



## F2 – Samhällsbuller, Psykoakustik, SDOF

---

---

---

---

---

---

---

---

### Samhällsbuller i Sverige

- Idag uppskattas 2 miljoner människor i Sverige vara utsatta för en bullernivå\* från flyg, tåg och vägtrafik som överstiger de riktvärden som riksdagen ställt sig bakom.
- Av dessa är 1,6 miljoner (80%) störda av vägtrafikbuller (VV 2003).
- Minst 25% av EU:s befolkning påverkas i sådan omfattning att det påverkar hälsa och livskvalitet
- EU: Kartläggning <250 000

\*55 dBA ekvivalentnivå (dygnsmedel) vid bostad

Kristian Ståhne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

### Socialstyrelsens miljörapport 2009

Trafikslag	Antal exponerade (>55 dBA $L_{Aeq,24h}$ )
Vägtrafik	1.2 – 1.8 milj
Spårburen	400 000 – 600 000
Flygtrafik (civ)	15 000 – 25 000
Flygtrafik (mil)	25 000 – 35 000
<b>Totalt</b>	<b>1.6 – 2.4 milj</b>

Kristian Ståhne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

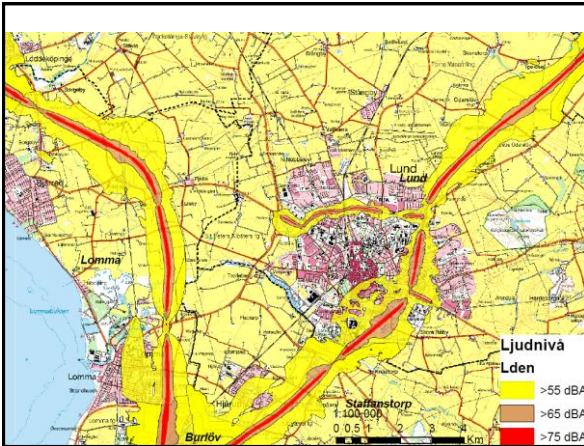
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

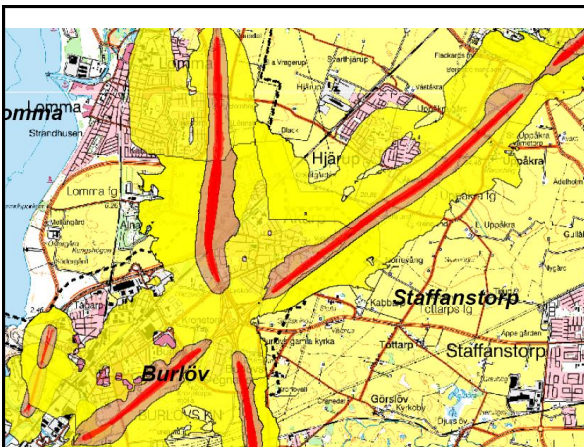
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Psykoakustik

- Söker samband mellan ett ljuds fysikaliska parametrar och hur ljudet uppfattas av hörsystemet.
- Psykoakustiska mått har som mål att beskriva hur ljudet uppfattas.

