

DESIGN DEL PRODOTTO INDUSTRIALE

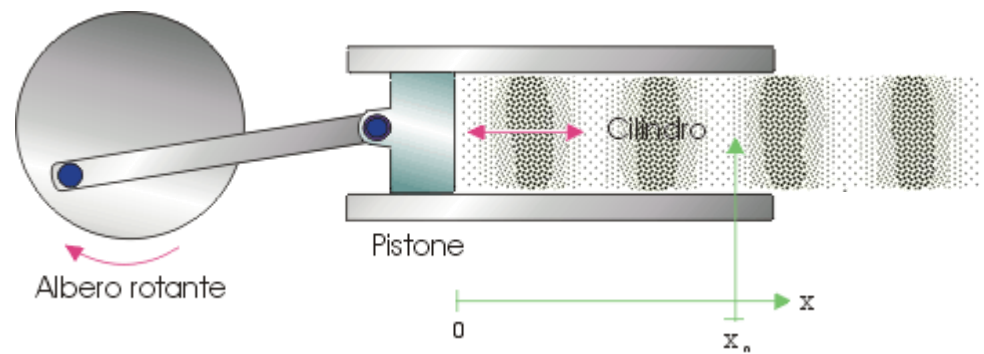
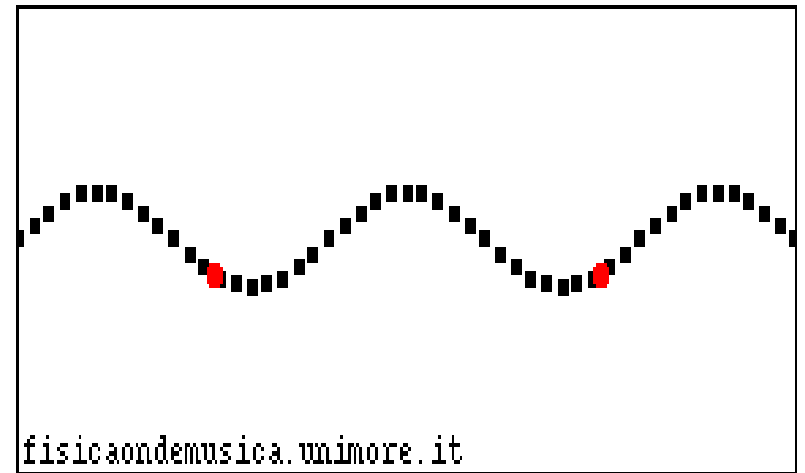
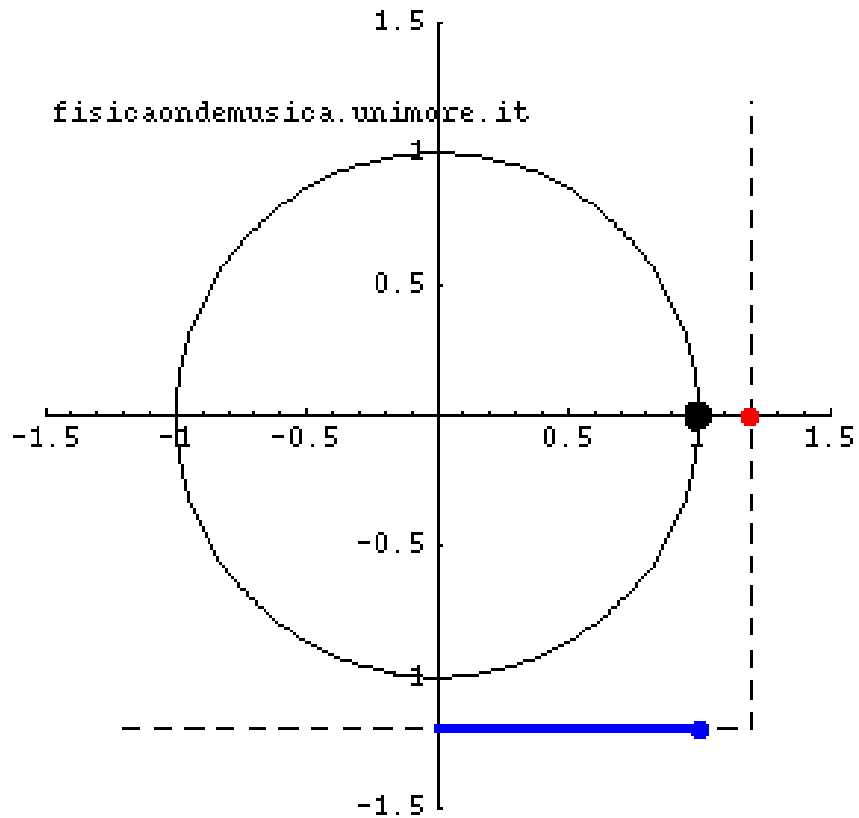
FISICA TECNICA PER IL DESIGN

