

HLUK



Hluk je zápach pro uši.

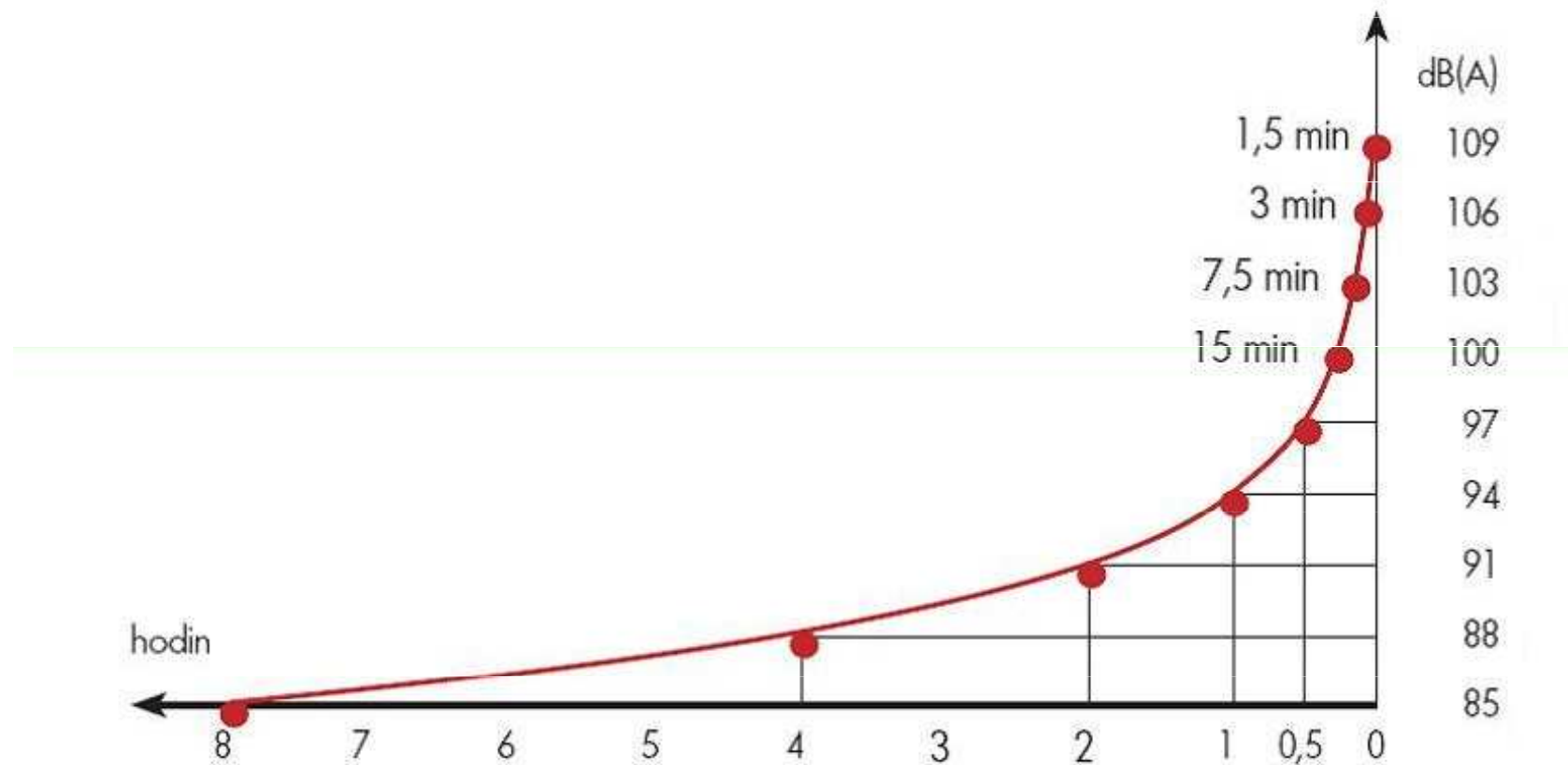
Ambrose Bierce

HLUK

= jakýkoliv nepříjemný, rušivý nebo škodlivý zvuk

- jde o mechanické vlnění
- pro člověka slyšitelná frekvence 20 Hz – 20kHz
 - lidská řeč – 4 000 Hz
- subjektivně: hlasitost, výška, barva zvuku
- hluk – impulzivní a neimpulzivní (ustálený, proměnný, přerušovaný)
- ekvivalentní hladina akustického tlaku L_{Aeq} (85 dB)
- měření
 - hluk - hlukoměry (dB)
 - na pracovním místě, v pracovním prostoru, hluková zátěž jednotlivce

Závislost doby práce a hladiny hluku (bez ochrany sluchu)

