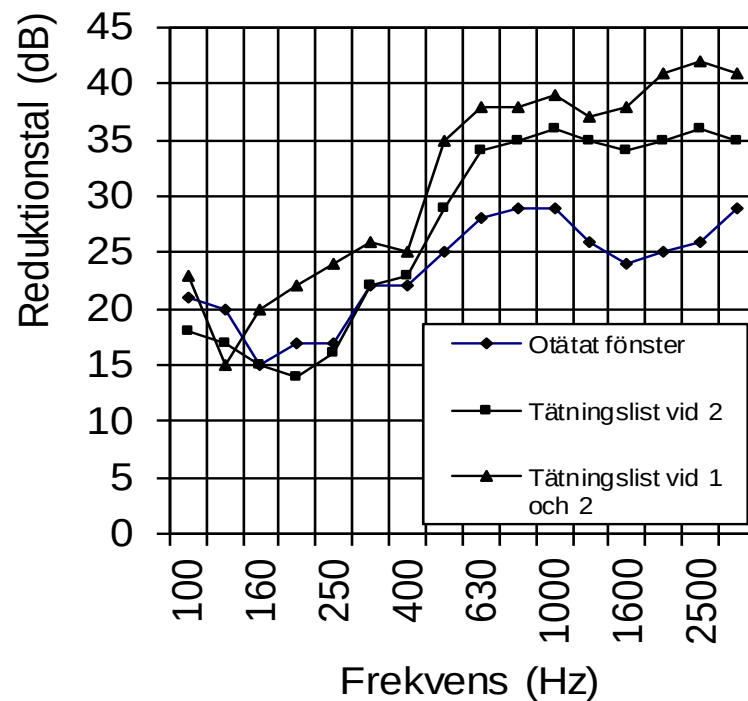
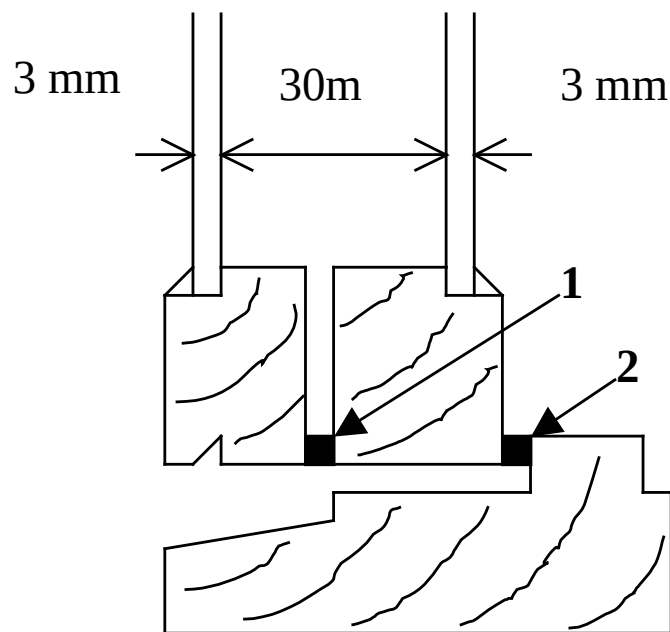
$$R = -10 \cdot \log\left(\frac{\Pi_l + \Pi_t}{\Pi_i}\right) = -10 \cdot \log\left(\frac{\Pi_t}{\Pi_i} + \frac{S_l}{S}\right) \Rightarrow$$

$$R_{\text{withLeakage}} = -10 \cdot \log\left(10^{-R/10} + \frac{S_l}{S}\right)$$



Example: influence of leakages

Sealing of windows is of crucial importance



NOTE: Example of leakage detection

Airborne sound insulation – example

Upplevd störning vid olika luftljudsisolering

<i>Vägt reduktions- tal i bygg- nad, R'_{w}</i>	<i>Normalt samtal</i>	<i>Högröstat</i>	<i>Skrik samtal</i>	<i>TV, radio, musikan- läggning (måttlig nivå)</i>	<i>Musik från större musik- anläggning i hemmet</i>
40 dB	Kan uppfattas	Uppfattas	Hörs	Hörs	Hörs
44 dB	Kan höras	Kan uppfattas	Hörs	Hörs	Hörs
48 dB	Hörs inte	Kan höras	Kan höras	Hörs	Hörs
52 dB	Hörs inte	Kan höras	Kan höras	Kan höras	Hörs
56 dB	Hörs inte	Hörs inte	Kan höras	Kan höras	Hörs
60 dB	Hörs inte	Hörs inte	Hörs inte	Hörs inte	Kan höras

Figur 2:12. Exempel på hur störningar av olika aktiviteter kan upplevas beroende på aktuell luftljudsisolering. Störningskänsligheten liksom störningens karaktär kan dock variera utanför siffrorna i tabellen.



Airborne sound insulation – example

Tabell 4.3

Subjektiv uppfattning av ljud vid olika ljudisoleringar.

R'_w / D_{nTw}	Sort	Normalt tal, kontorsmaskiner i lugn miljö	Normalt tal, kontorsmaskiner	Högröstat samtal	Skrik	Högtalarljud, måttlig nivå	Diskodunk
35							
40							
44							
48	Röd – hörs						
52	vit – hörs inte						
60	Grå – kan höras men stör inte under normala omständigheter						

Källa: Bullerskydd i bostäder
och lokaler, Boverket



Sound classes (Sweden)

- **Ljudklass A:** the soundclass corresponds to very good acoustic conditions
- **Ljudklass B:** it comprises slightly better acoustic conditions than soundclass BBR. Certain individuals can still, in some cases, be disturbed. This sound class are the minimum requirements if good living environment is requested
- **Ljudklass BBR:** this is the minimum requirements in Swedish buildings
- **Ljudklass D:** corresponds to noise conditions that are intended to be applied when sound class C cannot be achieved, e.g. in connection with the refurbishment



Standard – airborne insulation

Lägsta vägda standardiserad ljudnivåskillnad, $D_{nT,w,50}$, i dB enligt BBR och SS 25267:2015 (utdrag)

Typ av utrymme	Ljudklass		
	A	B	BBR
Från utrymmen utanför bostad till utrymme i bostad	60	56	52
I följande fall gäller dock:			
- från utrymme för närings- och serviceverksamhet samt gemensamhetsgarage (avser $D_{nT,w,50}$)	60	60	56
- från loftgång ^a , trapphus eller korridor med dörr eller fönster (avser $D_{nT,w,100}$)	52 ^a	48 ^a	44
- dock där hög bullernivå kan förväntas mer än tillfälligt (avser $D_{nT,w,100}$) ^b	56	52	48
Mellan rum i samma bostad gäller:			
Skiljekonstruktion utan dörr (avser $D_{nT,w,100}$)	40	35	-
Skiljekonstruktion med dörr till minst ett sovrum i bostad med fler än 2 bostadsrum (avser $D_{nT,w,100}$)	30	-	-
Från hygienrum till sovrum i samma bostad gäller:			
Skiljekonstruktion utan dörr (avser $D_{nT,w,100}$)	44	40	-
Skiljekonstruktion med dörr (avser $D_{nT,w,100}$)	30	-	-
a. Från utrymme utanför bostad där ljudnivån kan förväntas vara låg, exempelvis avskilt våningsplan med entrédörr till högst fyra bostäder och högst 0,5 s efterklangtid, accepteras $D_{nT,w,100} = 44$ dB.			