AA 2019-20

ELEMENTI DI ACUSTICA A.01



Michele Bottarelli - Dipartimento di Architettura di Ferrara
michele.bottarelli@unife.it



$$c = \frac{\lambda}{T}$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$c = \begin{cases} \sqrt{\frac{E}{\rho}} & \text{per i solidi} \\ \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} & \text{per i liquidi} \\ \sqrt{\frac{c_p/c_v \cdot P}{\rho}} = \sqrt{k \cdot RT} & \text{per i gas} \end{cases}$$

In aria:

$$c = \sqrt{k \cdot RT} \approx 348 \text{ m/s}$$



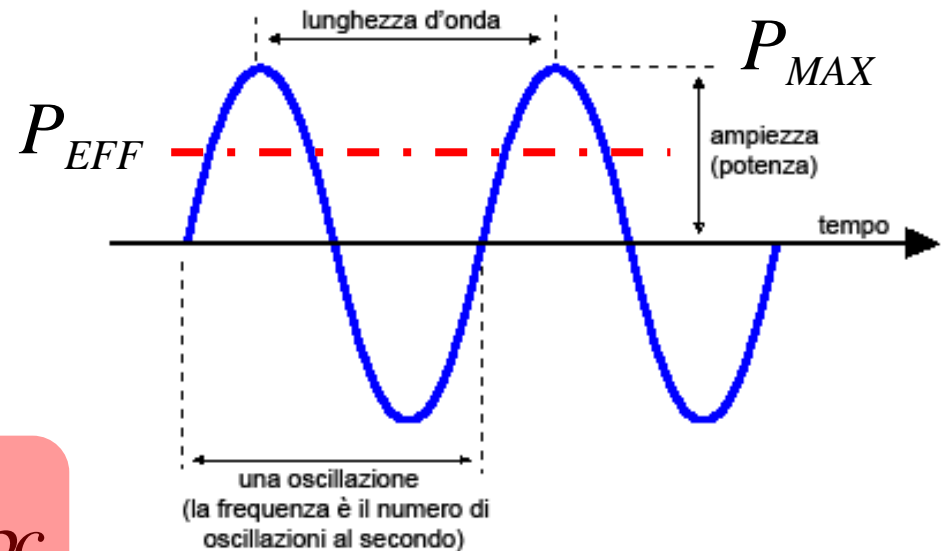
f [Hz]	λ [m]
10	34.8
100	3.48
1000	0.35
10000	0.04

$$P(t) = P_{\max} \cdot \sin(\omega t)$$

$$P_{\text{eff}}^2 = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T P_{\max}^2 \cdot \sin^2(\omega t) \cdot dt \Leftrightarrow P_{\text{eff}}^2 = \frac{P_{\max}^2}{2}$$

$$\left. \begin{array}{l} I = \frac{W}{S} \\ P_{\text{eff}} = \rho c \cdot u \end{array} \right\} I = \frac{P_{\text{eff}}}{\rho c}$$

impedenza acustica $Z = \rho c$



Livello di potenza sonora $\rightarrow L_W = 10 \log \left(\frac{W}{W_0} \right)$ con $W_0 = 10^{-12} W$

Livello di intensità sonora $\rightarrow L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$

Livello di pressione sonora $\rightarrow L_P = 10 \log \left(\frac{P^2}{P_0^2} \right)$ con $P_0 = 20 \mu P$

Si dimostra che:

$$L_W = L_I + 10 \log \left(\frac{S}{S_0} \right)$$

$$L_I = L_P \Leftrightarrow Z = Z_0$$

Si dimostra che :