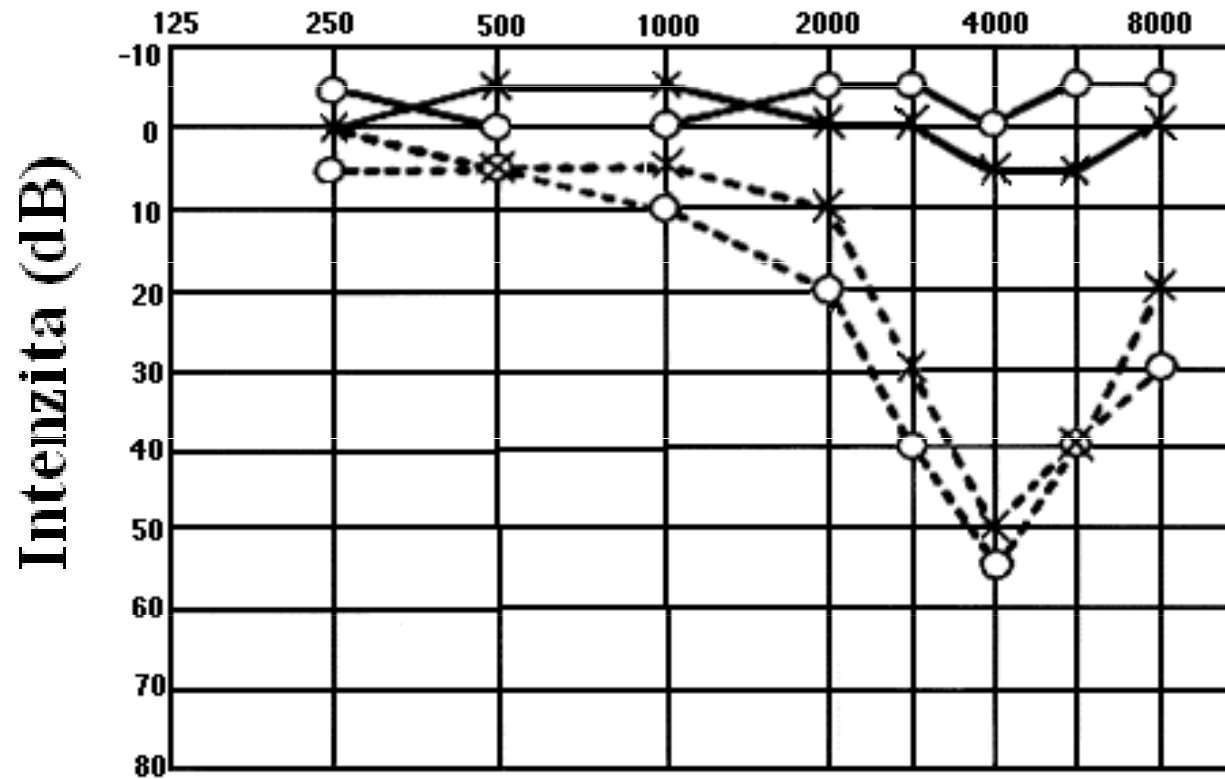


Hluk – zdravotní účinky

- **systemové účinky**
 - individuální – rozdíl ve vnímání hluku
 - vliv na CNS – vegetativní, hormonální, biochemické reakce, poruchy spánku
 - vliv na motoriku – změny zrakového pole, poruchy koordinace pohybu
 - funkční poruchy emocionální rovnováhy
 - vliv na TF a TK → zvýšení TK a TF - riziko KVCh
- **sluchové účinky**