Airborne sound insulation – example

Från $R'_{w,0}$	Till $D_{n,TW,0}$
Volym/Area (rumsdjup) (m)	Öka $R'_{w,0}$ med (dB)
3,1	0,0
3,2	0,1
3,3	0,2
3,4	0,4
3,5	0,5
3,6	0,6
3,7	0,7
3,8	0,8
3,9	1,0
4,0	1,1
4,1	1,2
4,2	1,3
4,3	1,4
4,4	1,5
4,5	1,6
4,6	1,7
4,7	1,8
4,8	1,9
5,0	2,0
5,1	2,1
5,2	2,2
5,3	2,3
5,4	2,4
5,5	2,5
5,7	2,6
5,8	2,7
6,0	2,8
7,0	3,5
8,0	4,1
10,0	5,1

Källa: Bullerskydd i bostäder
och lokaler, Boverket



Standard – airborne insulation

Lägsta vägda reduktionstalet, R'_w i dB enligt BBR och SS 25268:2007+T1:2017 (utdrag)

Tabell 15 – Lägsta vägda reduktionstal i byggnad, R'_w ,
för undervisningslokaler: skolor, förskolor och fritidshem

Typ av utrymme	Från annat utrymme R'_w [dB]				Från korridor R'_w [dB]			
	Ljudklass				Ljudklass			
	A	B	C	D	A	B	C	D
15a Till utrymmen för gemensam undervisning <i>exempelvis klassrum, lektionssalar</i>	48	44	44	40	44	40	40	30
15b – dock till utrymmen för undervisning eller elevarbete i mindre grupper <i>exempelvis grupprum, hemvist</i>	44 ^a	44 ^a	44 ^a	40 ^a	40	40	40	30
15c – dock mellan stora utrymmen för undervisning i grupper <i>exempelvis utbildningslandskap</i>	40	35	35	30	–	–	–	–
15d Till utrymmen för enskilt arbete eller samtal <i>exempelvis expedition, bibliotek</i>	40	35	35	–	35	30	30	–
15e – dock till utrymmen med krav på måttlig sekretess eller avskildhet <i>exempelvis yrkesvägledare, personalrum, konferensrum</i>	48	44	44	40	40 ^b	35 ^b	35 ^b	30
15f – dock till utrymmen med krav på hög sekretess <i>exempelvis rektor, studierektor, talklinik, kurator, psykolog, skolhälsovård</i>	52	52	48	48	44	44	40	40
15g Till utrymmen för  vila eller pedagogisk verksamhet i förskola ^c  <i>exempelvis  grupprum, samlingsrum, allrum, ateljé,  lektrum, snickarum</i>	48 ^a 	44 ^a 	44 ^a 	40 ^a 	35	30	30	–
15h Till  hygienutrymmen ^d  eller utrymmen för vila <i>exempelvis wc, vilrum, duschrum</i>	44	44	44	40	35	30	30	–
15i – dock mellan hygienutrymmen	35	35	35	–	–	–	–	–

^a För skiljekonstruktion med dörr från annat utrymme för undervisning godtas 5 dB lägre värden.

^b För skiljekonstruktion med större glasparti bredvid dörr som ger god uppsikt om vad som sker utanför godtas 5 dB lägre värden.

^c  Inom förskoleavdelning, till ett rum som används för barnens vila, kan ljudisoleringen för vägg med dörr väljas enligt kravet från korridor. För övriga rum inom förskoleavdelning gäller kravet endast vägg utan dörr. 

^d  Inget krav på ljudisolering gäller för vägg med dörr till wc avsedd för barnens bruk inom förskola 



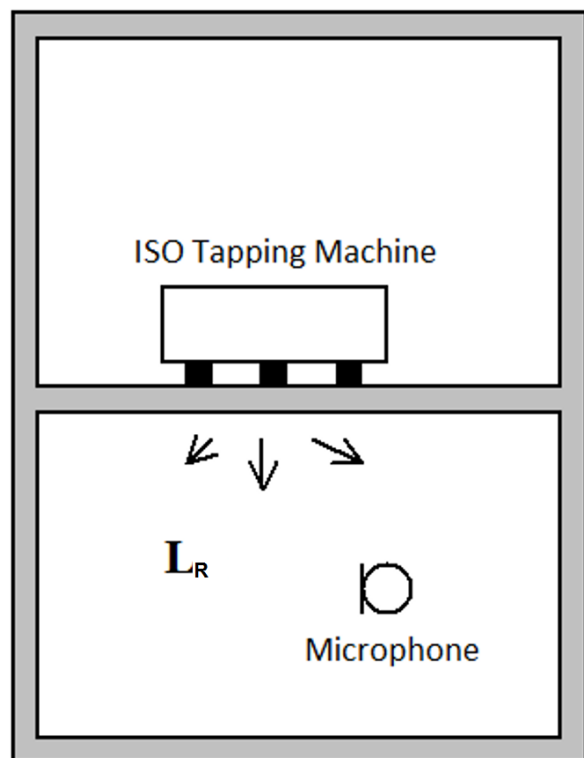
LUND
UNIVERSITY

Impact sound insulation

- Impact sound insulation is the ability to isolate rooms from impacts
 - A specific kind of impacts
- It is evaluated by measured the impact sound pressure level
 - Not a ratio like R but an absolute level
- By using a standardised machine to produce impacts we have a standard measurement procedure that allows to comparison between results and requirements and between different constructions
- All measures to improve impact sound insulation are therefore dependent on this way of evaluated impact sound insulation!
 - We measure R by sending out white/pink noise – white/pink noise comprise all frequencies
 - We measure impact sound by using a specific sound source – not all kind of impacts are well described by this source. One builds own experience though.



Measurement impact sound insulation (I)



Impact sound level:

$$L_n(f) = L_R(f) + 10 \log \left(\frac{A(f)}{10} \right)$$

$L_n(f)$: normalised impact sound level [dB]

$L_R(f)$: SPL in the receiving room [dB]

$A(f)$: absorption area in the receiving room

NOTE: Tapping machine and microphone positions are defined in the pertinent ISO standard.

- ISO Tapping Machine

- Standardised: 1 hit per 0.1 s
- 5 steel cylinders which alternatively hit the floor

[Video 1](#); [Video 2](#)



Impact sound - Nomenclature

- $L_n(f)$: normalised impact sound level (*laboratory*)
 - $L_{n,w}$: weighted normalised impact sound level (laboratory)
 - $L'_n(f)$: apparent normalised impact sound level (*in-situ*)
 - $L'_{n,w}$: weighted normalised impact sound level (*in-situ*)
 - $L'_{nT}(f)$: apparent standardised impact sound level (*in-situ*)
 - $L'_{nT,w}$: weighted normalised impact sound level (*in-situ*)
 - $C_{l,50-2500}$: spectrum adaptation term
- Lab measurements
- In-situ
- In-situ (better subjective correlation than L'_n)

Statement of results: $L'_{nT,w}(C_{l,50-2500}) / L'_{n,w}(C_{l,50-2500}) / L_{n,w}(C_{l,50-2500})$

"Rule of thumb": Difference between lab and *in-situ* ~4 dB!

NOTE: There are more single-number indicators, but they are not included here to not make it even more complicated (see ISO 717-2:2013)

NOTE2: "to normalise" means "to scale" with a reference area of 10 m², whereas when "standardising" a reference T_{60} of 0.5 s is used

NOTE3: L_{nT} provides a straightforward link to the subjective impression of impact sound insulation and is used as indicator in Sweden for field measurements. In the course, however, and to facilitate comparisons, we will stick to L_n and L'_n

NOTE4: a prime (') next to an L indicator is used to distinguish between in-situ and lab measurements respectively



LUND
UNIVERSITY

Stegljudsisolering - stegljudsnivå

- $L_n(f)$: standardiserad stegljudsnivå (*lab*)
- $L_{n,w}$: vägd standardiserad stegljudsnivå (*lab*)
- $L'_n(f)$: normaliserad stegljudsnivå i fält / i byggnad (*in-situ*)
- $L'_{n,w}$: vägd normaliserad stegljudsnivå i fält / i byggnad ()
- $L'_{nT}(f)$: standardiserad stegljudsnivå i fält / i byggnad (*in-situ*)
- $L'_{nT,w}$: vägd standardiserad stegljudsnivå i fält / i byggnad (*in-situ*)
- $C_{l,50-2500}$: spektrumanpassningsterm

Lab measurements

In-situ

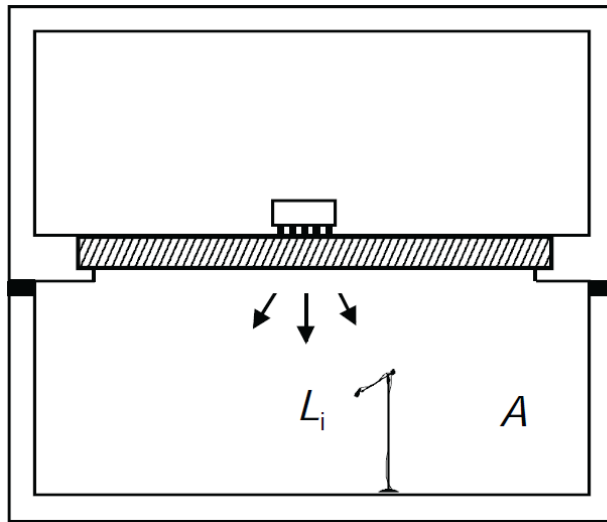
In-situ (better subjective correlation than L'_n)