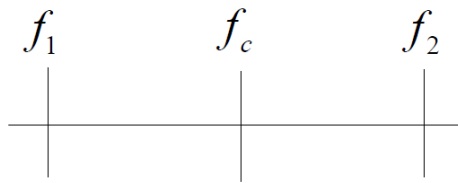
$$L_1 + L_2 + \dots + L_n = 10 \log \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right)$$

$$L_1 = 70dB$$

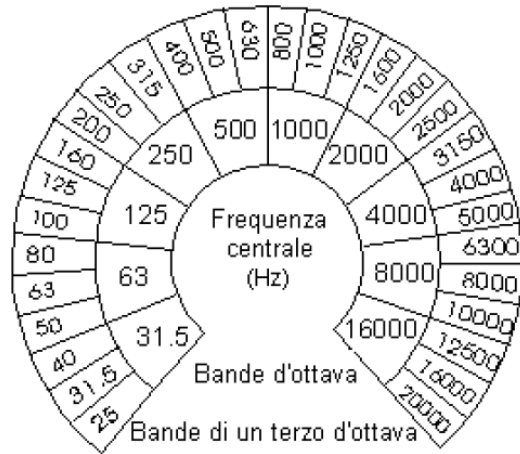
$$L_2 = 60dB$$

$$L_3 = 73dB$$

$$L_T = 10 \log \left(10^{7.0} + 10^{6.0} + \dots + 10^{7.3} \right) = 74.9dB$$



$$f_2 = 2f_1 \quad \sqrt{f_1 f_2} = f_c$$

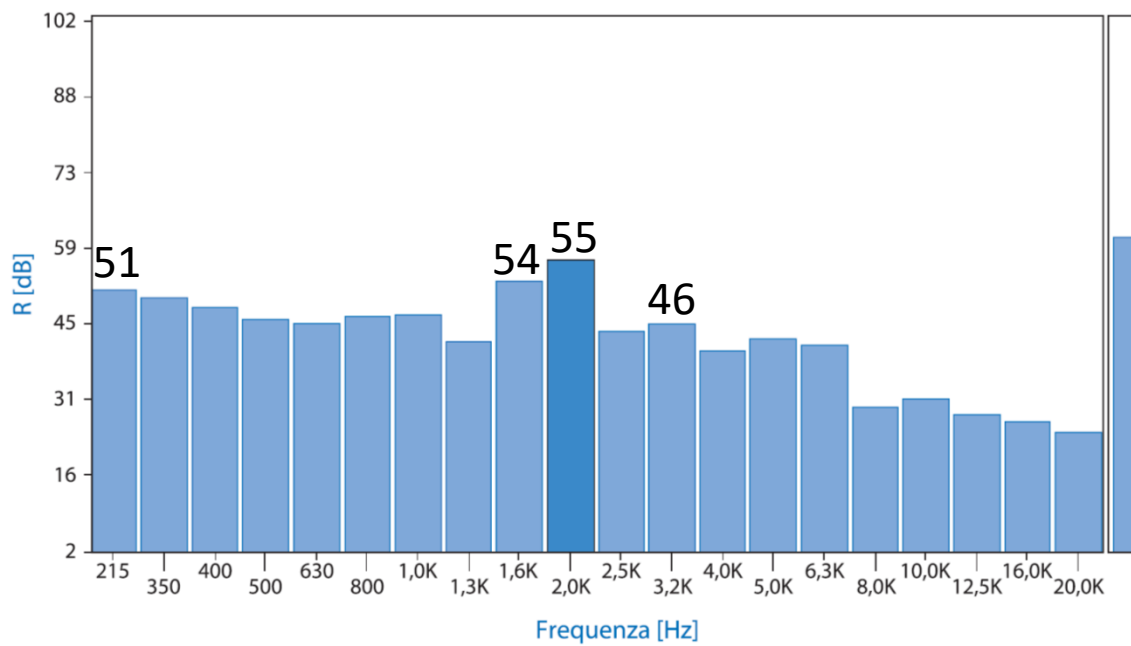
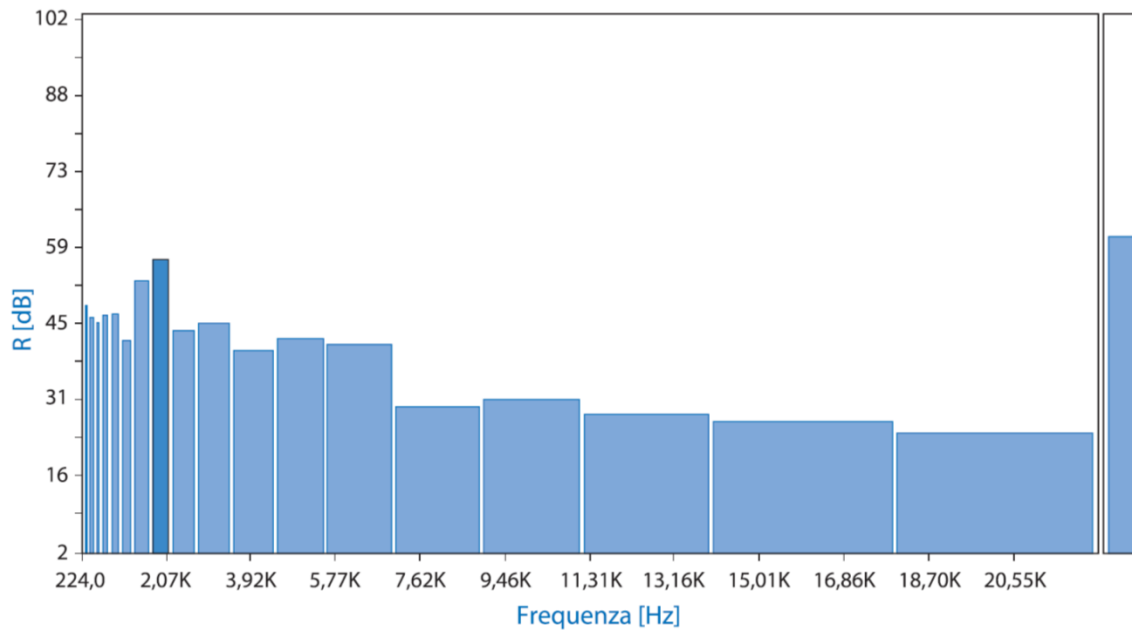


