



Ljud i byggnad och samhälle

Kristian Stålné
Teknisk Akustik

Innehåll

- Kursintroduktion, administrativa detaljer
- Översikt, kursens schema och innehåll
- Grundläggande akustiska begrepp

Lärare

- Föreläsningar, kursansvarig, övningar:
Tekn Dr Kristian Stålné, KC, byggnad 4, vån +3
kristian.stalne@construction.lth.se
046-222 03 56
- Övriga:
Delphine Bard – föreläsn
Juan Negreira – övn
- Administration:
Christina Glans, KC, byggnad 4, vån +3
christina.glans@construction.lth.se

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Kurslitteratur/-material

- Kursbok 1: Grundläggande akustik
(E. Nilsson m.fl. avd för Teknisk Akustik 2008)
Finns att köpa på KFS
- Utdelat material
 - Kompletterande häfte
 - Laborationsanvisningar
 - Projektuppgift
 - Formelsamling

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

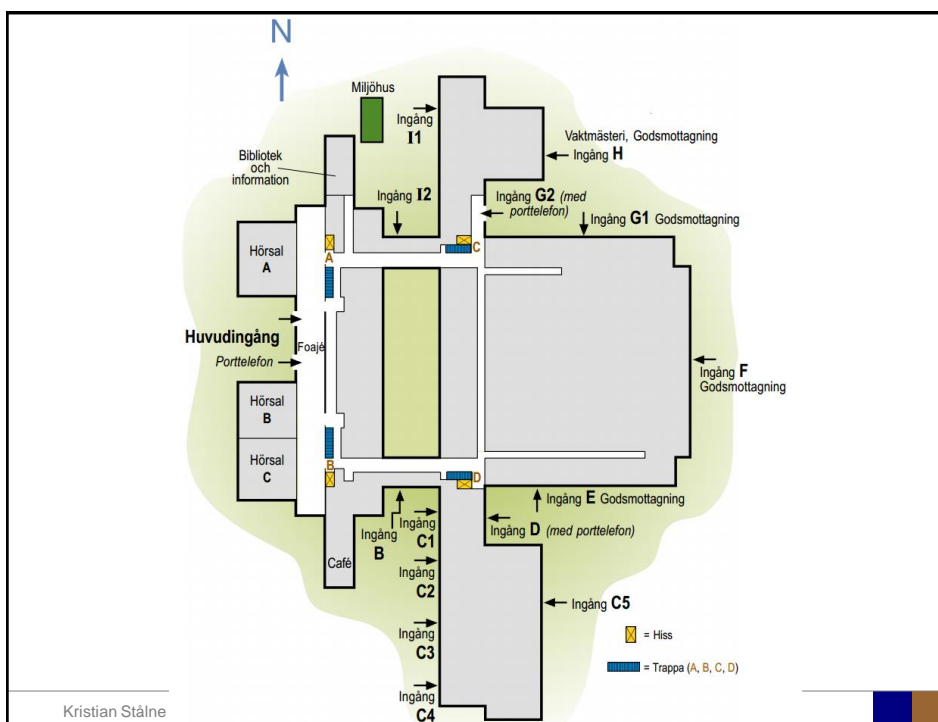
Hemsida

<http://www.akustik.lth.se/utbildning/kurser/>

- Föreläsningssanteckningar
- Övrigt kursmaterial
- Användbara resurser och länkar

2 st laborationer

- Tider bokas in på lista på föreläsningen (läsvecka 3-6)
 1. Mätning av svängningar och vibrationer i balk och sträng
 2. Mätteknik, ljudabsorption och ljudisolering
- Utförs i akustiklab i V-huset!
- Utförs i grupper om 2 studenter (ev 3)
 - Förberedelseuppgifter
 - Laborationsrapport



Projektuppgift – mätning och modellering

- Två fördefinierade uppgifter:
 - Trafikbullersituation
 - Rumsakustik, akustisk reglering

Alternativ: fri uppgift – lösa egendefinierat problem

- Genomförs i grupper om 2 studenter (ev 3)