LUND
UNIVERSITY

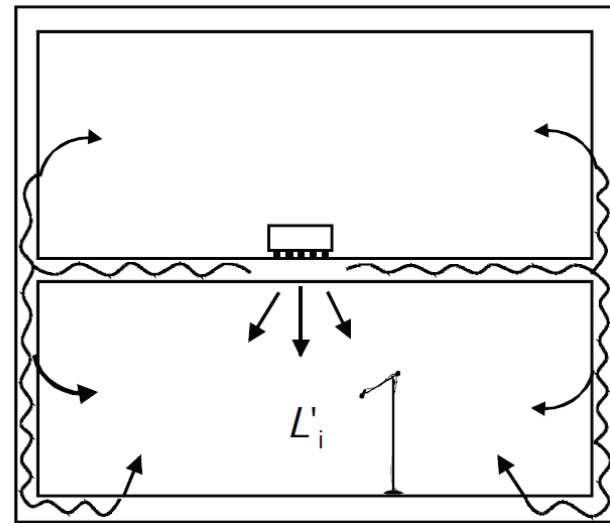
Remember...

... Laboratory vs. Field situation (flanking transmission comes into play)



ISO 717-2:2013
ISO 10140-3:2010

$L_{n,w}$



ISO 717-2:2013
ISO 16283-2:2014

$L'_{n,w}$

[REF] Vigran(2008)

SS-EN12354-2:2000

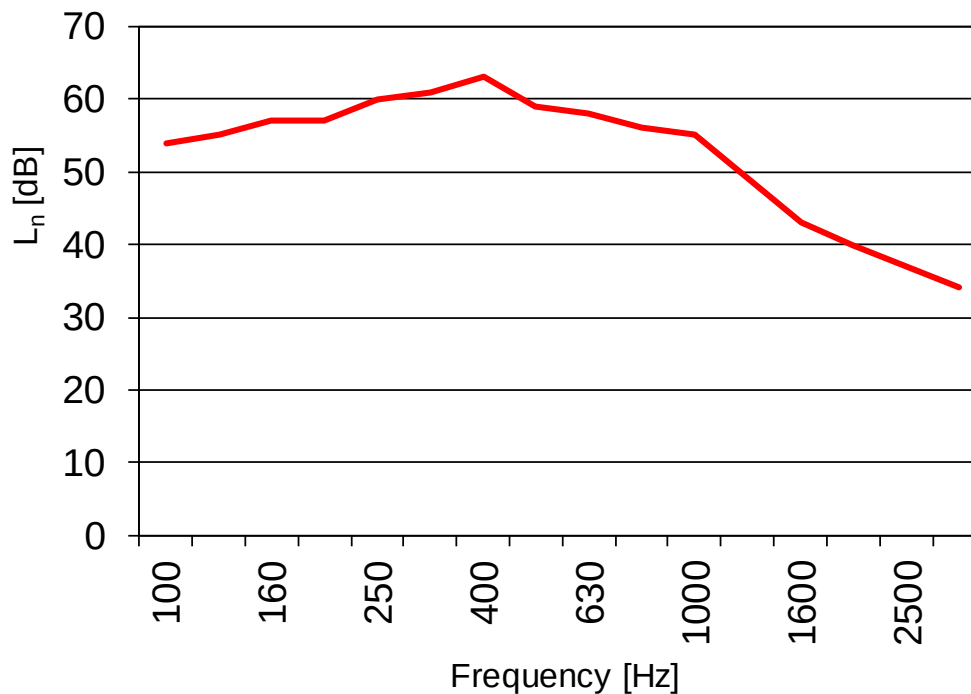
Prediction of $L'_{n,w}$ from individual acoustic performances ($L_{n,w}$)



LUND
UNIVERSITY

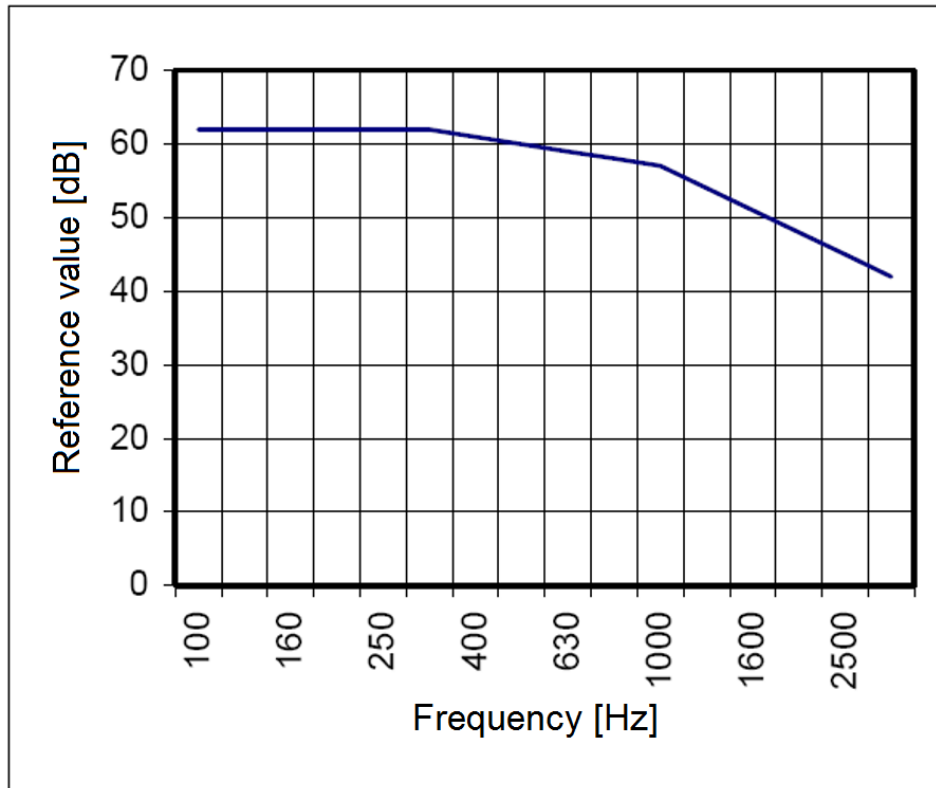
Measurement impact sound insulation (II)

- Example of measured curve:
 - High values $\Rightarrow$ Higher sound transmission $\Rightarrow$ "Noisier"



ISO Evaluation of impact sound insulation (I)

- Reference curve (ISO 717-2)



Frequency [Hz]	Ref. value [dB]
100	62
125	62
160	62
200	62
250	62
315	62
400	61
500	60
630	59
800	58
1000	57
1250	54
1600	51
2000	48
2500	45
3150	42

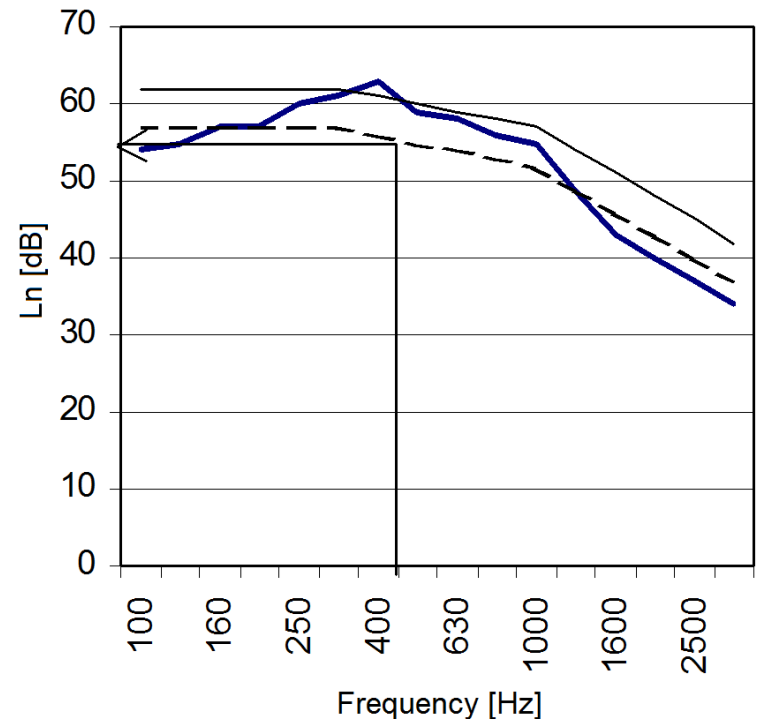


ISO Evaluation of impact sound insulation (II)

“[...] the reference curve is shifted in steps of 1 dB towards the measured one, until the sum of the unfavourable deviations is as large as possible, but not more than 32 dB”*

“[...] an unfavourable deviation at a particular frequency occurs when the result of measurements exceed the reference value”

“[...] the value, in dB, of the reference curve has at 500 Hz, after shifting in accordance with this procedure, is $L_{n,w}$ ”



*for measurements in 16 one-third-octave band. If measurements are performed in 5 octave bands, the sum should not exceed 10 dB.