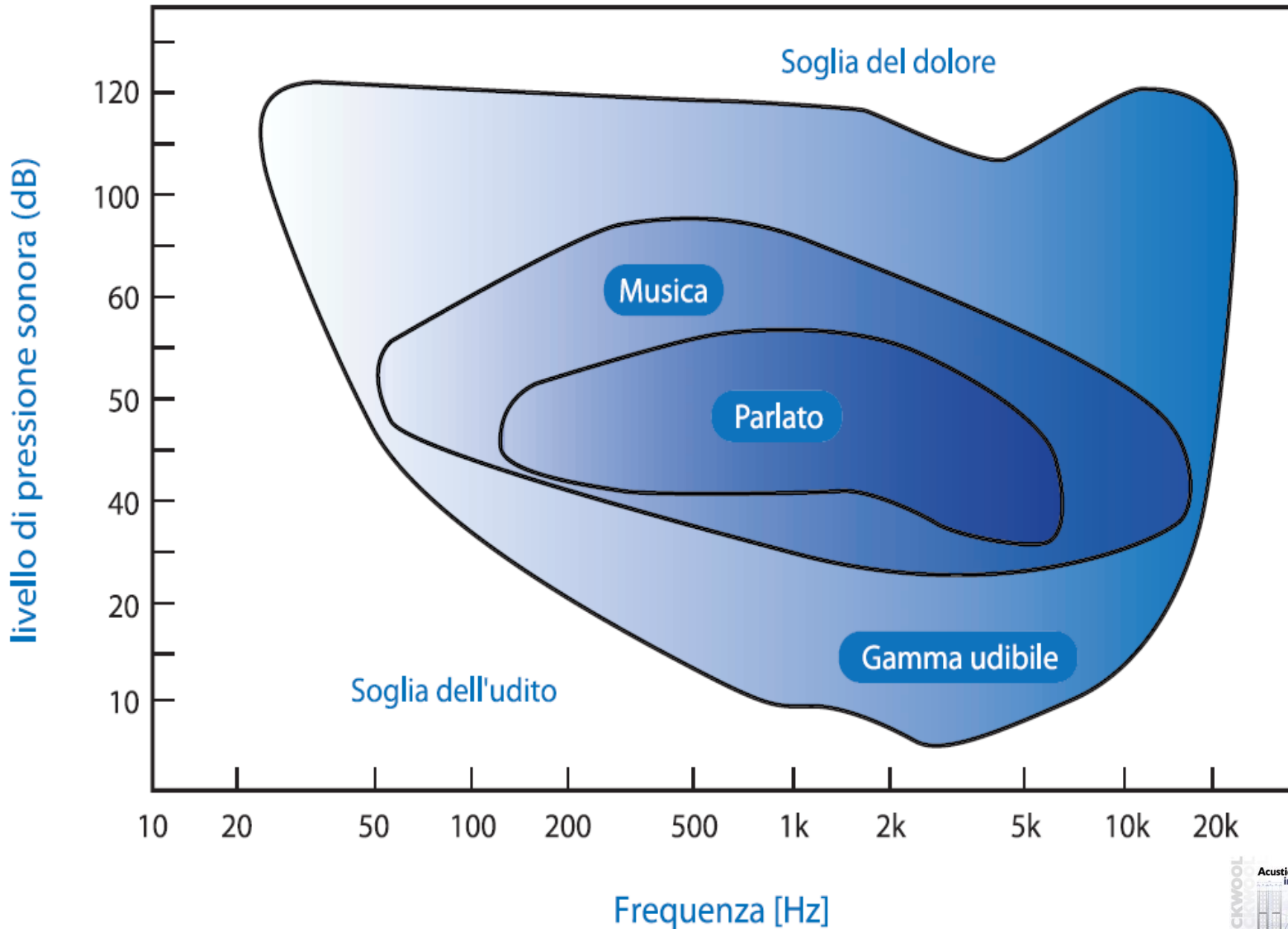
$$\frac{\Delta f}{f_c} = k$$

$$k_{\text{ottava}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

