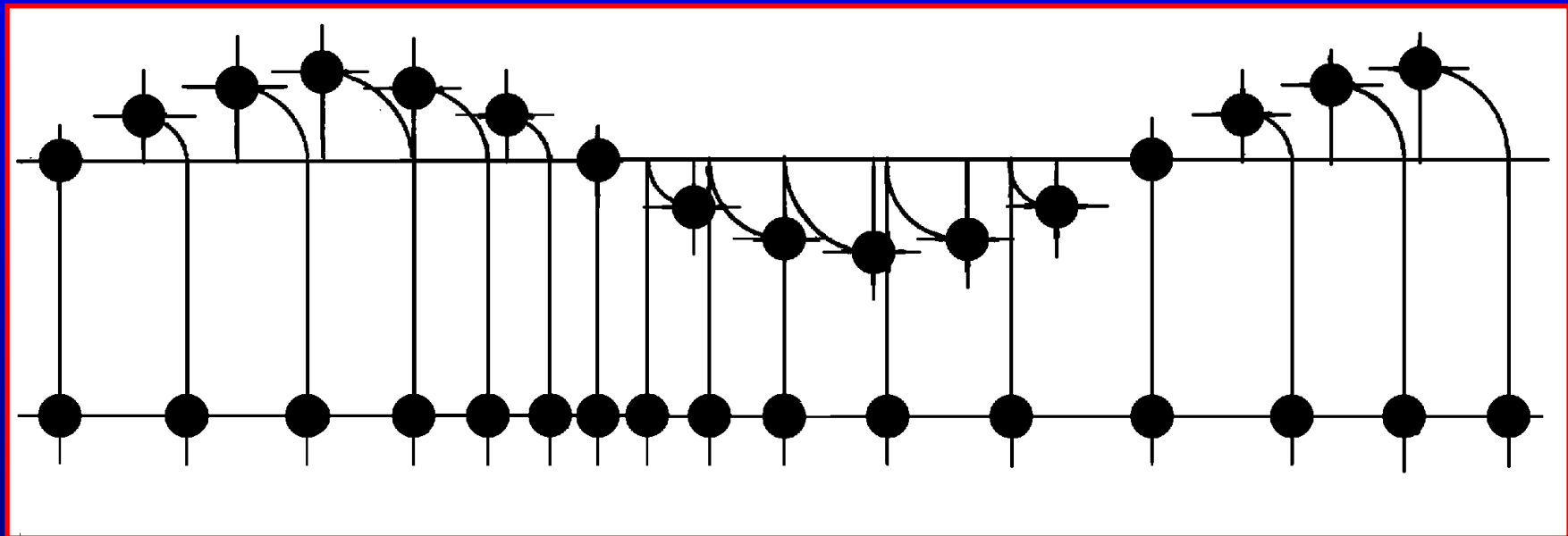


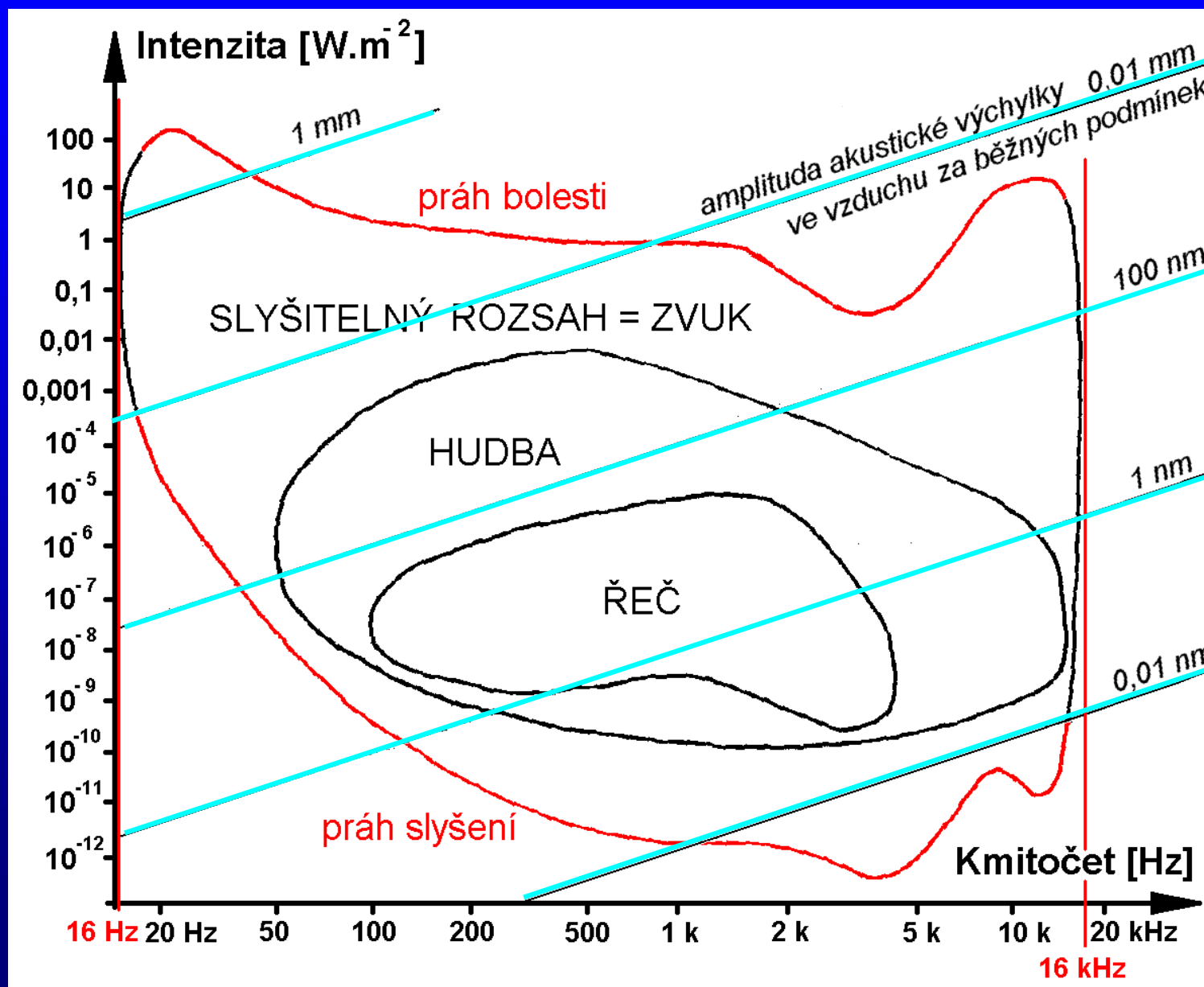
# AKUSTIKA

Zvuk je mechanické vlnění pružného prostředí, které vnímáme sluchem.

# Příčné a podélné vlnění



# Rozsah slyšitelných kmitočtů a intenzit zvuku



**Zvuk** je přirozeným průvodním jevem přírodních dějů i životní aktivity člověka. Sluchem přijímá člověk významný podíl informací o světě. Zvuk je důležitým poplašným signálem, varuje před nebezpečím a je také základem řeči, která odlišila člověka od zvířat. Zvuk a sluch hrají významnou roli v adaptaci člověka na prostředí. Sluchem a hlasem navazujeme kontakt s druhými lidmi, sdělujeme své poznatky, zkušenosti i své myšlenky a plány pro budoucnost.

Nadbytek zvuků, který je způsobován zdroji, jejichž činnost často jedinec nemá možnost ovlivnit, může působit způsobem, který **neodpovídá lidským schopnostem a možnosti přizpůsobení**. Zvuk ruší člověka při práci a odpočinku, ztěžuje komunikaci řečí, ruší vnímání důležitých zvukových signálů.

Jen při vyšších intenzitách a nebo při dlouhodobém působení může být zvuk příčinou **trvalého poškození sluchu**. Příliš časté nebo příliš silné a v nevhodnou dobu se vyskytující zvuky, které jsou nežádoucí, rušivé, obtěžující nebo lidskému zdraví škodlivé, se označují jako **hluk**.

## Vnímání zvuku je složitý fyziologický a psychologický proces

- 1) Vnímání intenzity (decibel)
- 2) Vnímání kmitočtu (váhová korekce)
- 3) Působení v čase (ekvivalentní hladina)
- 4) Informační obsah zvuku (limitní hodnoty)
- 5) Interindividuální rozdíly ve vnímání a prožívání zvuku