Redovisas i skriftlig rapport som lämnas in fre 13/3

Examination

- Tentamen (50 %)
 - Måndag 16/3 kl 8.00-13.00 i Victoriastadion 1D.
 - Blandning av teori och räkneuppgifter
 - Hjälpmedel: Miniräknare och utdelat formelblad
- Projektuppgift (50 %)
 - Betygsätts u, 3, 4, 5
 - Komplettering i efterhand endast upp till betyg 3.
- Genomförda laborationer med godkända rapporter

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Schema

- 28 h föreläsningar,
- 28 h övningar,
- 4 h laborationer
- Självstudier

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Kursmål

- Kursen syftar till att ge studenterna grundläggande kunskaper om ljud och dess effekt på människan med tillämpning på bullerproblem som uppstår i byggnad och samhälle.

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

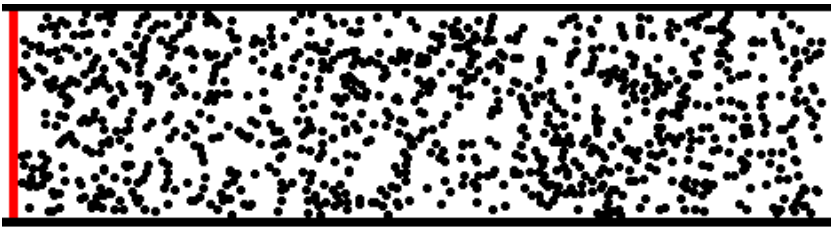
Kursinnehåll

- Grundläggande akustiska begrepp 1v
- Fysisk och matematisk genomgång av akustik och vågutbredning 2v
- Trafikbuller 1v
- Rumsakustik 1.5v
- Ljudisolering 1.5v

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljud = vågrörelse

- En rörelse som sprids genom ett medium, t ex luft
- Partiklarna svänger kring respektive jämviktslägen



©2002, Dan Russell

Animeringar: Dr. Dan Russell, Kettering University

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Tryckvariation

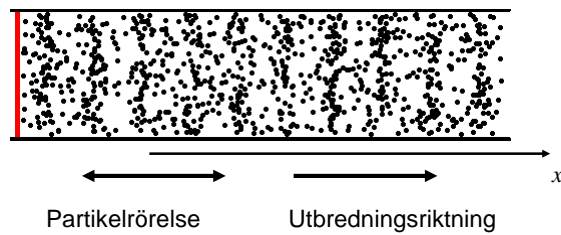
- Tryck som funktion av läge och tid: $p = p(x, t)$



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Longitudinell vågrörelse

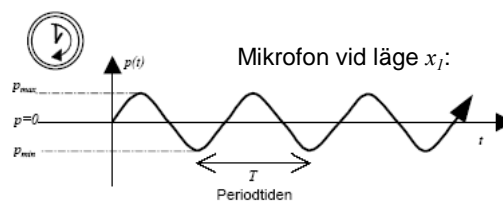
- Ljud = tryckvåg
- Här: harmonisk svängningsrörelse



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

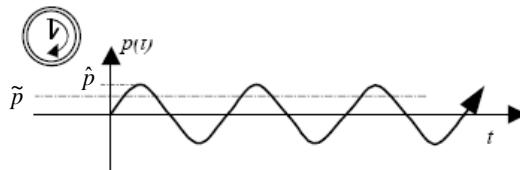
Amplitud – frekvens

- $f = 1/T$, antal perioder per sekund [$1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$]
- $p(t) = \hat{p} \sin(2\pi t / T)$

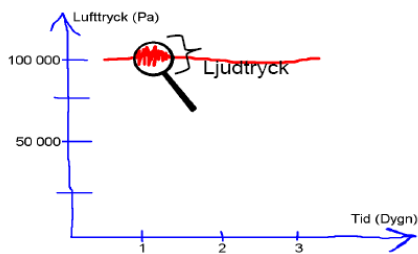


Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljudtryck i siffror



- $p_{tot} = p_{atm} \pm p(t)$
- $p_{ref} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$
- $p_{atm} = 101\,300 \text{ Pa}$