Spectrum adaptation term

- Defined in ISO 717-2
 - $C_{l,50-2500}$: improves correlation with subjective response at low frequencies

$$C_{l,50-2500} = 10 \log \left(\sum_{50}^{2500} 10^{L_{n,i(f)}/10} \right) - 15 - L_{n,w}$$

Statement of results:

- $L'_{nT,w}(C_{l,50-2500})$
- $L'_{n,w}(C_{l,50-2500})$
- $L_{n,w}(C_{l,50-2500})$

NOTE: large positive values indicate poor impact insulation at low frequencies



Standard – Stegljudsisolering

Högsta vägda standardiserad stegljudsnivå för bostäder, $L_{nT,w,50}$, i dB enligt BBR och SS 25267:2015 (utdrag)

Tabell 7:21a *Lägsta ljudnivåskillnad respektive högsta stegljudsnivå i bostäder när särskilt ljudisolerande åtgärder inte behöver vidtas.*

	Ljudnivåskillnad $D_{nT,w,50}$ mellan utrymmen [dB]	Stegljudsnivå $L_{nT,w,50}$ i utrymme [dB]
Från utrymme utanför bostaden till utrymme i bostaden	52	56 ¹
I följande fall gäller dock:		
från närings- och serviceverksamhet och gemensamma garage till bostad	56	52
mellan bostäder, utan direktförbindelse, inom särskilda boendeformer för äldre ²	52	62
mellan bostäder inom övriga behovsprövade särskilda boendeformer där höga ljudnivåer förekommer ²	56	56
från trapphus och korridor till bostad	52	62

$L_{nT,w,50}$	Vägd standardiserad stegljudsnivå [dB], ett förkortat skrivsätt för $L_{nT,w} + C_{1,50-2500}$ enligt SS-EN ISO 717-2:2013. Om anpassningstermen $C_{1,50-2500}$ är negativ ska den sättas lika med noll.
---------------	---



Standard – Stegljudsisolering

Högsta vägda standardiserad stegljudsnivå för bostäder, $L_{nT,w,50}$, i dB enligt BBR och SS 25267:2015 (utdrag)

Typ av utrymme	Ljudklass		
	A	B	BBR
Från utrymme utanför bostad till utrymme i bostad	48	52	56 ^a
I följande fall gäller dock:			
- Från utrymme för närings- och serviceverksamhet samt gemensamhetsgarage till bostad	44	48	52
- Från loftgång, trapphus eller korridor till bostad förutom entréplan	58	62	62
Från loftgång, trapphus eller korridor till bostad i entréplan ^b	48	52	62
Inom bostad med fler än 2 bostadsrum till minst ett bostadsrum	68	-	-
Från gemensam uteplats, exempelvis balkong eller terrass till bostad	62	62	62
a. Från hygienrum och förråd till bostad kan nivån frångås om det kan verifieras att stomljud från installationer ej överskrider värdena i Tabell 7.			
b. Gäller från trapphus eller korridor i entréplan eller motsvarande där betydande gångtrafik kan antas förekomma mer än tillfälligt, exempelvis vid postfack eller hiss, eller i början av en lång loftgång eller korridor.			



Standard – Stegljudsisolering

Högsta vägda standardiserad stegljudsnivå för vårdlokaler, $L'_{nT,w}$ i dB enligt SS 25268:2007+T1:2017 (utdrag)

Tabell 4 – Högsta vägda standardiserad stegljudsnivå, $L'_{nT,w}$, för vårdlokaler

	Från utrymme med låg stegljudsbelastning $L'_{nT,w}$ [dB]				Från utrymme med hög stegljudsbelastning $L'_{nT,w}$ [dB]			
Typ av utrymme	Ljudklass				Ljudklass			
	A	B	C	D	A	B	C	D
4a Till utrymme för patienternas sömn och vila, samt till utrymme för gemensamma samlingar ^a <i>exempelvis patientrum, vårdrum, jourrum, samlingssal</i>	60	64	68	–	56	60	64	68
4b Till utrymme för aktivt vårdarbete eller särskilda krav på störfrihet ^a <i>exempelvis undersökning, behandling, förlossning, OP-sal inkl. stödjande ytor, sjukgymnastik, vilrum, konferensrum, utbildning</i>	64	–	–	–	60	60	64	–
4c Till övriga utrymmen där människor vistas mer än tillfälligt <i>exempelvis expedition, kontor, expedition med samtalskapacitet, laboratorium, dagrum, väntrum, personalrum</i>	68	–	–	–	64	64	68	–
4d Från och till annan verksamhet	64 ^b	64 ^b	68 ^b	–	60 ^b	60 ^b	68 ^b	–
^a För ljudklass A och B ska även $L'_{nT,w}+C_{l,60-2500}$ uppfylla ställda kravvärden.								
^b Kravet avser normaliserad stegljudsnivå, $L'_{n,w}$.								



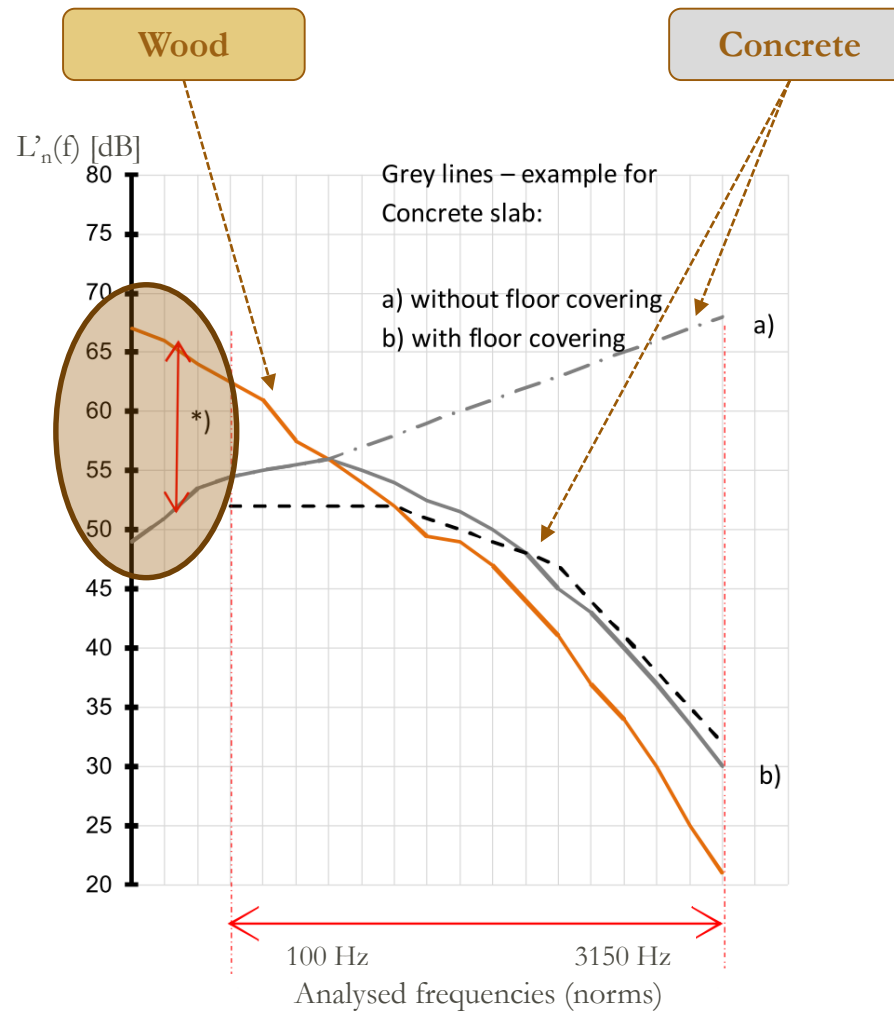
LUND
UNIVERSITY

Remember...