# 1) Vnímání intenzity: Weber – Fechnerův zákon

Ernst  
Heinrich  
Weber

1795 - 1878



Weber



Fechner

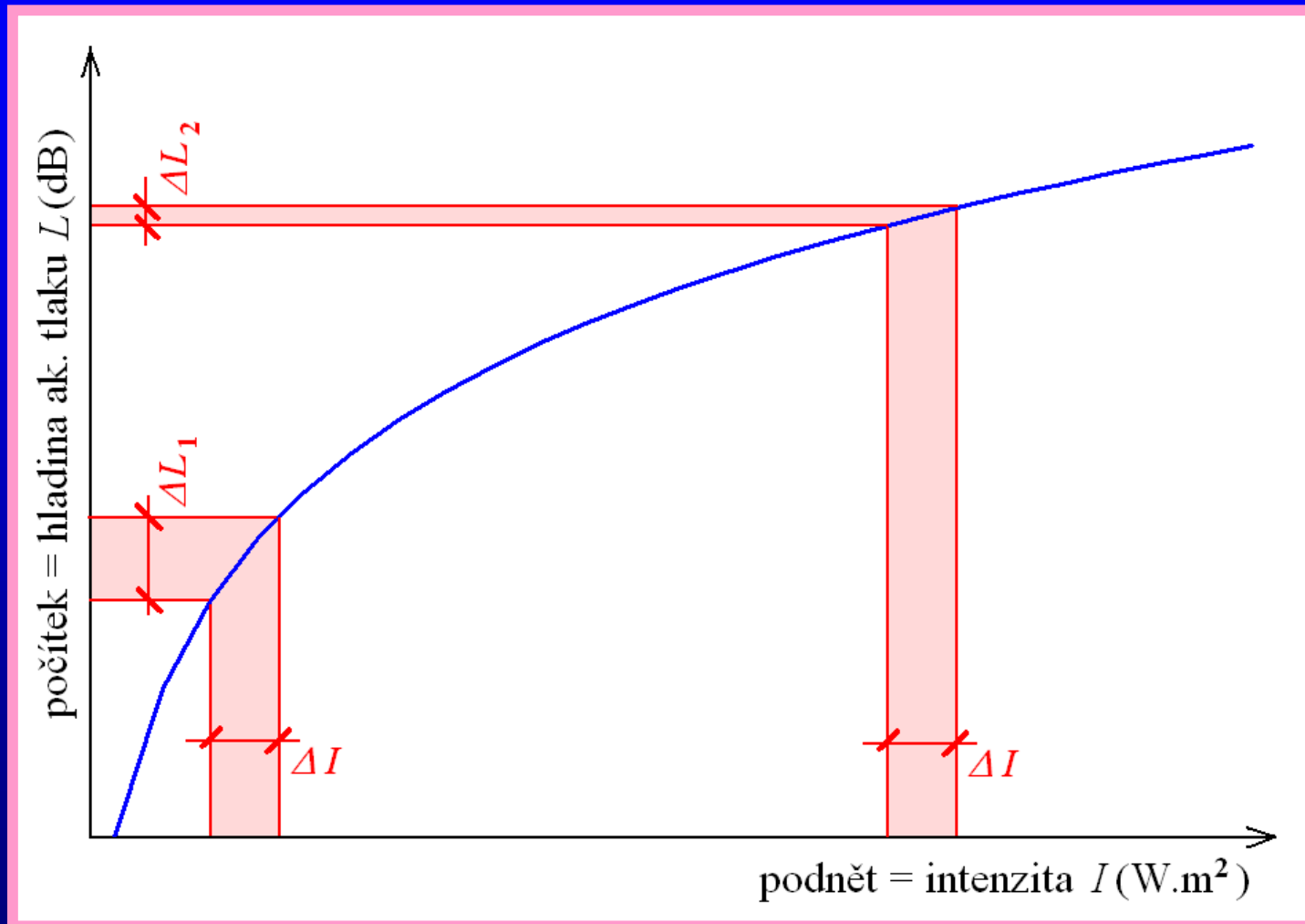
Gustav  
Theodor  
Fechner

1801 - 1887

*Intenzita počitku je úměrná logaritmu podnětu.*

Narůstá-li intenzita řadou geometrickou, narůstá vjem řadou aritmetickou = s rostoucí intenzitou se snižuje citlivost sluchu.

# 1) Vnímání intenzity: Weber – Fechnerův zákon





# Hladiny (decibelové stupnice)

- Hladina akustické intenzity

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad I \text{ (W/m}^2\text{)} \quad I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

- Hladina akustického tlaku

$$L = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} \quad p \text{ (Pa)} \quad p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$$

## Příklady hladin akustického tlaku

akustický tlak $p$ (Pa)	akustická intenzita $I$ (W/m <sup>2</sup> )	hladina ak. tlaku $L$ (dB)	příklad
cca 60	10	cca 130	práh bolesti
2	0,01	100	disco
0,2	0,0001	80	ulice
0,02	0,000001	60	kancelář
0,002	0,00000001	40	obýv.pokoj
0,0002	$10^{-8}$	20	ložnice
0,00002	$10^{-12}$	0	práh slyšení

# Energetický součet hladin

$$L = 10 \log \left( \frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} \right) = 10 \log \left( 10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right)$$

Mají se sečíst hladiny akustického tlaku dvou současně působících zdrojů  $L_1 = 72,0$  dB a  $L_2 = 77,0$  dB.

$$L = 10 \log (10^{7,2} + 10^{7,7}) = \underline{\underline{78,2 \text{ dB}}}$$

Má se stanovit hladina akustického tlaku  $L_2$  zvuku, jehož akustická intenzita je  $n$ -krát vyšší než akustická intenzita hladiny  $L_1$ .

$$L_2 = 10 \log \frac{n \cdot I_1}{I_0} = 10 \log \frac{I_1}{I_0} + 10 \log n = \underline{\underline{L_1 + 10 \log n}}$$

# Maskování

Zdrojem zvuku v tiché místnosti jsou tikající hodiny s hladinou akustického tlaku  $L_1 = 28,0$  dB. Vysavač prachu v téže místnosti způsobí hladinu akustického tlaku  $L_2 = 55,0$  dB. Úkolem je stanovit hladinu akustického tlaku při současném provozu obou zdrojů.