 - opakované působení hluku → dočasný posun sluchového prahu → trvalý posun sluchového prahu (*profesionální nedoslýchavost* = „*porucha sluchu způsobená hlukem*“);
 - jednorázové krátkodobé působení → *akutní akustické trauma*
 - prasknutí bubínku při 150 dB
- dg: audiometrie
 - stanovení ztrát sluchu dle Fowlera v % - nemoc z povolání při ztrátě 40% u osob do 30 let, 50% u 50-letých

Ztráta sluchu způsobená hlukem

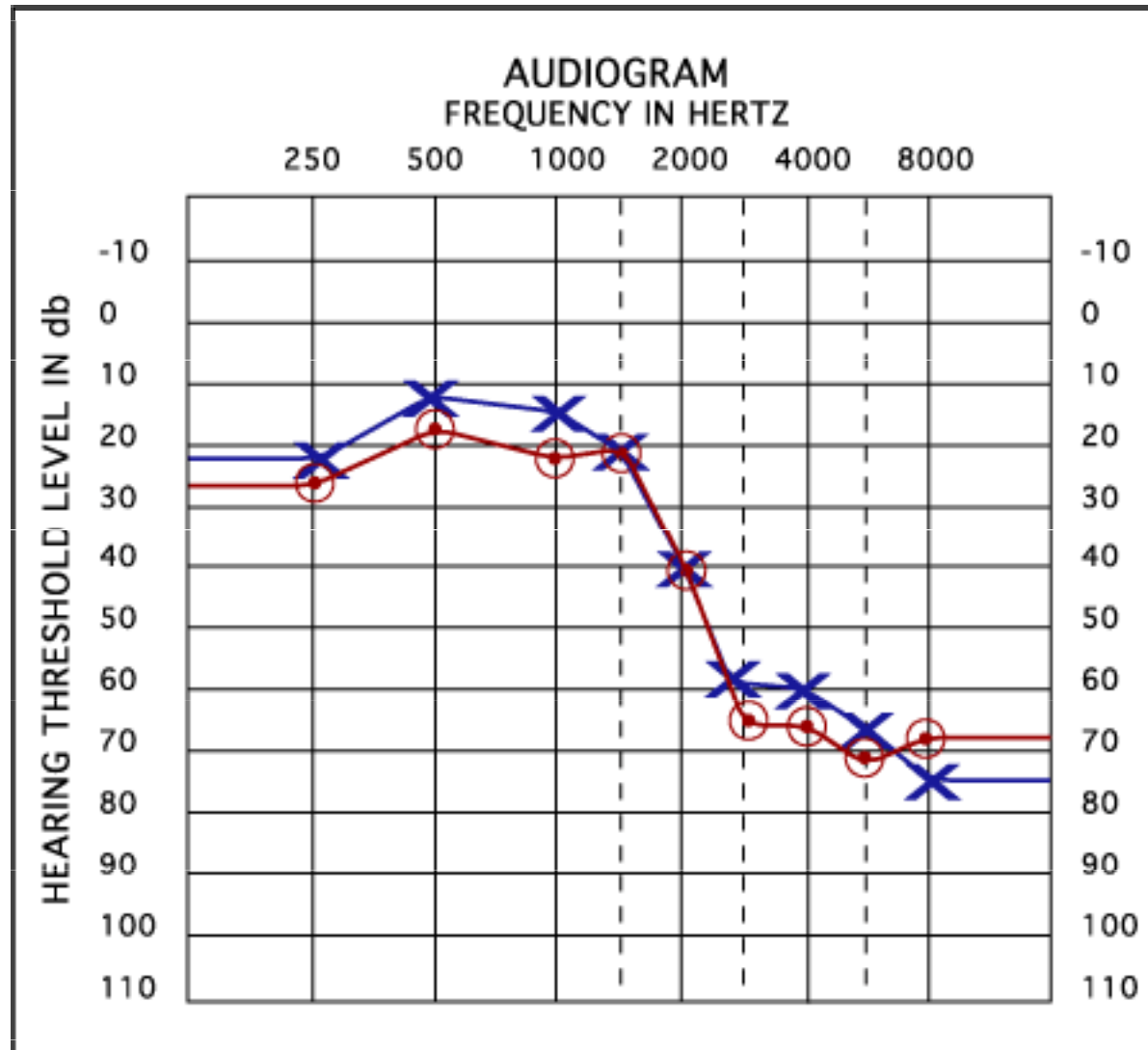
Frekvence (Hz)