- There is an on-going discussion on how well current requirements on impact sound describe impact sound in lightweight (wooden) buildings.



Remember...



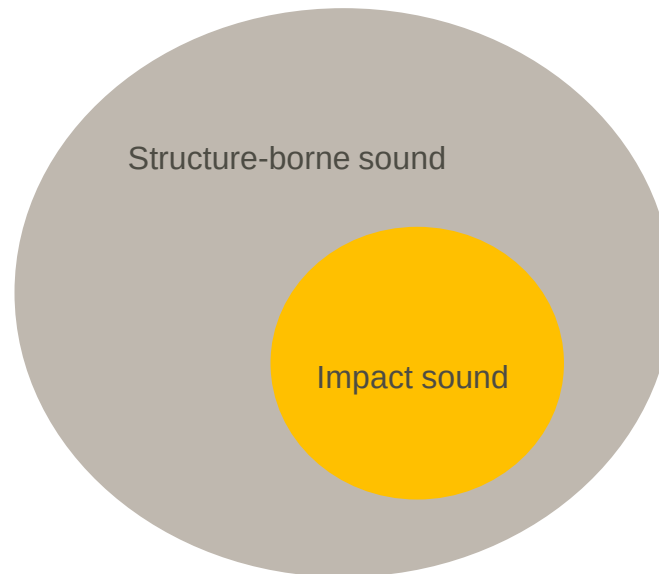
Remember...

- There is an on-going discussion on how well current requirements on impact sound describe impact sound in lightweight (wooden) buildings.
- It is a serious subject involving:
 - Measurement techniques (low frequency measurements are difficult)
 - Definition of requirements
 - Social impact
 - Economic impact
 - Development of counter-measures
 - Development of modelling techniques



Remember...

- Structure-borne sound is a larger phenomena than impact-sound
 - Impact-sound is structure-borne sound
 - But an impact sound measurement does not describe all structure-borne phenomena



Remember...

Tabell 4.6

Subjektiv upplevelse för olika stegljudsnivåer för lätta konstruktioner med god stegljudsdämpning vid låga frekvenser ($C_{L,50-2500}$ högst 4 dB).

$L'_{nT,w}$ $L'_{nT,w}$	Lugn gångtrafik med mjuka skor	Lugn gångtrafik med klackskor	Snabb gång/spring med mjuka skor	Snabb gång/spring med klackskor	Barnlek/hopp "normal"	Barnlek/hopp "avancerad"	Gymnastik kraftiga dunsar etc.
64							
60							
56							
52							
48	röd – hörs						
44	vit – hörs inte men kan fönimmas						
40	grå – kan höras, men stör inte under normala omständigheter						

Tabell 4.7

Subjektiv upplevelse för olika stegljudsnivåer för tunga konstruktioner.

$L'_{nT,w}$ $L'_{nT,w}$	Lugn gångtrafik med mjuka skor	Lugn gångtrafik med klackskor	Snabb gång/spring med mjuka skor	Snabb gång/spring med klackskor	Barnlek/hopp "normal"	Barnlek/hopp "avancerad"	Gymnastik kraftiga dunsar etc.
64							
60							
56							
52							
48	röd – hörs						
44	vit – hörs inte men kan fönimmas						
40	grå – kan höras, men stör inte under normala omständigheter						



Remember...

Marginalerna är valda så att risken för enstaka undertramp i en mätning är cirka 10%.

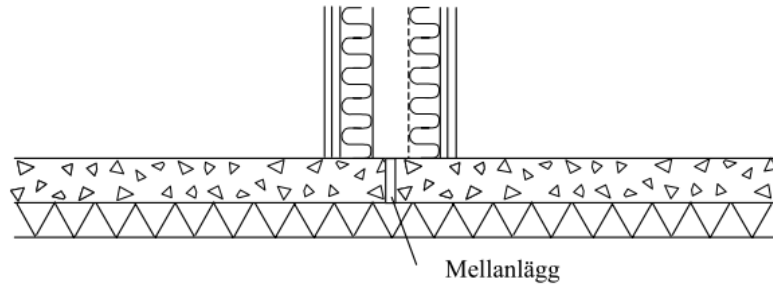
Tabell 4.5
Rekommenderade säkerhetsmarginaler för dimensionering, tung stomme¹⁰.

Praktisk säkerhetsmarginal vid dimensionering (mot kontrollmätning i färdig byggnad)	R'_w	$R'_w + C_{50-3150}$	$L'_{n,w}$	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$
Mot krav i enskilda rum	2	3	2	3
Mot krav på medelvärde av mätningar i flera rum	0	1	0	1

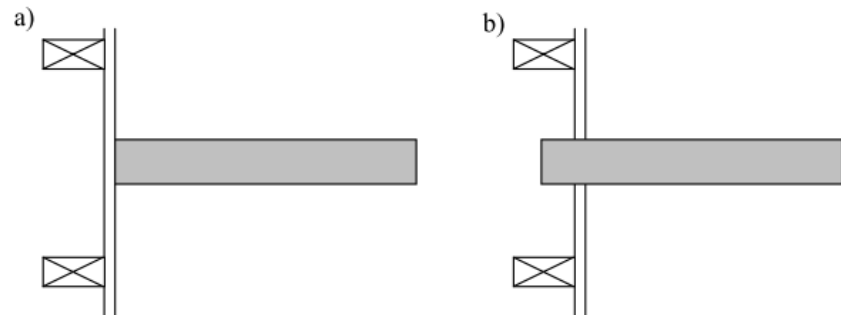
Källa: Bullerskydd i bostäder och lokaler, Boverket



Flanking – in situ measurements



Figur 54 Exempel på flanktransmission, platta på mark.



Figur 53 Knutpunkter vid sammansatta konstruktioner, a) är dålig medan b) är bra.



Lack of harmonisation

Table 2

Overview of ISO 717 descriptors for evaluation of sound insulation in buildings.

ISO 717:1996 descriptors for evaluation of field sound insulation	Airborne sound insulation between rooms (ISO 717-1) ^b	Airborne sound insulation of facades ^a (ISO 717-1) ^b		Impact sound insulation between rooms (ISO 717-2) ^b
Basic descriptors (single-number quantities)	R'_w $D_{n,w}$ $D_{nT,w}$	R'_w $D_{n,w}$ $D_{nT,w}$		$L'_{n,w}$ $L'_{nT,w}$
Spectrum adaptation terms (listed according to intended main applications)	None C C₅₀₋₃₁₅₀ C₁₀₀₋₅₀₀₀ C₅₀₋₅₀₀₀	None C C₅₀₋₃₁₅₀ C₁₀₀₋₅₀₀₀ C₅₀₋₅₀₀₀	C_{tr} C_{tr,50-3150} C_{tr,100-5000} C_{tr,50-5000}	None C_I C_{I,50-2500}
Total number of descriptors	$3 \times 5 = 15$	$3 \times 9 = 27$		$2 \times 3 = 6$

^a For facades, the complete indices for R'_w , $D_{n,w}$, $D_{nT,w}$ are found in ISO 717.

^b For simplicity, only 1/3 octave quantities and C-terms are included in the table, although some countries allow 1/1 octave measurements for field check.