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

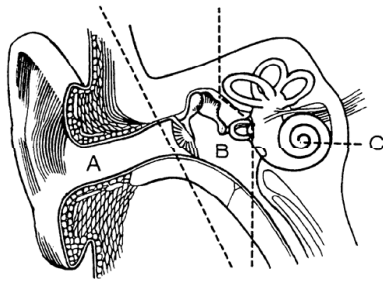
---

---

---

---

## Örat



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

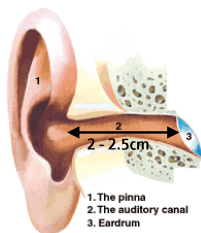
---

---

---

---

## A – ytterörat



$$\lambda/4 = 2 - 2.5\text{cm}$$

$$\Rightarrow$$

$$f = 3-4 \text{ kHz}$$

1. The pinna
2. The auditory canal
3. Eardrum

Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

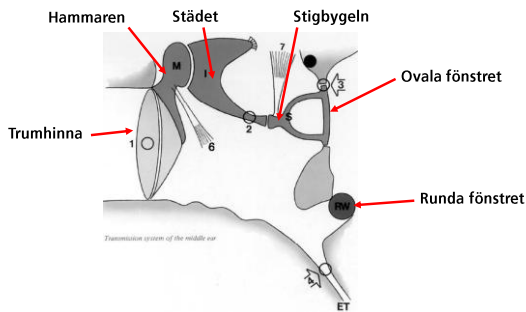
---

---

---

---

### B – mellanörat



Kristian Ståhne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

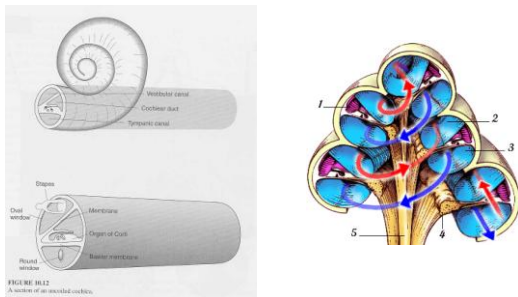
---

---

---

---

### C – innerörat, cochlea



Kristian Ståhne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

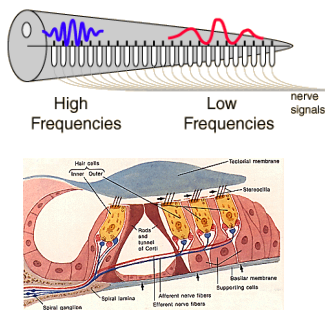
---

---

---

---

### Basilarmembranet



Kristian Ståhne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

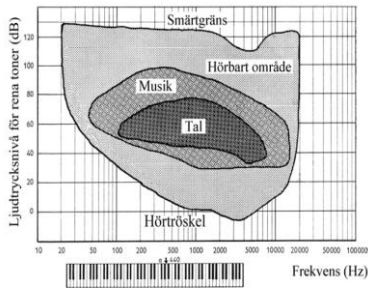
---

---

---

---

### Hörområde



Kristian Ståhne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

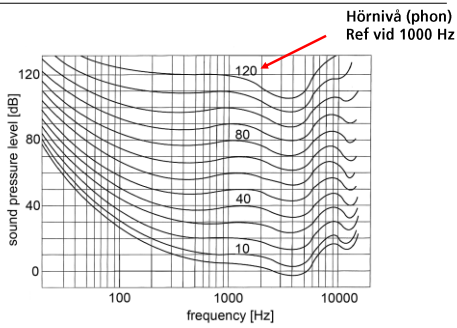
---

---

---

---

### Lika hörnivå-kurvor



Kristian Ståhne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

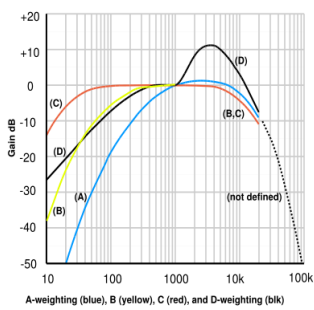
---

---

---

---

### A-D-filter



Kristian Ståhne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Effekter vid exponering

30 dB	God sömn
35 dB	Tal 100% förståeligt (1 m avstånd)
45 dB	Tal ganska förståeligt
50 dB	10-25% ganska & mycket störda
55 dB	10-25% mycket störda
65 dB	Ohälsosam röststrängning vid tal
65 dB	Barns inläring försämrad
65 dB	Risk för bullersakat högt blodtryck/hjärt-kärlsjukdom

Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

## Buller inomhus – allmänna råd

- Maximalt ljud:  $L_{Amax} = 45$  dB
- Ekvivalent ljud:  $L_{Aeq} = 30$  dB
- Ljud med hörbara tonkomponenter:  $L_{Aeq} = 25$  dB
- Ljud från musikanläggningar:  $L_{Aeq} = 25$  dB
- Värderna för låga tersband (32-200 Hz)



f (Hz)	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
L (dB)	56	49	43	41.5	40	38	36	34	32

Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

## Objektiva konsekvenser av buller

- Hörselnedsättning
- Tinnitus
- Försvärad kommunikation

Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

## Hörselnedsättning

- Temporär eller permanent
- Hårcellerna skadas och kan ej läkas eller lagas
- Hårcellerna försvinner med åldern



Friska hårceller



Skadade hårceller

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Konsekvens av hörselnedsättning

- Svaga ljud ohörbara
- Diskantljud drabbas mest
- Förvrängning av ljud (disharmoni mellan öronen)
- Svårt att uppfatta tal
- Sociala konsekvenser

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tinnitus – tre grader

- Svaga sus
- Ringningar som påverkar det dagliga livet
- Starka ljud som påverkar allmäntillståndet, t ex med koncentrations- och sömnstörningar

Ca 1,5 miljoner har tinnitus i Sverige, 100 000 så allvarligt att det påverkar livet avsevärt

3 av 4 rock- och jazzmusiker

(källa: [www.ammot.se](http://www.ammot.se))

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Skadliga miljöer

- Arbetsplatser
  - Tung industri
  - Skolor och daghem
  - Dansrestauranger
- Musikklubbar och -konserter
- Mp3-spelare (lätt att skapa höga ljud i små volymer)
- Tonårsrum osv

Kristian Ståle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Subjektiva konsekvenser av buller

- Prestationsförmåga
  - Koncentrationsstörningar
  - Försämrade inläring
  - Stress
- Livskvalitet
  - Nedstämdhet
  - Förhöjt blodtryck
  - Sömnsvårigheter
  - Trötthet

Kristian Ståle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Utvecklingspsykologiska effekter

- Barn i Storbritannien som var utsatta för flygplansbuller lärde sig läsa i genomsnitt två månader senare än andra barn per fem decibel som ljudnivån ökade.
- I Nederländerna var motsvarande skillnad närmare en månad.
- I Tyskland (München) jämfördes två förskolor som låg nära en flygplats före resp. efter att flygplatsen flyttades. Bullret gav en försening i 'milstolpar' på ca 2 mån.

Kristian Ståle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

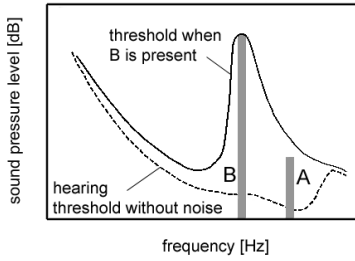
---

---

---

---

### Maskering med brus



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Binaural effekt

- Duplexteorin (Rayleigh's)
  - Fasskillnad och nivåskillnad
  - Huvudets överföringsfunktion
- $f < 1.5$  kHz: Fasskillnad (interferens)
- $f > 1.5$  kHz: Nivåskillnad (diffraction)



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

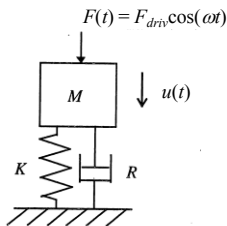
---

---

---

### SDOF – Enfrihetsgradssystem

- Massa,  $M$
- Fjäder,  $K$
- Dämpare,  $R$



Kristian Stålné / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Eigenfrekvens

- Den frekvens vid vilken systemet svänger när den lämnas att svänga fritt (efter att ha fått starthjälp).
- Uttryckt i vinkelfrekvens (rad/s) resp. frekvens (1/s = Hz)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{K}{M}}$$