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljudtrycksnivå

- Ljudnivå, enhet: [dB]

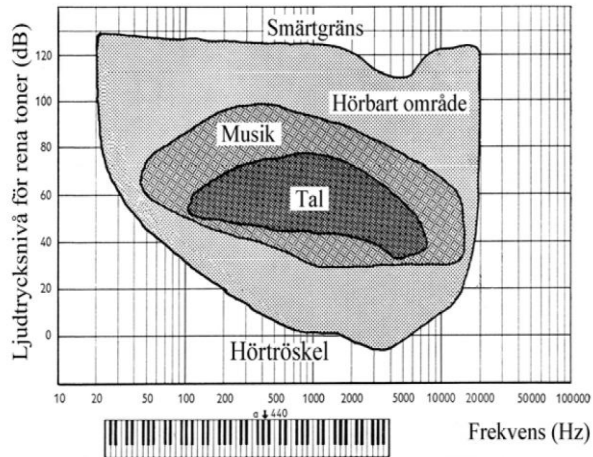
$$L_p = 10 \log \left(\frac{\tilde{p}^2}{p_{ref}^2} \right)$$

$$p_{ref} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

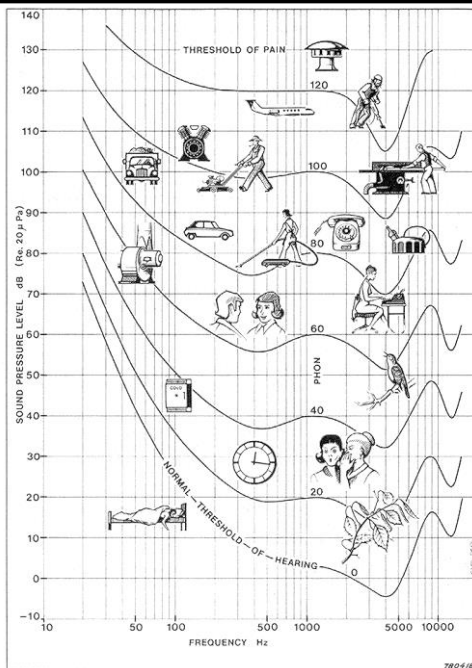
- Vad är L_p om $\tilde{p} = p_{ref}$?

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Hörområde – ljudtryck/frekvens

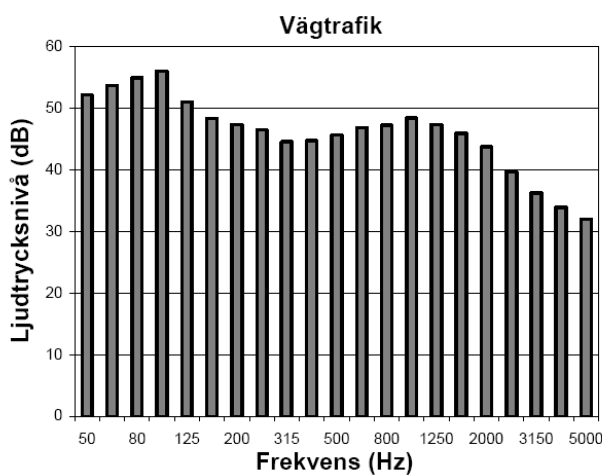


Kristian Ståle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01



Kristian Ståle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Frekvensspektrum – vägtrafik



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Frekvensspektrum

Mittfrekvens f_m (Hz)	Tersfilter $f_u - f_\delta$ (Hz)	Oktavfilter $f_u - f_\delta$ (Hz)	Mittfrekvens f_m (Hz)	Tersfilter $f_u - f_\delta$ (Hz)	Oktavfilter $f_u - f_\delta$ (Hz)
50	44,7 – 56,2		800	708 – 891	
63	56,2 – 70,8	44,7 – 89,1	1000	891 – 1120	708 – 1410
80	70,8 – 89,1		1250	1120 – 1410	
100	89,1 – 112		1600	1410 – 1780	
125	112 – 141	89,1 – 178	2000	1780 – 2240	1410 – 2820
160	141 – 178		2500	2240 – 2820	
200	178 – 224		3150	2820 – 3550	
250	224 – 282	178 – 355	4000	3550 – 4470	2820 – 5620
315	282 – 355		5000	4470 – 5620	
400	355 – 447		6300	5620 – 7080	
500	447 – 562	355 – 708	8000	7080 – 8910	5620 – 11200
630	562 – 708		10000	8910 – 11200	