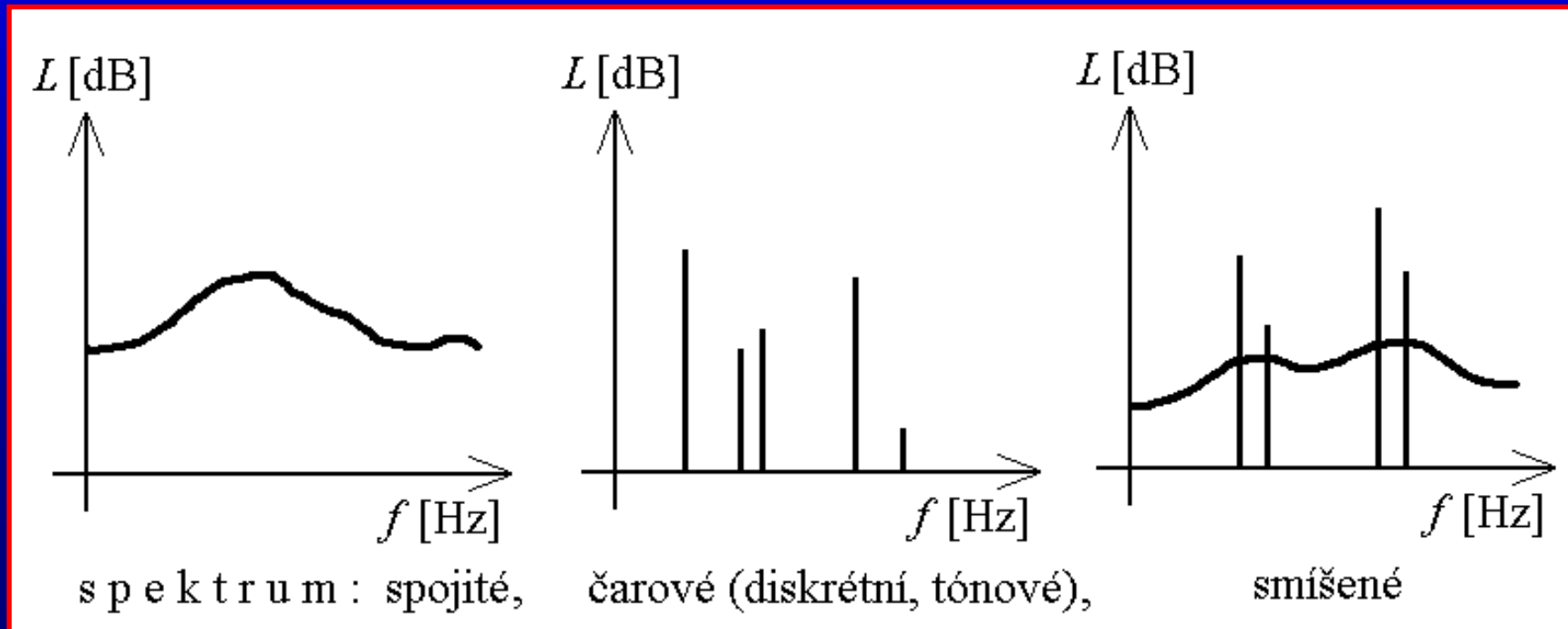
$$L = 10 \log(10^{2,8} + 10^{5,5}) = 55,0086 \text{ dB} \cong \underline{\underline{55,0 \text{ dB}}}$$

**DECIBELY NA JEDNO  
DESETINNÉ MÍSTO !!!**

## 2) Vnímání kmitočtu

**Kmitočet** zvuku je počet periodických změn akustického tlaku za sekundu. Subjektivně je vnímán jako výška tónu.

**Akustickým spektrem** se rozumí soustava hodnot sledované akustické veličiny (např. hladiny akustického tlaku) uváděná v závislosti na kmitočtu. Často se uvádí formou grafu nebo tabulky



# Oktávová Pásma

$f$ (Hz)	16	31,5	63	125	250
$K_A$	-56,7	-39,4	-26,2	-16,1	-8,6
500	1000	2000	4000	8000	16000
-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1	-6,6

# Hladina akustického tlaku A

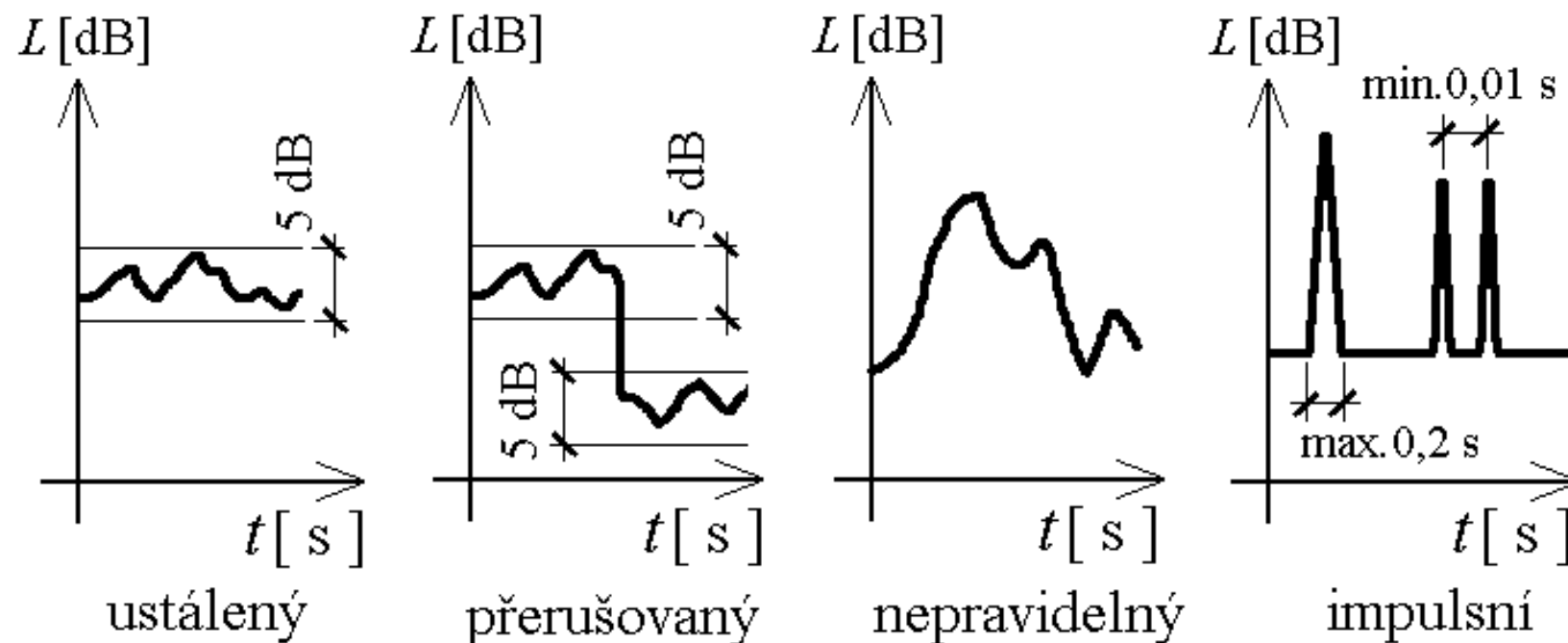
$$L_A = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + K_{Ai})}$$