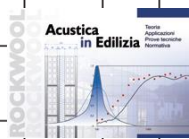
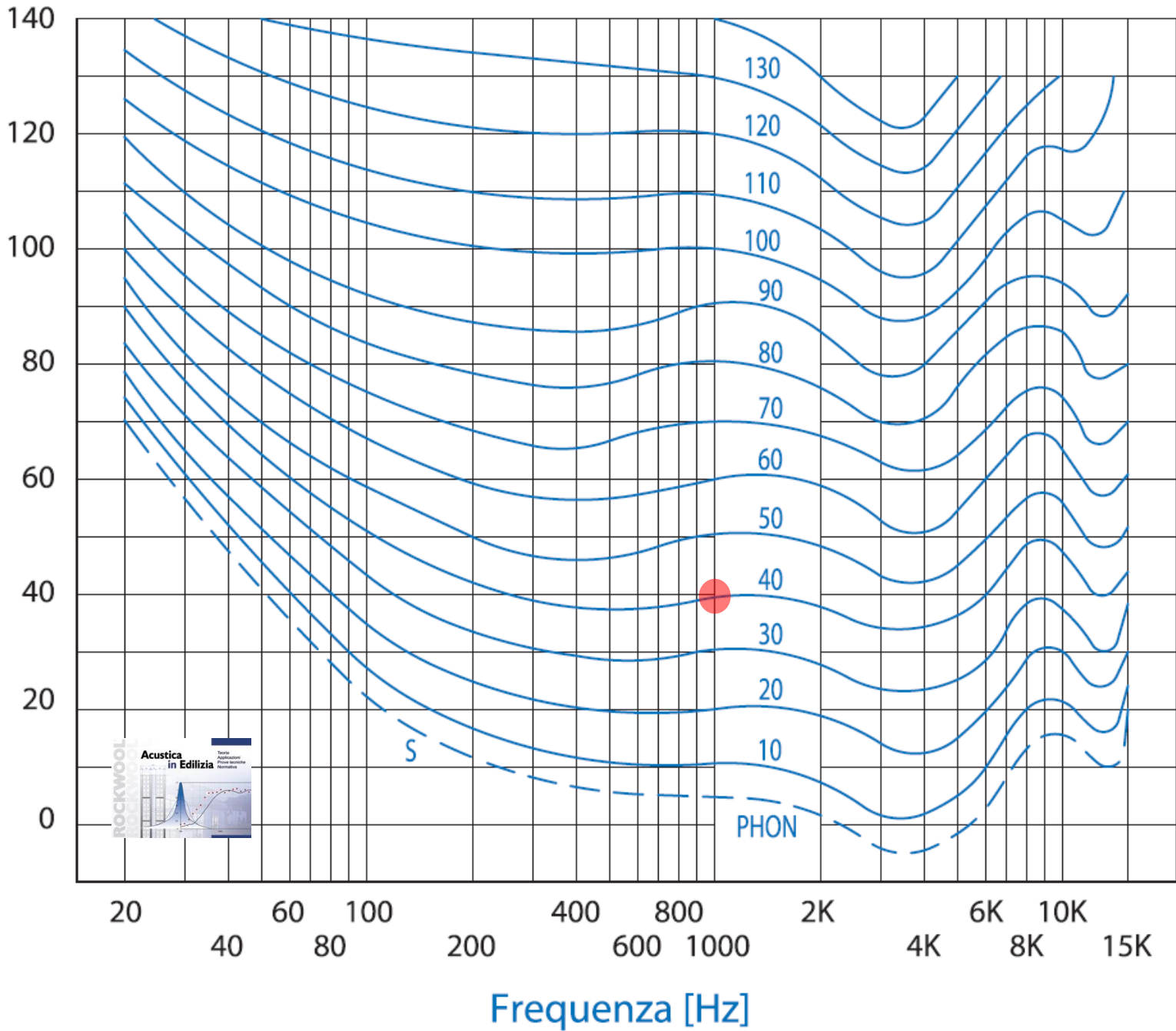
$$k_{\text{terzi di ottava}} = \frac{1}{3\sqrt{2}}$$

