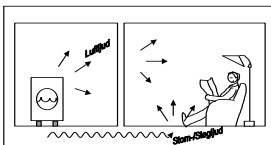




F8 – Rumsakustik, ljudabsorption

Hur stoppar vi ljudet?

- Isolering
 - Blockera ljudvägen – ingen energiförlust
- Absorption
 - Omvandla ljud till värme – energiförlust



Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Rumsakustik – 3 förklaringsmodeller

- Statistisk rumsakustik
 - Diffust ljudfält, exponentiellt avtagande ljudtryck
- Vågteoretisk rumsakustik
 - Egenfrekvenser, stående vågor, interferens...
- Geometrisk rumsakustik
 - Strålgångsakustik, spegelkällor

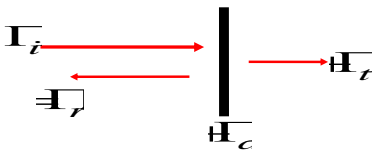
Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Statistisk rumsakustik

- Ljudfältet antas vara diffust, d v s jämnt fördelat över volymen
- Ljudtrycket avtar exponentiellt med tiden när ljudkällan tystnar
- Ljudet avtar i och med att en del av det som infaller absorberas mot väggar och andra ytor (golv, möbler, föremål, absorbenter och människor)
- Ju mer absorberande material desto snabbare avtar ljudet – efterklangtid

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Kvantifiering



Π_i Infallande vågens effekt

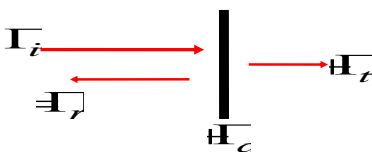
Π_r Reflekterade vågens effekt

Π_t Transmitterade vågens effekt

Π_a Effektminskning pga absorption

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Koefficienter



Transmissionskoefficient: $\tau = \Pi_t / \Pi_i$ [-]

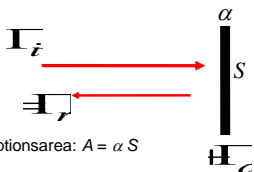
Absorptionskoefficient: $\alpha = \Pi_a / \Pi_i$ [-]

Reflektionskoefficient: $\rho = \Pi_r / \Pi_i$ [-]

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

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Absorptionsarea



$$\alpha = \Pi_a / \Pi_i$$

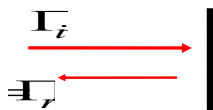
- Absorptionsarea: $A = \alpha S$

[m²] eller [m²S]

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ex: Reflektion med absorption

- Bredbandigt buller med ljudnivå $L_p = 60$ dB infaller och reflekteras mot en vägg med absorptionskoefficienten $\alpha = 0.5$.
- a) Vad är ljudtryckets effektivvärde för den reflekterade vågen?
- b) Vad är ljudnivå för den reflekterade vågen?
- c) Beräkna total ljudnivå några meter ut från väggen.



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Absorptionskoefficienter – α

Väggar:	125	250	500	1k	2k	4k
Betong	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Tegel	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Tegel, putsad	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Tegel, målåd	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Gipsskivevägg	0,12	0,1	0,08	0,06	0,06	0,06
13 Gips på 25 regler	0,16	0,15	0,07	0,07	0,05	0,06
13 Gips på 25 regler med mineralull	0,26	0,2	0,1	0,07	0,04	0,07
13 Gips på 100 regler	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09
50 Tråpanel	0,1	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

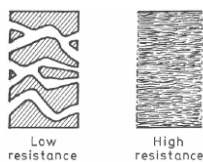
Absorptionsareor – [m²S]

Ljudabsorption per föremål (m ² st):	125	250	500	1k	2k	4k
Stående person i ytterkläder	0,17	0,41	0,91	1,3	1,43	1,47
Stående person i innekädder	0,12	0,24	0,59	0,98	1,13	1,12
Sittande person	0,17	0,36	0,47	0,52	0,5	0,46
Trästol	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03
Trästol med klädd sits	0,09	0,13	0,15	0,15	0,11	0,07
Stol med klädd sits och rygg	0,17	0,23	0,23	0,22	0,19	0,18
Stoppad teaterstol, tom	0,17	0,24	0,31	0,37	0,36	0,31
Stoppad teaterstol, med en pers/stol	0,24	0,38	0,49	0,6	0,61	0,63