[REF] Rasmussen(2010)



LUND
UNIVERSITY

Lack of harmonisation

Table 2

Airborne sound insulation between dwellings – Main requirements in 24 European countries.^{a,b}

Country	Descriptor ^c	Multi-storey housing Req. (dB)	Row housing Req. (dB)
Austria	$D_{nT,w}$	≥ 55	≥ 60
Belgium	$D_{nT,w}$	≥ 54	≥ 58
Czech Rep.	R'_w	≥ 52	≥ 57
Denmark	R'_w	≥ 55	≥ 55
Estonia	R'_w	≥ 55	≥ 55
Finland	R'_w	≥ 55	≥ 55
France	$D_{nT,w} + C$	≥ 53	≥ 53
Germany ⁱ	R'_w	$\geq 53^g$	≥ 57
Hungary	$R'_w + C$	≥ 51	≥ 56
Iceland	R'_w ^e	$\geq 52^h$	≥ 55
Ireland	$D_{nT,w}$	$\geq 53^g$	≥ 53
Italy	R'_w	≥ 50	≥ 50
Latvia	R'_w	≥ 54	≥ 54
Lithuania	$D_{nT,w}$ or R'_w	≥ 55	≥ 55
Netherlands	$I_{lu;k}$ ^d	≥ 0	≥ 0
Norway	R'_w ^f	$\geq 55^f$	$\geq 55^f$
Poland	$R'_w + C$	$\geq 50^g$	$\geq 52^h$
Portugal ⁱ	$D_{n,w}$	≥ 50	≥ 50
Slovakia	R'_w	≥ 52	≥ 52
Slovenia	R'_w	≥ 52	≥ 52
Spain	$D_{nT,w} + C_{100-5000}$	≥ 50	≥ 50
Sweden	$R'_w + C_{50-3150}$	≥ 53	≥ 53
Switzerland	$D_{nT,w} + C$	$\geq 52^j$	≥ 55
UK ^k	$D_{nT,w} + C_{tr}$	≥ 45	≥ 45

Table 3

Impact sound insulation between dwellings – Main requirements in 24 European countries.^{a,b}

Country	Descriptor ^c	Multi-storey housing Req. (dB)	Row housing Req. (dB)
Austria	$L'_{nT,w}$	≤ 48	≤ 43
Belgium	$L'_{nT,w}$	$\leq 58^g$	≤ 50
Czech Rep.	$L'_{n,w}$	≤ 58	≤ 53
Denmark	$L'_{n,w}$	≤ 53	≤ 53
Estonia	$L'_{n,w}$	≤ 53	≤ 53
Finland	$L'_{n,w}$ ^f	$\leq 53^f$	$\leq 53^f$
France	$L'_{nT,w}$	≤ 58	≤ 58
Germany ^j	$L'_{n,w}$	≤ 53	≤ 48
Hungary	$L'_{n,w}$	≤ 55	≤ 45
Iceland	$L'_{n,w}$ ^e	$\leq 58^h$	≤ 53
Ireland	$L'_{nT,w}$	≤ 62	None
Italy	$L'_{n,w}$	≤ 63	≤ 63
Latvia	$L'_{n,w}$	≤ 54	≤ 54
Lithuania	$L'_{n,w}$	≤ 53	≤ 53
Netherlands	I_{co} ^d	$\geq +5$	$\geq +5$
Norway	$L'_{n,w}$ ^f	$\leq 53^f$	$\leq 53^f$
Poland	$L'_{n,w}$	≤ 58	≤ 53
Portugal ^j	$L'_{n,w}$	≤ 60	≤ 60
Slovakia	$L'_{n,w}$	≤ 58	≤ 58
Slovenia	$L'_{n,w}$	≤ 58	≤ 58
Spain	$L'_{nT,w}$	≤ 65	≤ 65
Sweden	$L'_{n,w} + C_{1,50-2500}$	$\leq 56^i$	$\leq 56^i$
Switzerland	$L'_{nT,w} + C_1$	$\leq 53^k$	≤ 50
UK ^l	$L'_{nT,w}$	≤ 62	None

[REF] Rasmussen(2010)



LUND
UNIVERSITY

Lack of harmonisation

- On the other hand we have different countries with different building techniques and different traditions (e.g. shoes or not shoes at home)



Ljudnivåer från installationer

- Luftljud + stomljud.
- Installationer, hissar, tekniska anordningar – i drift mer än tillfälligt.
- Endast de anordningar som brukaren inte kan styra själv omfattas av ljudkrav.
- Ha koll på ljud med hörbara tonkomponenter och av impulsiv karaktär.
- I gråzoner är FoHMFS 2014:13 en bra referens och man kan återanvända BBR som målvärde t.ex. vid låd- och luckstängning.



Standard – Ljudnivåer från installationer

Högsta sammantagna ljudnivå i bostäder från installationer och hissar enligt BBR och SS 25267:2015 (utdrag)

Typ av utrymme	Storhet [dB]	Ljudklass		
		A	B	BBR
Kontinuerliga och bredbandiga ljud, exempelvis flödesljud från luftdon och radiatorer				
I utrymme för sömn, vila eller daglig samvaro	A-vägd ekvivalent ljudnivå, $L_{pA,eq,nT}$	22 ^a	26 ^a	30
	A-vägd maximal ljudnivå ^b , $L_{pA,Fmax,nT}$	27 ^a	31 ^a	35
	C-vägd ekvivalent ljudnivå, L_{pCeq}	- ^c	- ^c	50 ^c
I utrymme för matplats och matlagning, hall eller i utrymme för personlig hygien	A-vägd ekvivalent ljudnivå, $L_{pA,eq,nT}$	31	35	35 ^d
	A-vägd maximal ljudnivå ^b , $L_{pA,Fmax,nT}$	36	40	40 ^d
	C-vägd ekvivalent ljudnivå, L_{pCeq}	-	-	-
I trapphus, korridor, utrymme för klädvård, förvaring eller motsvarande utrymme där man vistas tillfälligt	A-vägd ekvivalent ljudnivå, $L_{pA,eq,n}$	40	45	-
Ljud som innehåller tydligt hörbara variationer, impulser eller toner, exempelvis från WC och tvättmaskin				
I utrymme för sömn, vila eller daglig samvaro	A-vägd ekvivalent ljudnivå, $L_{pA,eq,nT}$	17 ^a	21 ^a	25
	A-vägd maximal ljudnivå ^b , $L_{pA,Fmax,nT}$	27 ^a	31 ^a	35
I utrymme för matplats och matlagning, för personlig hygien samt i hall	A-vägd ekvivalent ljudnivå, $L_{pA,eq,nT}$	26	30	30 ^d
	A-vägd maximal ljudnivå ^b , $L_{pA,Fmax,nT}$	36	40	40 ^d
I trapphus, korridor, utrymme för klädvård, förvaring eller motsvarande utrymme där man vistas tillfälligt	A-vägd ekvivalent ljudnivå, $L_{pA,eq,nT}$	40	45	-
a. dB högre värde godtas i utrymme för matlagning sammanbyggt med utrymme för daglig samvaro. b. 10 dB högre maximalnivå accepteras för ljudhändelser som kan förväntas inträffa högst fem gånger per dygn dag- eller kvällstid, och som inte kan förväntas inträffa nattetid, klockan 22-06 c. Avsteg kan godtas om ljudnivåer vid frekvensbanden 31,5 Hz till 200 Hz enligt Folkhälsomyndighetens regler inte överskrids, se Tabell 8. d. Avsteg kan godtas i hall samt mindre utrymmen för personlig hygien som är avsedda att användas under kortare tid, men inte där avkopplingsfaktorn är väsentlig, exempelvis utrymmen med tillräcklig plats för badkar				



FoHMFS – Ljudnivåer inomhus

FoHMFS 2014:13

Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus

Riktvärden

Dessa riktvärden bör tillämpas vid bedömningen av om olägenhet för människors hälsa föreligger. Såväl värdena i tabell 1 som tabell 2 bör beaktas vid bedömningen.

Tabell 1. Buller

Maximalt ljud	L_{AFmax}^1	45 dB
Ekvivalent ljud	$L_{Aeq,T}^2$	30 dB
Ljud med hörbara tonkomponenter	$L_{Aeq,T}^2$	25 dB
Ljud från musikanläggningar	$L_{Aeq,T}^2$	25 dB

¹ Den högsta A-vägda ljudnivån.

² Den A-vägda ekvivalenta ljudnivån under en viss tidsperiod (T).

