

# Inledande uppgifter – grundläggande akustik

Några räkneregler för logaritmer:

$$\begin{array}{ll} y = \log x \Leftrightarrow 10^y = x & \log(x \cdot y) = \log x + \log y \\ \log(10^x) = x & \log\left(\frac{x}{y}\right) = \log x - \log y \\ 10^{\log x} = x & \log(x^n) = n \cdot \log(x) \\ 10^{x+y} = 10^x \cdot 10^y & 10^0 = 1 \\ \frac{10^x}{10^y} = 10^{x-y} & \log 1 = 0 \end{array}$$

Några grundläggande akustiska definitioner och räkneregler

1-dimensionellt plant ljudfält:

$$p(x, t) = \hat{p} \cos\left(\omega t - \frac{\omega}{c} x + \varphi\right) \quad (1)$$

Effektivvärde (rms) för ljudtrycket i en punkt:

$$\tilde{p} = \sqrt{\frac{1}{\Delta t} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} p^2(t) dt} \quad (2)$$

Ljudtrycksnivå (ljudnivå):

$$L_p = 10 \log\left(\frac{\tilde{p}^2}{p_{ref}^2}\right) \quad , \text{där } p_{ref} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \quad (3)$$

Ekvivalent ljudnivå:

$$\begin{aligned} L_{eq,T} &= 10 \log\left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_{ref}^2} dt\right) = \\ &= 10 \log\left(\frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p(t)/10} dt\right) \end{aligned} \quad (4)$$

Vägd ljudnivå:

$$L_{vägd} = 10 \log \left( \sum 10^{(L_n + v\ddot{a}gning)/10} \right) \quad (5)$$

Addition av två ljudkällor (är de okorrelerade försvinner sista termen):

$$\tilde{p}_{tot}^2 = \tilde{p}_1^2 + \tilde{p}_2^2 + \frac{2}{\Delta t} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} p_1(t) p_2(t) dt \quad (6)$$

Addition av  $N$  st okorrelerade ljudkällor:

$$L_{p,tot} = 10 \log \left( \sum_{n=1}^N 10^{L_{p,n}/10} \right) \quad (7)$$

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

## Uppgifter

1. Smärtgränsen för ljud går vid 130 dB. Vilket effektivvärde för ljudtrycket motsvarar det?

2. a) Vilket effektivvärde för ljudtrycket motsvarar  $L_p = 0$  dB?

b) Vilken ljudnivå motsvarar helt tyst ( $\tilde{p} = 0$ )?

3. Beräkna ljudtryckets effektivvärde  $\tilde{p}$  utifrån ljudfältet som uttrycks i ekvation (1) med amplituden  $\hat{p} = 0.35$  Pa och en fixerad position ( $x = x_0$ ).

Ledning: Sätt  $x$  och  $\varphi$  till 0 och rita upp svängningen  $p$  som funktion av  $t$  i ett diagram, samt  $p^2$  som funktion av  $t$  och ta kurvans medelvärde över ett helt antal perioder.

4. Beräkna ljudnivån för ljudfältet i ovanstående uppgift.

5. Atmosfärstryck är  $p_{atm} = 101\,300$  Pa. Ett harmoniskt svängande ljudfält har maximalt denna amplitud. Beräkna utifrån detta den maximala teoretiska ljudnivån.

6. Utgå från ekvation (3) och visa att  $L_p = 20 \log \left( \frac{\tilde{p}}{p_{ref}} \right)$ .

7. Beräkna A-vägd ljudnivå  $L_A$  från följande frekvensspektrum

$f$ (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
$L_n$ (dB)	75	77	82	75	67	60	55

8. Anta att ljudnivån vid en större väg uppmäts och loggas under ett helt dygn. Beräkna ekvivalent ljudnivå  $L_{eq,24h}$  och maxnivå  $L_{max}$  för följande mätresultat:

- 60 dBA under 12 h och helt tyst resterande 12 h.
- 60 dBA under 6 h och helt tyst resterande 18 h.
- 60 dBA under 12 h och 50 dBA resterande 12 h.
- 60 dBA under 6 h, 55 dBA under 6 h, 50 dBA under 6 h och helt tyst resterande 6 h.

9. Hur länge kan man ha en konstant ljudnivå på 100 dBA (och helt tyst resten av tiden) om  $L_{eq,8h}$  inte får överstiga 85 dBA?

10. En ljudkälla, t ex en bil, bullrar med en viss ljudnivå  $L_A$ .

- Hur mycket ökar ljudnivån om ytterligare en ljudkälla läggs till så att man får två likadana ljudkällor?
- Hur mycket ökar ljudnivån med tre likadana ljudkällor?
- Hur mycket ökar ljudnivån med fyra likadana ljudkällor?

11. Två maskiner står och bullrar med 30 dBA respektive 31 dBA vid en viss position.

- Beräkna den totala ljudnivån vid den positionen.
- En tredje maskin ska köpas in och placeras intill de andra två. Hur högt får den maximalt bullra om den totala ljudnivån inte får överskrida 35 dBA?

## Svar

1.  $\tilde{p} = 63 \text{ Pa}$

2. a)  $\tilde{p} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} (= p_{ref})$

b)  $L_p = -\infty$

3.  $\tilde{p} = 0.25 \text{ Pa}$

4.  $L_p = 82 \text{ dB}$

5.  $L_{p,max-teor} = 191 \text{ dB}$

7.  $L_A = 77 \text{ dBA}$

8. a)  $L_{eq,24h} = 57.0 \text{ dBA}$

b)  $L_{eq,24h} = 54.0 \text{ dBA}$

c)  $L_{eq,24h} = 57.4 \text{ dBA}$

d)  $L_{eq,24h} = 55.5 \text{ dBA}$

$L_{max} = 60 \text{ dBA}$  i samtliga fall

9.  $t = 15 \text{ min}$

10. a)  $L_2 = L_A + 3.01 \text{ dB} \approx L_A + 3 \text{ dB}$

b)  $L_3 = L_A + 4.8 \text{ dB}$

c)  $L_4 = L_A + 6 \text{ dB}$

11. a)  $L_2 = 33.5 \text{ dBA}$

b)  $L_p = 29.6 \text{ dBA}$