Banda	Ottava			Terzi di ottava		
	Frequenza inferiore	Frequenza centrale	Frequenza superiore	Frequenza inferiore	Frequenza centrale	Frequenza superiore
12		16	22	14,1	16	17,8
13				17,8	20	22,4
14				22,4	25	28,2
15	22	31,5	44	28,2	31,5	35,5
16				35,5	40	44,7
17				44,7	50	56,2
18	44	63	88	56,2	63	70,8
19				70,8	80	89,1
20				89,1	100	112
21	88	125	177	112	125	141
22				141	160	178
23				178	200	224
24	177	250	355	224	250	282
25				282	315	355
26				355	400	447
27	355	500	710	447	500	562
28				562	630	708
29				708	800	891
30	710	1000	1420	891	1000	1122
31				1122	1250	1413
32				1413	1600	1778
33	1420	2000	2840	1778	2000	2239
34				2239	2500	2818
35				2818	3150	3548
36	2840	4000	5680	3548	4000	4467
37				4467	5000	5623
38				5623	6300	7079
39	5680	8000	11 360	7079	8000	8913
40				8913	10 000	11 220
41				11 220	12 500	14 130
42	11 360	16 000	22 720	14 130	16 000	17 780
43				17 780	20 000	22 390

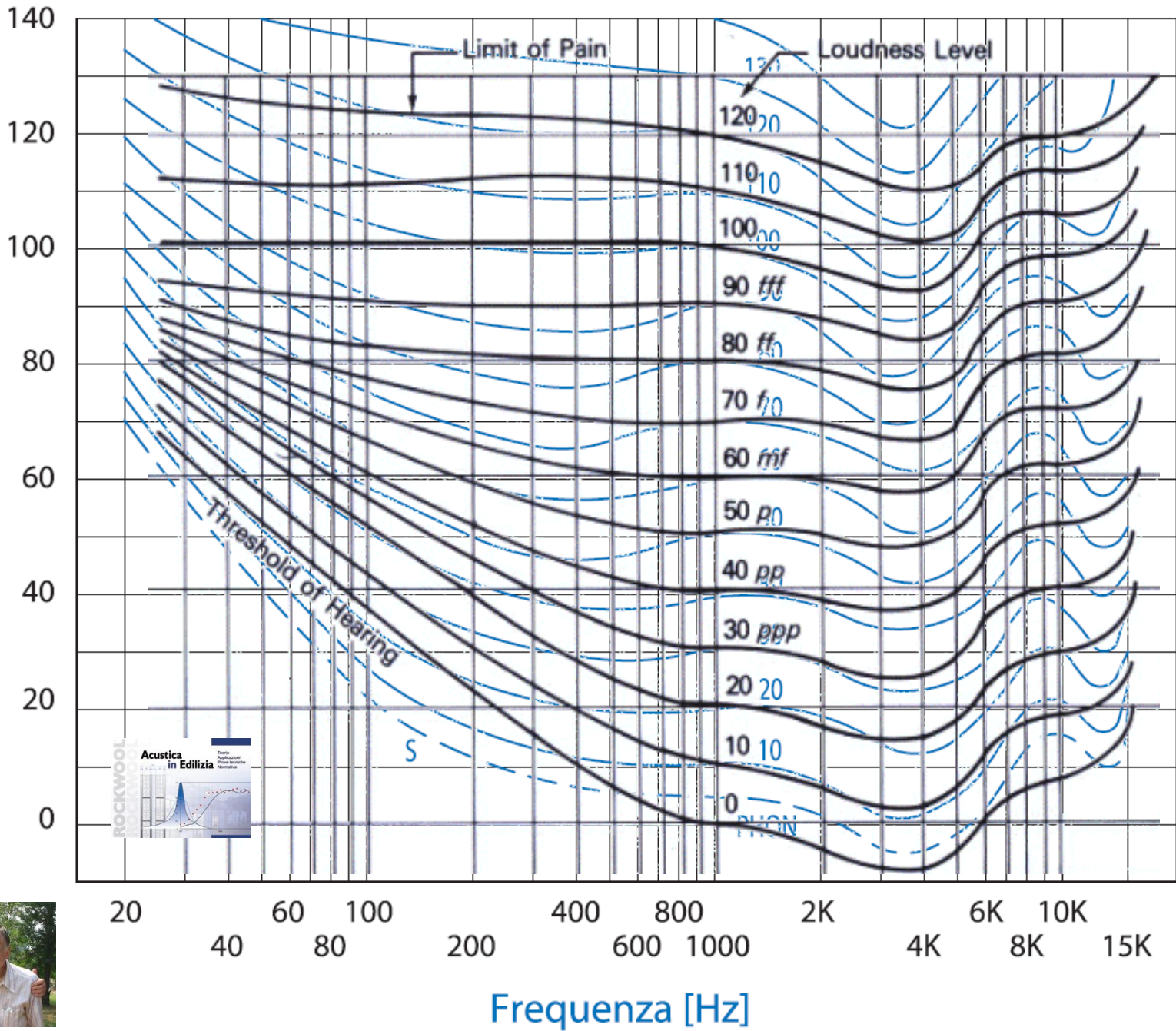




livello di pressione sonora (dB rif. 20 μ Pa)



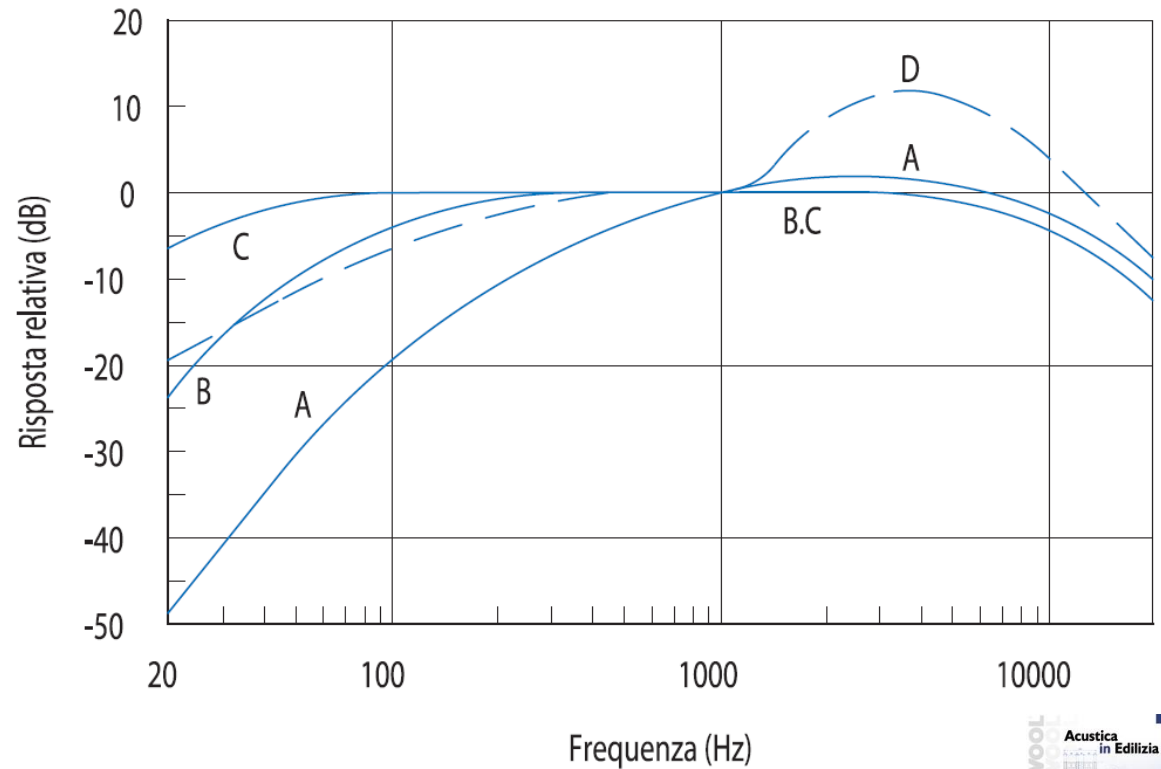
livello di pressione sonora (dB rif. 20 μ Pa)