## PŘÍKLAD

$f$ (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
$L$ (dB)	61,4	63,7	66,1	69,8	72,5	78,2
$K_A$ (dB)	-16,1	- 8,6	-3,2	0	+1,2	+1
$L + K_A$	45,3	55,1	62,9	69,8	73,7	79,2

$$L_A = 10 \log \left( 10^{4,53} + 10^{5,51} + 10^{6,29} + 10^{6,98} + 10^{7,37} + 10^{7,92} \right) = 80,7 \text{ dB}$$

### 3) Působení zvuku v čase





# Ekvivalentní hladina

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[ \frac{1}{\sum_{i=1}^n t_i} \sum_{i=1}^n \left( t_i \cdot 10^{0,1 L_{Ai}} \right) \right]$$

# Ekvivalentní hladina

Na pracovišti je tři hodiny hladina  $L_{A1} = 82$  dB a pět hodin hladina  $L_{A2} = 65$  dB. Má se stanovit ekvivalentní hladina akustického tlaku A za celou osmihodinovou pracovní směnu.

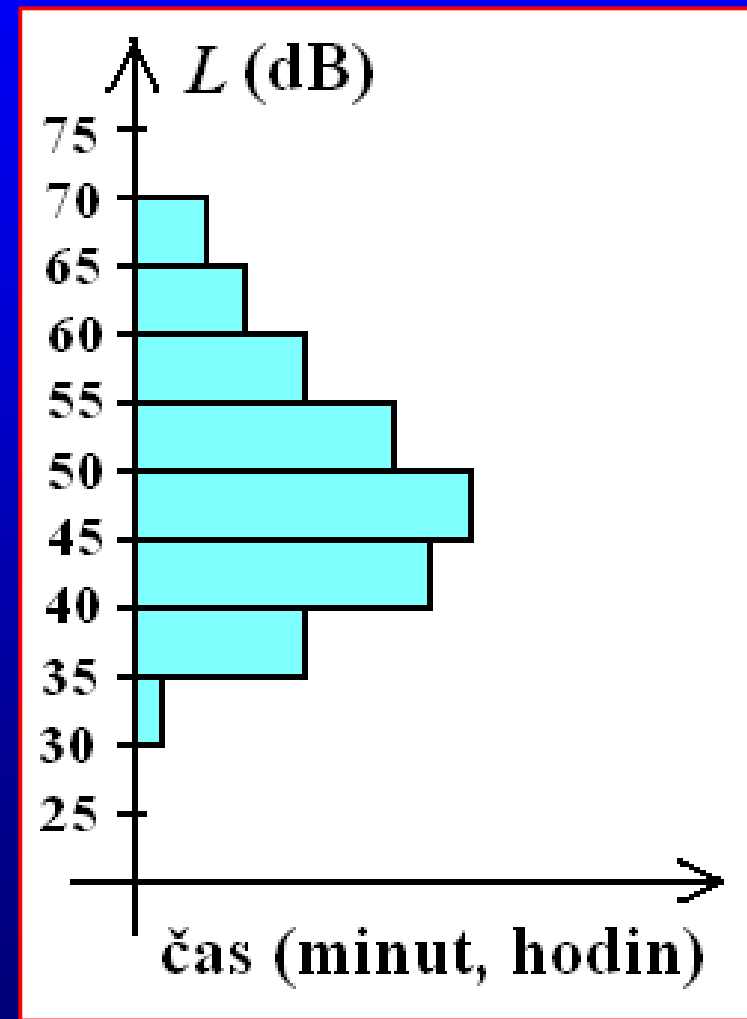
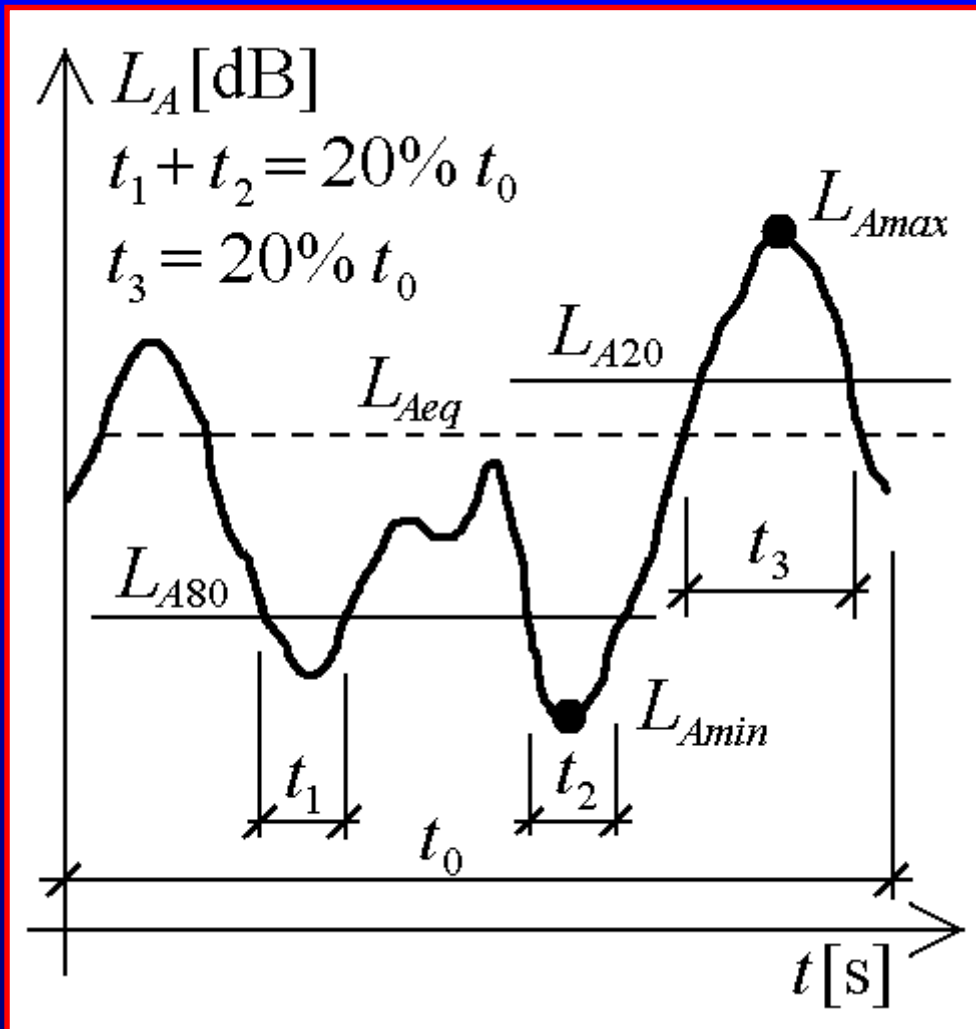
$$L_{Aeq} = 10 \log \left[ \frac{1}{8} (3 \cdot 10^{8,2} + 5 \cdot 10^{6,5}) \right] = \underline{\underline{77,9 \text{ dB}}}$$