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Absorbenttyper

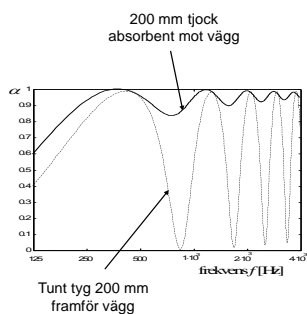
- Porösa absorbenter
 - Ljudenergin (rörelseenergin) omvandlas till värme när luften strömmar mellan fibrerna.
 - Tex mineralullsmattor, porösa träfiberplattor, filt, tyg
- Resonansabsorbenter
 - Ljudenergin omvandlas till rörelseenergi i någon kropp, tex en platta.
 - Tex en perforerad platta med luftspalt till vägg.



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Porösa absorbenter

- Luftmolekyler rörelse omvandlas till rörelse och värme i absorbenten
- Mattor dämpar ljudtjud dåligt
- Rak gardin dämpar enstaka frekvenser bra
- Porösa absorbenter bäst för höga frekvenser



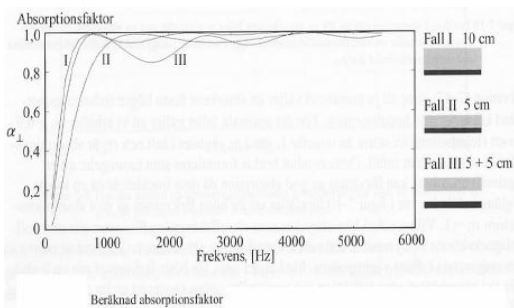
Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Ex: Absorbent

- Hur tjock måste en mineralullsabsorbent vara för att dämpa riktigt bra ända ner mot 100 Hz? Räkna med ljudhastigheten $c_{abs} = 280$ m/s inne i absorbenten.

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Absorbent med olika avstånd från väggen



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

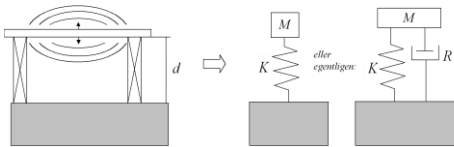
Nackdelar med porösa absorbenter

- Samlar damm och då försämras absorptionen
- Kan undvikas med ytbehandling, fast då försämras absorption vid höga frekvenser.
- Kräver mycket tjocka lager för att få hög absorption vid låga frekvenser.

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

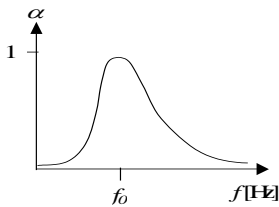
Resonansabsorbent – membranabsorbent

- Tar upp luftmolekylernas rörelse och därefter sker värmeförluster
- Lätt att sätta igång: Fjäder + massa \Rightarrow resonans
- Fungerar bäst vid resonansfrekvensen
- Används vid låga frekvenser



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

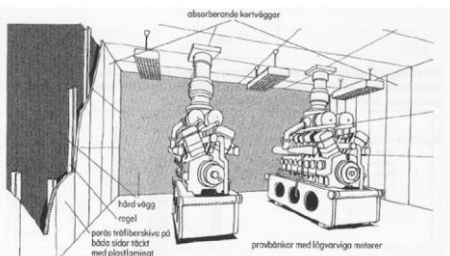
Resonansabsorbent – resonansfrekvens



- Ex: Beräkna f_0 för 13 mm gipsskiva på regler 25 resp 100 mm

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Tillämpning – resonansabsorbent



I lågfrekvensområdet har porösa absorbenter otillräcklig verkan. Panelabsorbenter kan då vara ett fungerande alternativ för att reducera höga buller nivåer i exempelvis lokaler.

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Resonansabsorbent – Helmholtzresonator

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Helmholtzresonator

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Var placera absorbent?