Tabell 8 Standardiserade mittfrekvenser. Fetade mittfrekvenser anger oktavbandens mittfrekvenser.

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Summering av buller

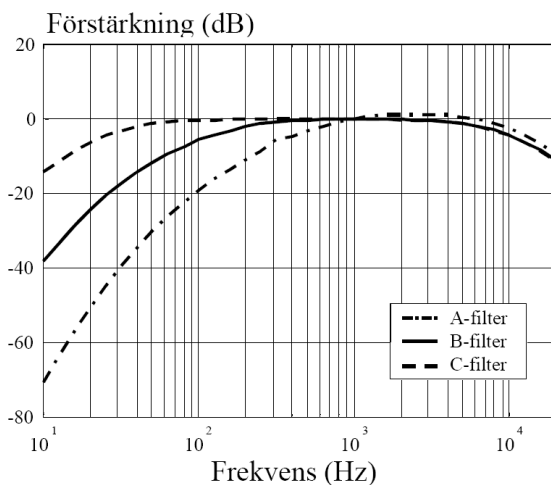
- När man summerar buller summerar man ljudenergier:

$$L_{p,tot} = 10 \log \left(\sum_{n=1}^N 10^{L_{p,n}/10} \right)$$

- 2 st: $L = 10 \log(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10})$
- Ex: En bullerkälla sänder ut 70 dB. Vad blir det om man lägger till en likadan källa?

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Vägning



Frekvens [Hz]	A-filter [dB]	B-filter [dB]	C-filter [dB]
10	-70.4	-38.2	-14.3
12.5	-63.4	-33.2	-11.2
16	-56.7	-28.5	-8.5
20	-50.5	-24.2	-6.2
25	-44.7	-20.4	-4.4
31.5	-39.4	-17.1	-3.0
40	-34.6	-14.2	-2.0
50	-30.2	-11.6	-1.3
63	-26.2	-9.3	-0.8
80	-22.5	-7.4	-0.5
100	-19.1	-5.6	-0.3
125	-16.1	-4.2	-0.2
160	-13.4	-3.0	-0.1
200	-10.9	-2.0	0
250	-8.6	-1.3	0
315	-6.6	-0.8	0
400	-4.8	-0.5	0
500	-3.2	-0.3	0
630	-1.9	-0.1	0
800	-0.8	0	0
1000	0	0	0
1250	0.6	0	0
1600	1.0	0	-0.1
2000	1.2	-0.1	-0.2
2500	1.3	-0.2	-0.3
3150	1.2	-0.4	-0.5
4000	1.0	-0.7	-0.8
5000	0.5	-1.2	-1.3
6300	-0.1	-1.9	-2.0
8000	-1.1	-2.9	-3.0
10000	-2.5	-4.3	-4.4
12500	-4.3	-6.1	-6.2
16000	-6.6	-8.4	-8.5
20000	-9.3	-11.1	-11.2

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Vägd ljudnivå

- Beräkning

$$L_{vägd} = 10 \log \left(\sum 10^{(L_n + v\text{ägning})/10} \right)$$

- Ex. Beräkna L_A

f [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000
L_n [dB]	85	87	92	85	77	70	65