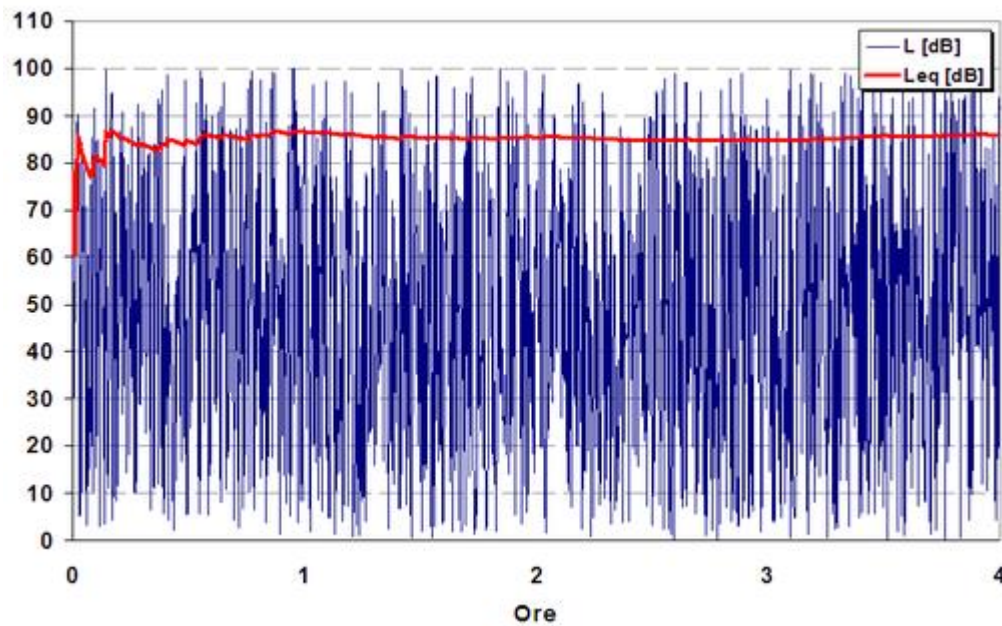


frequenza	curva A (dB)	curva B (dB)	curva C (dB)	curva D (dB)
10	-70,4	-38,2	-14,3	-26,5
12,5	-63,4	-33,2	-11,2	-24,5
16	-56,7	-28,5	-8,5	-22,5
20	-50,5	-24,2	-6,2	-20,5
25	-44,7	-20,4	-4,4	-18,5
31,5	-39,4	-17,1	-3	-16,5
40	-34,6	-14,2	-2	-14,5
50	-30,2	-11,6	-1,3	-12,5
63	-26,2	-9,3	-0,8	-11
80	-22,5	-7,4	-0,5	-9
100	-19,1	-5,6	-0,3	-7,5
125	-16,1	-4,2	-0,2	-6
160	-13,4	-3	-0,1	-4,5
200	-10,9	-2	0	-3
250	-8,6	-1,3	0	-2
315	-6,6	-0,8	0	-1
400	-4,8	-0,5	0	-0,5
500	-3,2	-0,3	0	0
630	-1,9	-0,1	0	0
800	-0,8	0	0	0
1000	0	0	0	0
1250	0,6	0	0	2
1600	1	0	-0,1	5,5
2000	1,2	-0,1	-0,2	8
2500	1,3	-0,2	-0,3	10
3150	1,2	-0,4	-0,5	11
4000	1	-0,7	-0,8	11
5000	0,5	-1,2	-1,3	10
6300	-0,1	-1,9	-2	8,5
8000	-1,1	-2,9	-3	6
10000	-2,5	-4,3	-4,4	3
12500	-4,3	-6,1	-6,2	0
16000	-6,6	-8,4	-8,5	-4
20000	-9,3	-11,1	-11,2	-7,5

Curve di ponderazione

A	isofonica 40 dB	<60 dB
B	isofonica 70 dB	[60,80] dB
C	isofonica 100 dB	>80 dB
D	(aerei)	>100 dB





LIVELLO EQUIVALENTE:

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_{RMS}^2}{p_0^2} dt \right) = 10 \log \left(\frac{\sum_i t_i \cdot 10^{\frac{L_{eq_i}}{10}}}{t_{tot}} \right)$$

<i>Livello del suono (dB)</i>	<i>Pressione sonora (μPa)</i>	<i>Esempi</i>	<i>Fascia</i>
140	200.000.000	motore jet	fascia dannosa
130	63.245.555	martello pneumatico	
120	20.000.000	veicolo ad elica	
soglia del dolore			
110	6.324.555	discoteca	fascia critica
100	2.000.000	macchinari industriali	
90	632.455	veicolo pesante	
80	200.000	traffico intenso	fascia di sicurezza
70	63.245	aspirapolvere	
60	20.000	uffici	
50	6.324	musica a basso volume	
40	2.000	biblioteca	
30	632	passi sulle foglie	
20	200	abitazione di notte	
10	63	"tic-tac" di un orologio	
0	20	soglia dell'udibile	