Där rörelsen är som störst.

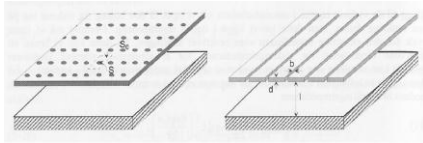
Perforerad absorbent.

Exempelvis filt

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Hålrumsabsorbent

- Övningsuppgift SDOF: Hur långt från väggen ska man placera en 2 cm tjock perforerad träpanel med $S/S_0 = 0.01$ om man ska dämpa ljud vid 100 Hz?

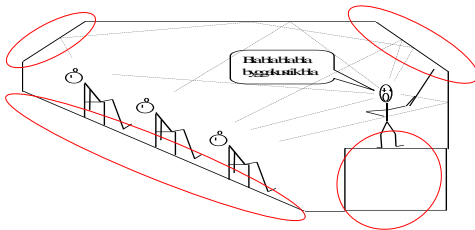


Svar: 15 cm

Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

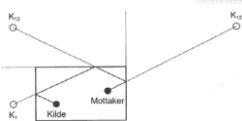
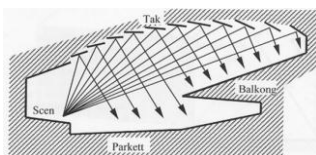
Ljudvägar i rum – Geometrisk rumsakustik

- Direktljud: Ljud som inte reflekteras
- Diffusa ljud: Oregelbundna, slumpvisa, t ex sidoväggsreflexer



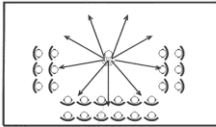
Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Geometrisk rumsakustik

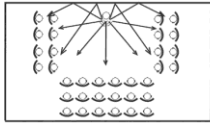


Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

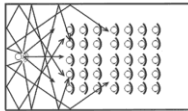
Utnyttja reflektioner



Figur 8.7. Placera ljudkällan mitt i rummet för inget stöd av reflekterande väggar.



Figur 8.8. Placera ljudkällan långt en långvägg för stöd av en ljud reflekterande vägg.



Figur 8.9. Den gynnammaste placeringen av ljudkällan är långt bortvägg. Här får stöd av tre ljudreflekterande ytor.

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Precedence-effekt

“Om man hör ett ljud dels direkt från talaren och dels som en reflex (eller en fördröjd högtalaråtergivning) inom 25 ms därefter, så uppfattar man bara det första direktljudet (talaren), fast starkare.”

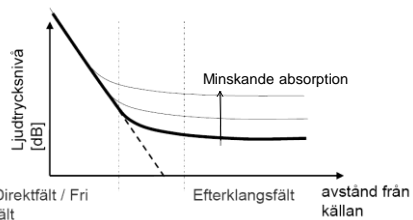
Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Fladdereko

“...uppstår när ett rum har två hårda parallella väggar och övriga ytor antingen absorberar eller diffuserar ljudet”

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Direkt- och efterklangsfält



På avstånd mindre än $r = \sqrt{\frac{A}{16\pi}}$ kommer ökad absorption ej att sänka den totala ljudnivån.

Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

Seminarieuppgift till nästa föreläsning

En oändligt stor vägg vibrerar med frekvensen 800 Hz. Med en mikrofon uppmäter man ljudnivån 50 dB en bit från väggen.

- Vad är ljudtryckets effektivvärde?
- Bestäm ljudtryckets amplitud, våglängd och vågtal.
- Uttryck ljudtrycket på komplex form.
- Uttryck partikelhastigheten på komplex form.
- Beräkna uppmätt ljudnivå om man placerar en hård vägg 0.1 m bakom mikrofonen. (Bortse från ljud som reflekteras i den vibrerande ytan)
- Var ska man placera väggen för att få helt tyst vid mikrofonen?
- Anta att man lägger en absorber på den bakomliggande väggen med $\alpha = 0.7$. Vad blir ljudnivån vid destruktiv interferens? Vad blir ljudnivån där vi har konstruktiv interferens?

Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01