Úkolem je stanovit energetický průměr z pěti hodnot hladiny akustického tlaku A získaných měření.

č.měření	1	2	3	4	5
$L_A$ (dB)	56,4	58,2	60,1	77,2	46,4

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[ \frac{1}{5} (10^{5,64} + 10^{5,82} + 10^{6,01} + 10^{7,72} + 10^{4,64}) \right] = \underline{\underline{70,4 \text{ dB}}}$$

# Procentní hladiny Histogramy četnosti hladin



## 4) Informační obsah zvuku a okolnosti jeho působení

Míra rušivosti zvuku je ovlivňována postojem lidí k danému zvuku a jeho zdroji

Více jsou tolerovány zvuky:

- přicházející zvenčí
- které jsou považovány za neutišitelné
- kde lze obtížně určit provozovatele zdroje
- předem ohlášené zvuky
- v denní době oproti době noční
- v zimě oproti létu
- ve větších bytech

#### 4) Informační obsah zvuku a okolnosti jeho působení

Obtěžování hlukem je tím větší, čím více hluk upoutává naši neúmyslnou pozornost tj. čím je nejen silnější, ale i odlišnější, méně známý a méně očekávaný, čím více se u něj prosazuje nutnost identifikovat a klasifikovat ho v rámci dosavadních zkušeností. Informační hodnota zvuku může být v konkrétních případech i významnější než jeho intenzita, což lze demonstrovat na známé zkušenosti, kdy zvuková kulisa indiferentního zdroje zvuku pomáhá při učení v situacích, kdy se v okolí hovoří.

Okolnosti působení zvuku se při hodnocení uplatňují tím způsobem, že jsou stanoveny **odlišné limity hluku pro různá prostředí**, různou dobu a různé zdroje. Jsou rozdílné limity pro pracovní prostředí, pro hluk ve venkovním prostoru a uvnitř budov, kde se jiným způsobem hodnotí hluk ze zdrojů umístěných vně a uvnitř budovy. Dalšího členění limitů je dosaženo pomocí korekcí základní limitní hladiny. Tyto korekce jsou stanoveny v závislosti na druhu vykonávané práce, charakteru území, způsobu využití místností v budově, denní době a pod.

# Důležité limity

85 dB

65 dB

35 dB

# Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

## Důležité pojmy

*chráněný venkovní prostor* = nezastavěné pozemky užívané k rekreaci, sportu, léčení a výuce s výjimkou pozemků pro zemědělské účely, lesů a venkovních pracovišť

*chráněný venkovní prostor staveb* = prostor do vzdálenosti 2 metry od stavby pro bydlení nebo stavby občanského vybavení a prostor, který je užíván k rekreaci, sportu, léčení, zájmové a jiné činnosti, s výjimkou komunikací a prostor vymezených jako venkovní pracoviště.