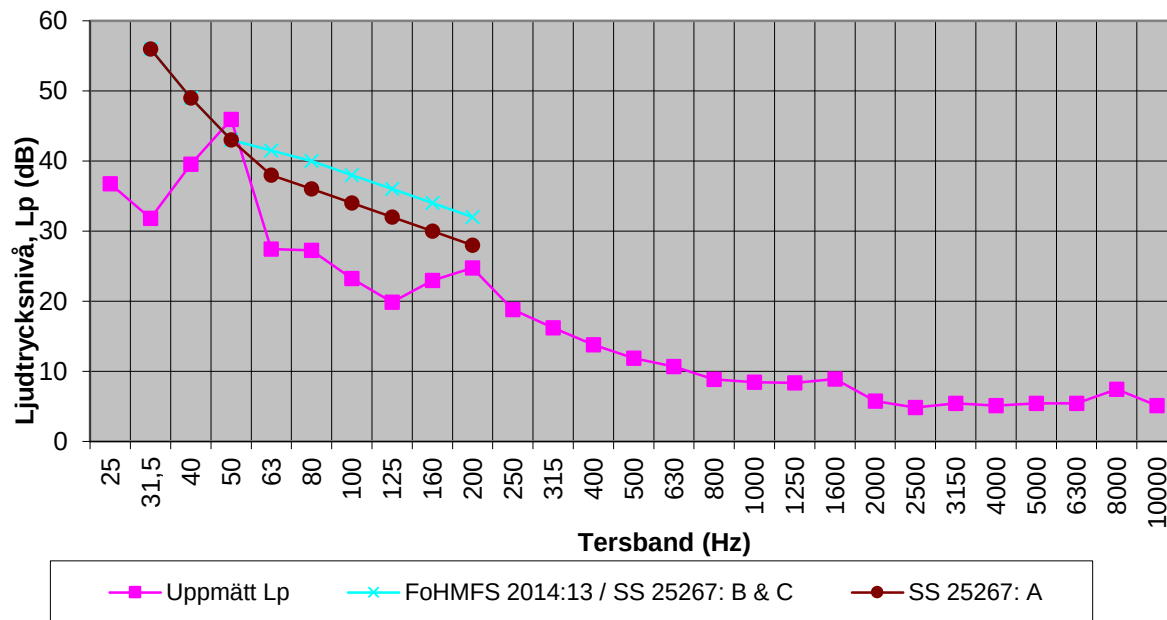


LUND
UNIVERSITY

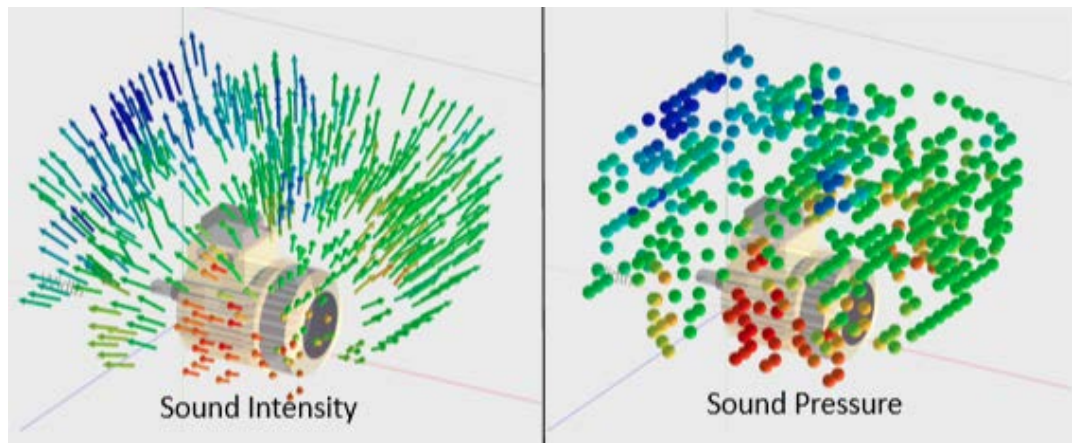
Standard – Ljudnivåer från installationer

Högsta ekvivalent ljudtrycksnivå i bostadsrum från ljudkällor inomhus och utomhus, utom från trafik, L_{eq} i dB enligt SS 25267:2015 & FoHMFS 2014:13 (utdrag)

Ljudklass	Storhet	Tersband [Hz]								
		31,5	40	50	63	80	100	125	180	200
A	Ekvivalent ljudnivå, L_{eq} [dB]	52	45	39	38	36	34	32	30	28
B och FoHMFS 2014:13	Ekvivalent ljudnivå, L_{eq} [dB]	56	49	43	42	40	38	36	34	32



Pressure / Intensity

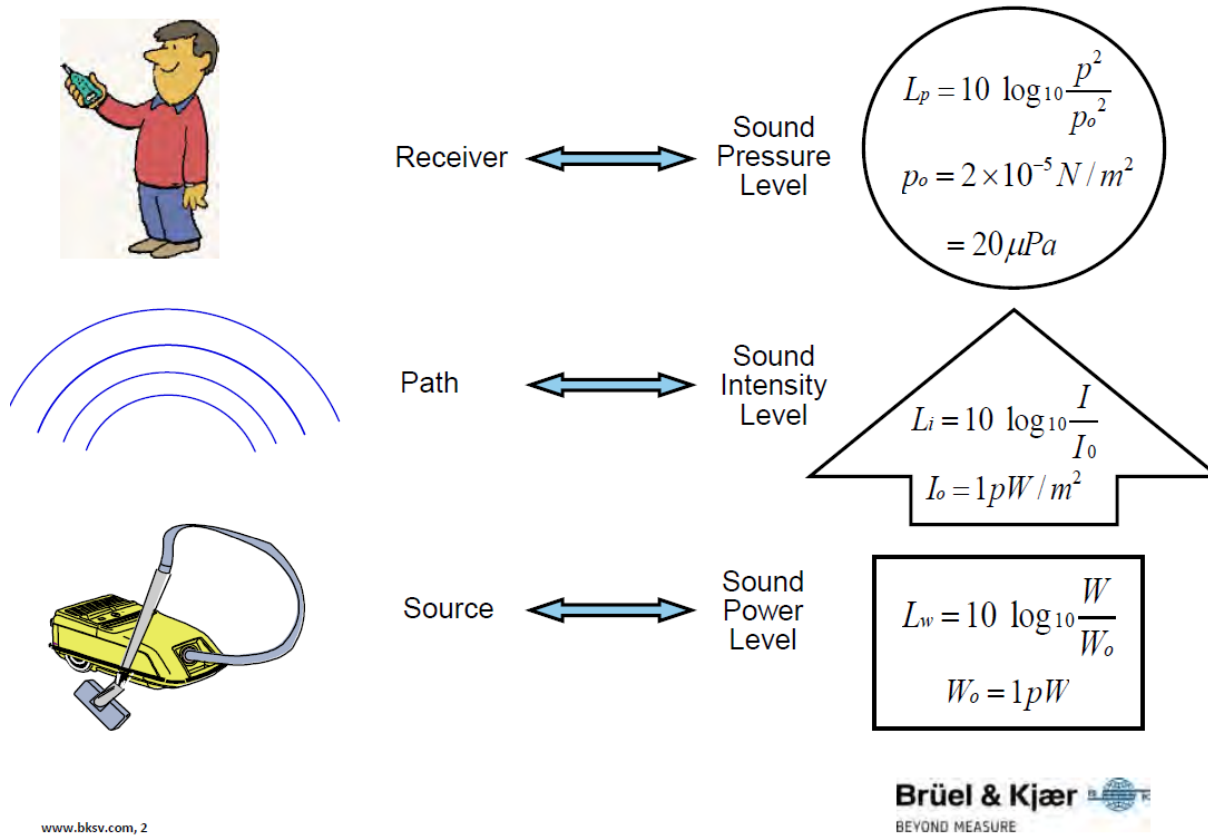


Amplitudes are the same / Directions are the difference (easier to troubleshoot with SI)



LUND
UNIVERSITY

Pressure / Intensity / Power



Pressure / Intensity / Power – WHY?

- There is a noisy sound source – indoor or outdoor
- A partition needs to be designed to isolate an indoor environment from that noisy source and fulfil requirements.
 - Façade
 - Wall
- This design process uses the concepts of sound power, sound pressure and sound reduction index respectively accounting for:
 - The acoustical properties of the source under study.
 - The sound pressure generated by the source outside and inside the indoor environment under study.
 - The acoustical properties of the partition under design.



Indoor sound propagation

- Equation to evaluate indoor sound pressure level from a source in the same room with known sound power level

$$L_p = L_w + 10 \lg \left(\underbrace{\frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot r^2}}_{\text{avstånd}} + \underbrace{\frac{4 \cdot (1 - \alpha)}{A}}_{\text{absorption}} \right) \quad [dB] \quad [\text{Formel 31}]$$

där

L_p = ljudtrycksnivån i dB på avståndet r från källan.

L_w = källans ljudeffektnivå i dB.

r = avståndet från ljudkällan i meter.

α = begränsningsytornas genomsnittliga absorptionsfaktor (= A/S).

A = rumsabsorptionen i m^2S .