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Homogen lösning

- Lösningen som erhålls när man sätter  $F(t) = 0$
- Bestäms m h a begynnelsevillkor
- Består av en exponentiellt avklingande del...
- och en harmoniskt oscillerande del

$$u_h(t) = e^{-\frac{\eta}{2}\omega_0 t} (A_1 e^{i\omega_d t} + A_2 e^{-i\omega_d t}) = e^{-\frac{\eta}{2}\omega_0 t} (B_1 \sin(\omega_d t) + B_2 \cos(\omega_d t))$$

$$\eta = \frac{R}{\sqrt{MK}} = 2\zeta \quad \omega_d = \omega_0 \sqrt{1 - \left(\frac{\eta}{2}\right)^2}$$

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

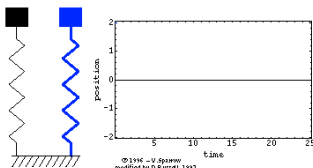
---

---

## Dämparens funktion

- Är den komponent som står för systemets energiförlust

- Ex:
  - Utan dämpning
  - Med dämpning



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Partikulärlösning

- Lösningen som visar förskjutningen från drivande kraft.
- Ex:  $F(t) = F_{driv} \cos(\omega t)$
- Ansätt  $u_p(t) = D_1 \sin(\omega t) + D_2 \cos(\omega t)$
- Vilket ger lösningen

$$D_1 = \frac{R\omega}{(K - M\omega^2)^2 + (R\omega)^2} \cdot F_{driv}$$

$$D_2 = \frac{K - M\omega}{(K - M\omega^2)^2 + (R\omega)^2} \cdot F_{driv}$$

$$u_p(t) = D_1 \sin(\omega t) + D_2 \cos(\omega t)$$

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

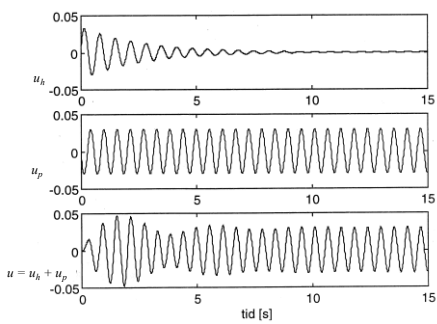
---

---

---

---

## Total lösning = homogen + partikulär



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

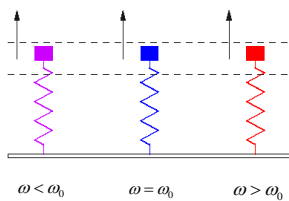
---

---

---

---

## Olika drivfrekvenser



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

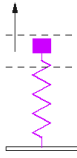
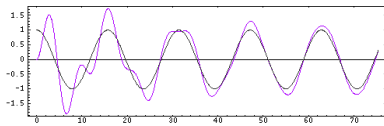
---

---

---

### Drivning vid låg frekvens ( $\omega < \omega_0$ )

- Fjäders dominerar
- Kraft och förskjutning i fas



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

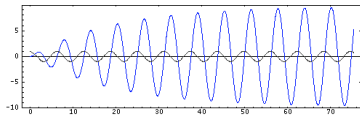
---

---

---

### Drivning vid resonansfrekvens ( $\omega = \omega_0$ )

- Dämparen dominerar
- Fasskillnad =  $90^\circ$  eller  $\pi$
- Liten eller ingen dämpning:  
systemet kollapsar



Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Tacoma narrows

- 1600 m lång
- Kollapsade 1940 pga cykliska vindstötter vid egenfrekvensen

Kristian Stååne / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

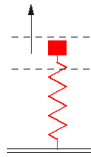
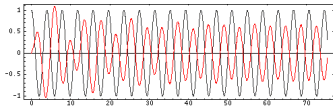
---

---

---

### Drivning vid hög frekvens: ( $\omega > \omega_0$ )

- Massan dominerar
- Kraft och förskjutning i motfas  
(fasskillnad =  $180^\circ$  eller  $\pi$ )



Kristian Ståhle / Ljud i byggnad och samhälle / VTAF01

---

---

---

---

---

---

---

---