*chráněný vnitřní prostor* = obytné a pobytové místnosti s výjimkou místností staveb pro individuální rekreaci a staveb pro výrobu a skladování

# Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

## Důležité pojmy

*denní doba* = doba od 6. hodiny ranní do 22. hodiny večer.

denní doba trvá celkem 16 hodin

(stacionární zdroje zvuku se hodnotí za 8 nejvíce hlučných za sebou jdoucích hodin)

*noční doba* = doba od 22. hodiny večerní do 6. hodiny ráno.

noční doba trvá celkem 8 hodin

(stacionární zdroje zvuku se hodnotí za nejvíce hlučnou jednu hodinu)



# Přehled limitů

Druh prostředí nebo zdroje	Základní hodnota	Hodnocená veličina	Rozsah korekcí	Důvod korekcí
Pracovní prostředí	85 dB	LAeq (8 hodin)	0 až -35	Druh práce druh zdroje
Uvnitř budov Venkovní zdroje	40 dB	LAeq za 8 h /1h za den / noc	-15 až +20	Způsob využití místnosti denní doba
Uvnitř budov Vnitřní zdroje	40 dB	LAm <sub>ax</sub>	-15 až +20	(v noci -10 dB) (železnice - 5 dB)
Venkovní prostor	50 dB	LAeq za 8 h /1h za den / noc	-5 až +20	Způsob využití území denní doba
Venkovní prostor Letecký provoz	60 dB 50 dB	LAeq za den / noc	denní doba noční doba	(v noci -10 dB) (železnice - 5 dB)

# Nejvyšší přípustné hodnoty pro obytné budovy

Stacionární zdroje  $L_{Aeq}$   
den 8 hodin / noc 1 hodina  
**40 / 30 dB**

Doprava  $L_{Aeq}$   
den 16 hodin / noc 8 hodin  
**40 / 30 dB**

Zdroj uvnitř  $L_{Amax}$   
**40 / 30 dB**

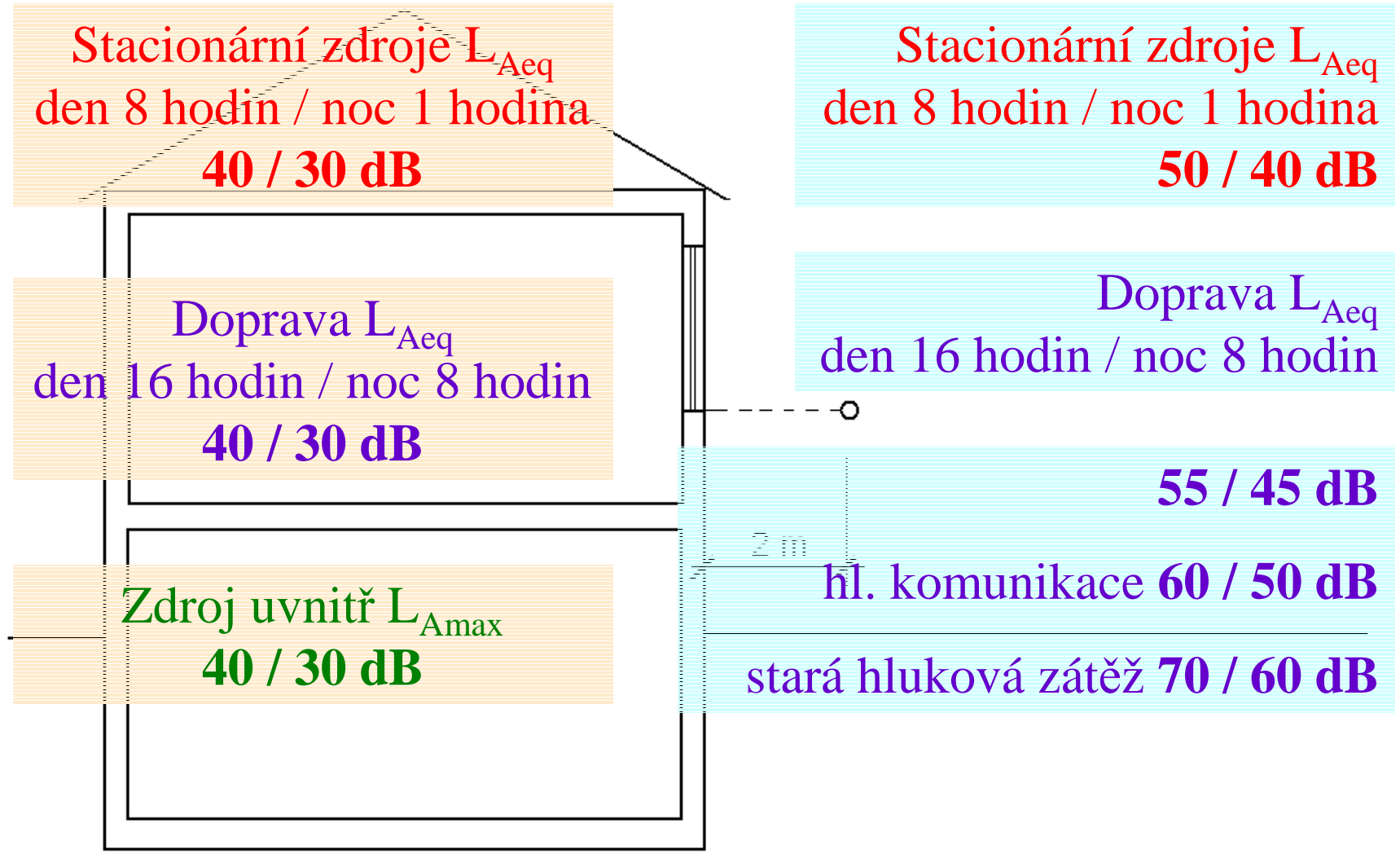
Stacionární zdroje  $L_{Aeq}$   
den 8 hodin / noc 1 hodina  
**50 / 40 dB**