S = begränsningsytornas sammanlagda storlek i m^2

Q = en så kallad riktningsfaktor som beror på ljudkällans placering.

Q har värdet:

1 om ljudkällan är placerad fritt i rummet (sfärisk utbredning).

2 om ljudkällan är placerad mot ett plan (exempelvis golv).

4 om ljudkällan är placerad mot två plan (exempelvis golv och vägg).

8 om ljudkällan är placerad mot tre plan (i ett hörn).

Arbetsmiljöverket, Buller och bullerbekämpning (H003)



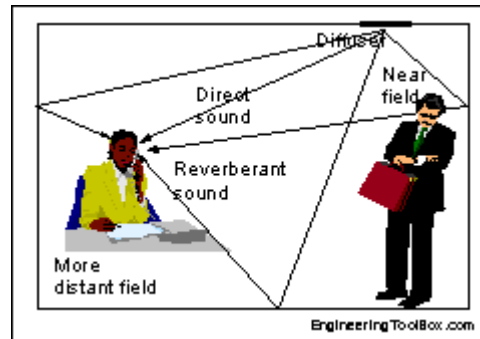
LUND
UNIVERSITY

Ljudnivåer från installationer

Ljud

Ljudeffektnivå enligt EN 12 102 ($L_{W(A)}$) ⁷	dB(A)	40-55
Ljudtrycksnivå i uppställningsrum ($L_{P(A)}$) ⁸	dB(A)	36-51

värmepump



$$L_p = L_W + 10 \log (Q / (4 \pi r^2) + 4 / R) \quad (1)$$

where

L_p = received sound pressure level (dB)

L_W = sound power level from source (dB)

Q = directivity coefficient (typical 1 for receivers in the middle of the room)

R = room constant (m^2 Sabin) $\approx$ Absorption area

$\pi = 3.14....$

r = distance from source (m)

Ljudtrycksnivå i mottagarrum pga ljudnivå från installationer

$$L_{p,mottagarrum} = L_{p,installation} - R' - +10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right)$$

Säkerhetsmarginal?



LUND
UNIVERSITY

Indoor sound propagation, example

- Is it noisy in a bedroom that shares a partition with a teknikrum?
 - Estimate SPL in teknikrum from SWL of a machine
 - Estimate sound reduction index of the partition
 - Calculate SPL in bedroom thanks to SPL in teknikrum and R of partition



Measurements techniques, sound from service equipment in buildings

- SS-EN 10052 (survey) and 16032 (engineering)
- Measure the sound field in the centre of the room and in the corner
 - SS-EN 16032 wants to measurements in the centre and one in the corner
 - SS-EN 10052 wants one in the centre and one in a corner but the former shall be weighted twice
 - SS-EN 16032 requires a detailed investigation of which corner shall be used

SS-EN 10052 (excerpt)

3.14

service equipment sound pressure level

the average sound pressure level in the room obtained by the procedure described in 6.3.3 indexes 1 and 2 relate to the position of the measuring points

$$L_{XY} = 10 \lg \left(\frac{1}{3} \times 10^{L_{XY,1}/10} + \frac{2}{3} \times 10^{L_{XY,2}/10} \right) \text{ dB} \quad (14)$$

where

$L_{XY,1}$ is the weighted sound pressure level at position 1 being the corner position

$L_{XY,2}$ is the weighted sound pressure level measured at the position 2 being in the reverberant field of the room.

Index x relates to frequency weighting used (x = A or C).

- Index y characterizes there the temporal weighting (y = F, S or equivalent continuous level L_{eq})



Ljudnivåer från trafik och yttre ljudkällor

Dimensionerande ljudnivå inomhus från trafik och andra ljudkällor utomhus, ljudnivå inomhus i dB enligt BBR & SS 25267:2015 (utdrag)

Utrymme	Storhet	Ljudklass		
		A	B	BBR
Ljudisolering bestäms utifrån fastställda ljudnivåer utomhus så att följande ljudnivåer inomhus inte överskrids				
I utrymme för sömn, vila eller daglig samvaro	Dygnsekvivalent A-vägd ljudnivå, $L_{pA,eq,nT}$	22	26	30
	Nattekvivalent ljudnivå, L_{night}	18	22	-
	Maximal A-vägd ljudnivå, $L_{pA,Emax,nT}$	37	41	45
I utrymme för matplats och matlagning eller i utrymme för personligt hygien	Dygnsekvivalent A-vägd ljudnivå, $L_{pA,eq,nT}$	27	31	35
	Maximal A-vägd ljudnivå, $L_{pA,Emax,nT}$	-	-	-

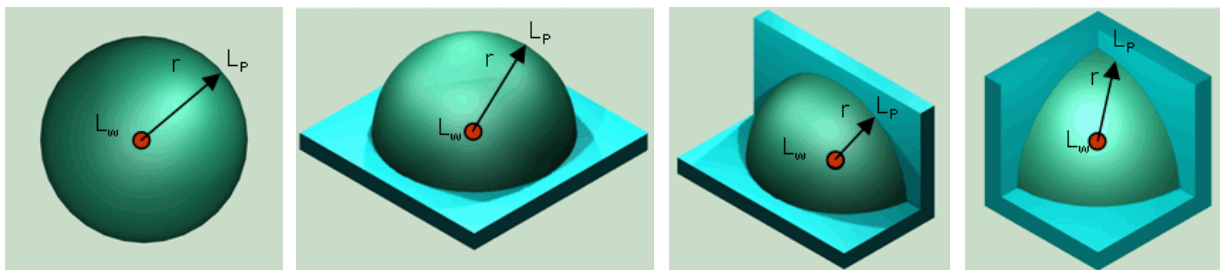
**Det finns dock riktvärden på ljudnivåer från trafik som ska uppfyllas utomhus!
Ej enligt Miljöbyggnad utan enligt myndigheter och därmed detaljplan.**



LUND
UNIVERSITY

Sound power – Outdoor noise / Yttre ljudkällor

- Sound emission
 - Sound power continuously emitted from a sound source



Source: www.sengpielaudio.com

$$L_W = L_p + \left| 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right) \right|$$

- Q=1: Full sphere
- Q=2: Half sphere
- Q=3: Quarter sphere
- Q=4: Eighth sphere

Outdoor! Only direct sound. E.g. A cooling unit.

$$L_p = L_W - \left| 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right) \right|$$



LUND
UNIVERSITY

Fasaddimensionering

- Krav inomhus från trafik/yttre ljudkällor
- Man behöver ljudnivå vid fasad
- $R' = L_{fasad} - L_{krav\ inomhus} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) - 3;$
 - L_{fasad} är ljudnivå vid fasad (dimensionerande, ekvivalent eller max)
 - $L_{krav\ inomhus}$ är gällande ljudkrav inomhus
 - S är ytan i det rummet
 - A är absorptionsarea
 - -3 är säkerhetsmarginal (på väggen, på fönster eller på hela konstruktionen? Man ska bestämma sig...)
 - $10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) \approx 10 \log_{10} \left(\frac{3S}{V} \right); V$ är rumsvolym och 0,5 s efterklangstid antagits



Verifiering

- Verifiering genom mätningar (5% Atemp) eller besiktningar (20% Atemp).
 - Verifiering med besiktningar är svårt med ljud...
- Se gällande mätstandard i SS 25267:2015 / SS 25268:2007+T1:2017
 - Luftljudsisolering
 - Stegljudsisolering
 - Ljudnivåer inomhus från installationer
 - Ljudnivåer inomhus från trafik och andra yttre ljudkällor



References (I)

ISO 10140 series:

- ISO (2010), ISO 10140-1: Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 1: Application rules for specific products, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (2010), ISO 10140-2: Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 2: Measurement of airborne sound insulation, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (2010), ISO 10140-3: Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 3: Measurement of impact sound insulation, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (2010), ISO 10140-4: Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 4: Measurement procedures and requirements, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (2010), ISO 10140-5: Acoustics – Laboratory measurement of sound insulation of building elements – Part 5: Requirements for test facilities and equipment, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.



References (II)

ISO 717 series:

- ISO (2013), ISO 717-1: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (2013), ISO 717-2: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Impact sound insulation, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 16283 series:

- ISO (2014), ISO 16283-1: Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (2014), ISO 16283-2: Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Impact sound insulation, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- ISO (2014), ISO 16283-3: Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Façade sound insulation, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.



Thank you for your attention!

mathias.barbagallo@construction.lth.se



LUND
UNIVERSITY