Frekvens [Hz]	A-filter [dB]	B-filter [dB]	C-filter [dB]
10	-70.4	-38.2	-14.3
12.5	-63.4	-33.2	-11.2
16	-56.7	-28.5	-8.5
20	-50.5	-24.2	-6.2
25	-44.7	-20.4	-4.4
31.5	-39.4	-17.1	-3.0
40	-34.6	-14.2	-2.0
50	-30.2	-11.6	-1.3
63	-26.2	-9.3	-0.8
80	-22.5	-7.4	-0.5
100	-19.1	-5.6	-0.3
125	-16.1	-4.2	-0.2
160	-13.4	-3.0	-0.1
200	-10.9	-2.0	0
250	-8.6	-1.3	0
315	-6.6	-0.8	0
400	-4.8	-0.5	0
500	-3.2	-0.3	0
630	-1.9	-0.1	0
800	-0.8	0	0
1000	0	0	0
1250	0.6	0	0
1600	1.0	0	-0.1
2000	1.2	-0.1	-0.2
2500	1.3	-0.2	-0.3
3150	1.2	-0.4	-0.5
4000	1.0	-0.7	-0.8
5000	0.5	-1.2	-1.3
6300	-0.1	-1.9	-2.0
8000	-1.1	-2.9	-3.0
10000	-2.5	-4.3	-4.4
12500	-4.3	-6.1	-6.2
16000	-6.6	-8.4	-8.5
20000	-9.3	-11.1	-11.2

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / 86.5365...

Ekvivalent ljudnivå

- Ekvivalent ljudnivå under tidsperioden T

$$L_{eq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_{ref}^2} dt \right) =$$

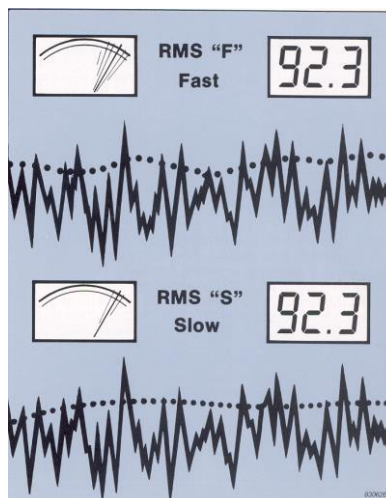
$$= 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p(t)/10} dt \right)$$

- Ex: Beräkna det $L_{eq,8h}$ som motsvarar 105 dBA i 15 min.

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Integrationstid

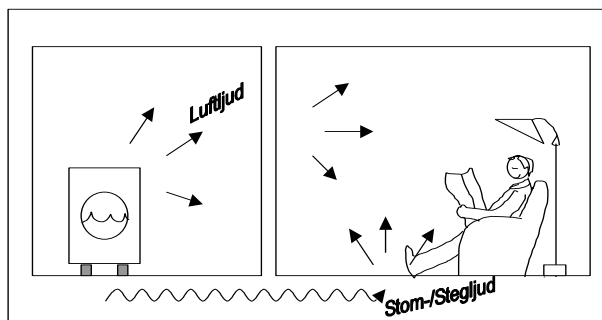
- "Fast" = Snabb integrationstid,
0.125 s
- "Slow" = Långsam integrationstid,
1 s
- "Peak" = Impulsvärde
35 ms



Kristian Ståle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

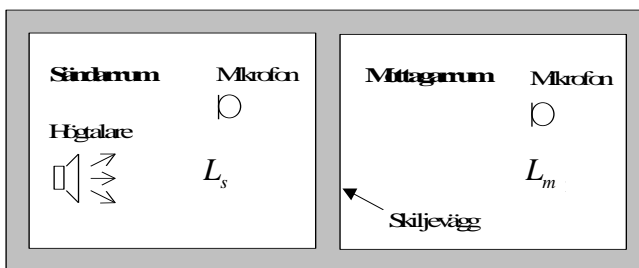
Olika ljud som alstras i en byggnad

- **Luftljud** – ljud alstras i rum *S*, sprids genom vägg/via golv till rum *M*
- **Stomljud** - ljud alstras i kontakt med golvet i rum *S*, sprids genom golv/via vägg till rum *M*



Kristian Ståle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ljudisolering - Mätning av reduktionstal



L_s : Ljudtrycksnivån i sändarrummet [dB]

Skiljeväggens reduktionstal:

L_m : Ljudtrycksnivån i mottagarummet [dB]

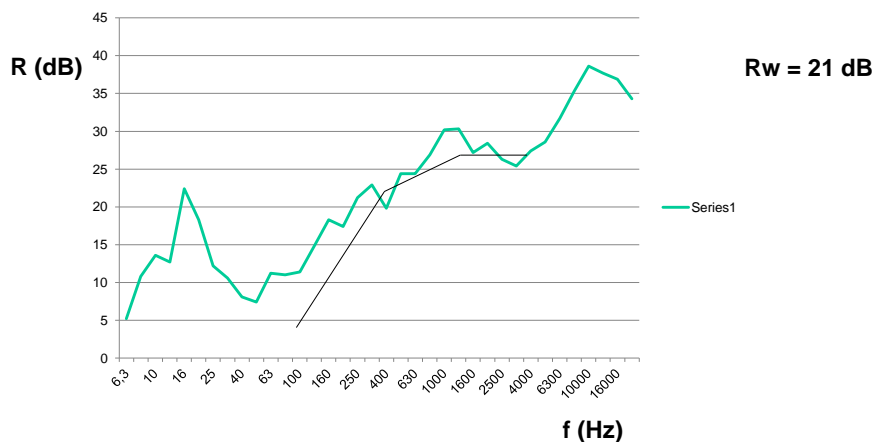
S : Skiljeväggens area [m²]

$$R = L_s - L_m + 10 \log\left(\frac{S}{A}\right)$$

A : Absorptionsarea i mottagarummet [m²]

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Reduktionstal - frekvens för gipsvägg (13mm)



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Luftljudisolering

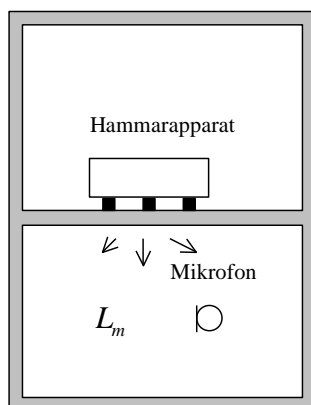
Upplevd störning vid olika luftljudisolering

Vägt reduktions-tal i byggnad, R_w	Normalt samtal	Högröstat	Skräk samtal	TV, radio, musikanläggning (måttlig nivå)	Musik från större musik-anläggning i hemmet
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 luftljudisolering. Störningskänsligheten liksom störningens karaktär kan dock variera utanför siffrorna i tabellen.

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Stomljud – stegljudisolering



Stegljudsnivå:

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

L_n : Stegljudsnivå [dB]

L_m : Mottagarummets ljudtrycksnivå

A : Mottagarummets absorptionsarea

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Stegljudsnivå

Upplevd störning vid olika stegljudsnivåer

Vägd stegljudsnivå i byggnad, $L_{n,w}$	Normal gångtrafik Betongbjälklag	Normal gångtrafik Träbjälklag	Lekande barn Betongbjälklag	Lekande barn Träbjälklag
62 dB	Hörs	Hörs	Hörs	Hörs
58 dB	Kan höras	Hörs	Hörs	Hörs
54 dB	Kan höras	Kan höras	Hörs	Hörs
50 dB	Kan höras	Kan höras	Kan höras	Hörs
42 dB	Hörs inte	Kan höras	Kan höras	Kan höras
34 dB	Hörs inte	Hörs inte	Hörs inte	Kan höras

Figur 2:13. Exempel på hur störningar av olika aktiviteter kan upplevas beroende på aktuell stegljudsnivå. Störningskänsligheten liksom störningens karaktär kan dock variera mycket utanför siffrorna i tabellen.

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

BBR och SS 25267:2004

Ljudkrav för bostäder	A [dB]	B [dB]	C [dB]	(D) [dB]
Luftljudsisolering	60	57	53	49
Stegljudsnivå	50	52	56	60
Installationsbuller	22/27	26/31	30/35	30/35
Trafikbuller	22/37	26/41	30/45	34/49

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01