Doprava  $L_{Aeq}$   
den 16 hodin / noc 8 hodin  
**55 / 45 dB**

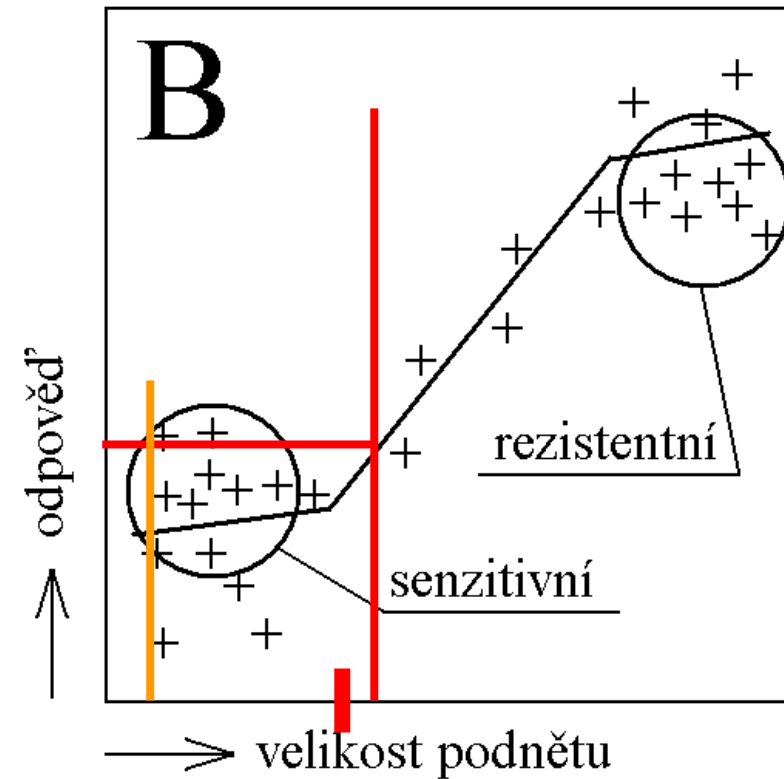
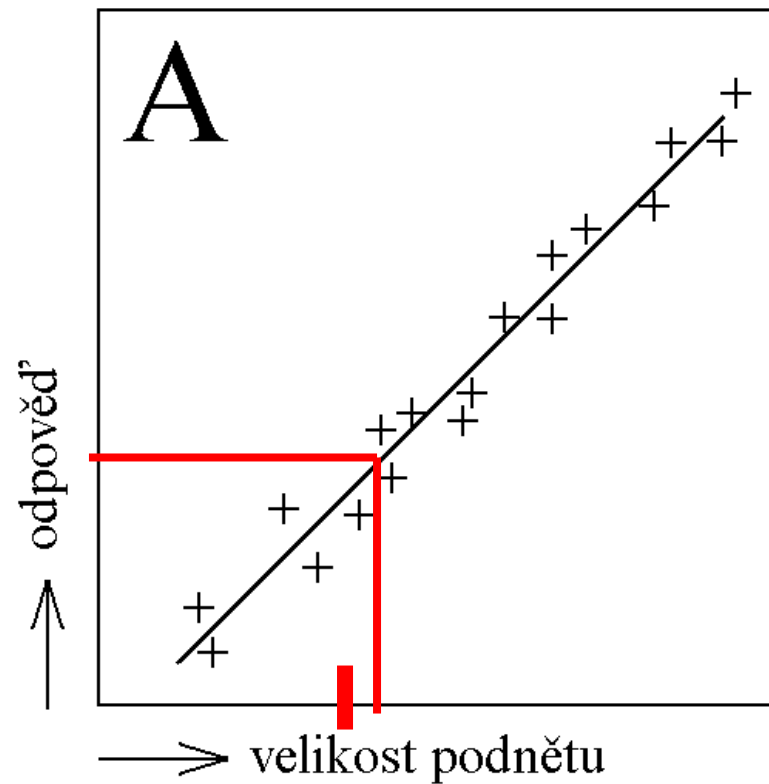
hl. komunikace **60 / 50 dB**

stará hluková zátěž **70 / 60 dB**

2 m



# Osoba příjemce zvuku – význam limitů



# Závěr

**Zvuk** jako mechanické vlnění pružného prostředí (vzduchu) se vyskytuje všude a **je užitečný** (lidská řeč, hudba). Nelze ho apriorně odmítat.

**Nemůže člověka fyzikálně poškodit** – poškození sluchu (akustické trauma) při hladinách nad prahem bolesti ( $> 130$  dB – výbuch, třesk) nebo ztráta citlivosti sluchu při dlouhodobém působení (v pracovním prostředí  $> 85$  dB)

Působí zprostředkovaně přes psychiku (stres, zvýšení krevního tlaku, nemoci nervového, cévního, trávicího ústrojí). Významnou roli hraje **informační hodnota zvuku**.

# Závěr

## Bojovat proti hluku se má potichu

**Protihluková propaganda** = příliš časté a příliš okázalé zdůrazňování skutečných či domnělých škodlivých účinků zvuku (zejména v hromadných sdělovacích prostředcích) vyvolává u lidí **obavy před hlukem** a tím zesiluje právě ty stresující účinky zvuku, které jsou škodlivé