— Normální sluch
- - - Ztráta sluchu způsobená hlukem

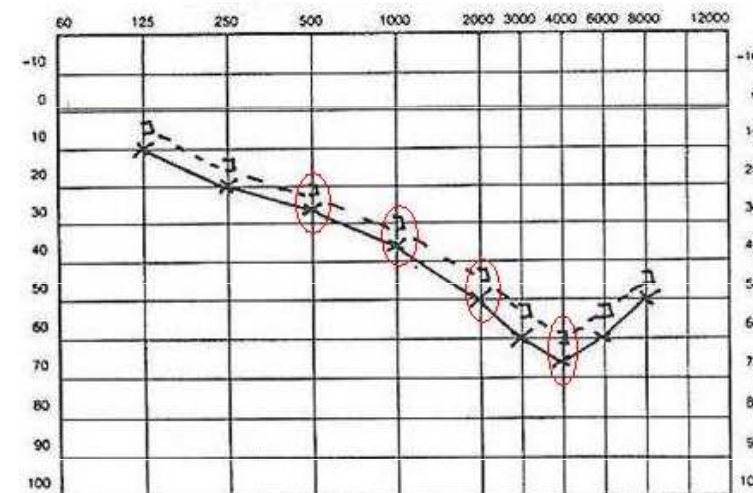
× Levé ucho
○ Pravé ucho

Ztráta sluchu způsobená věkem



XIX.3 Tabulka pro výpočet stupně binaurální sluchové ztráty podle Fowlera

SLUCHOVÁ ZTRÁTA V % DLE FOWLERA				
ztráta sluchu (dB)	Odpovídající frekvence (Hz)			
	500	1000	2000	4000
10	0,2	0,3	0,4	0,1
15	0,5	0,9	1,3	0,3
20	<u>1,1</u>	2,1	2,9	0,9
25	<u>1,8</u>	3,6	4,9	1,7
30	2,6	<u>5,4</u>	7,2	2,7
35	3,7	<u>7,7</u>	9,8	3,8
40	4,9	10,2	<u>12,9</u>	5,0
45	6,3	13,0	17,3	6,4
50	7,9	15,7	<u>22,4</u>	8,0
55	9,6	19,0	25,7	9,7
60	11,3	21,5	28,0	<u>11,2</u>
65	12,8	23,5	30,2	<u>12,5</u>
70	13,8	25,5	32,2	13,5
75	14,6	27,2	34,0	14,2
80	14,8	28,8	35,8	14,6
85	14,9	29,8	37,5	14,8
90	15,0	29,9	39,2	14,9
95	15,0	30,0	40,0	15,0



Výpočet binaurální ztráty sluchu v procentech podle Fowlera:

Výpočet ztrát provádíme pomocí speciálních tabulek, kde je přiřazen každé sluchové ztrátě v dB určitý počet procent. Vyjádření procenty odpovídá komunikační důležitosti příslušné frekvence (např. ztráta 50 dB na komunikačně významné frekvenci 2000 Hz je 22,4 %, zatímco na frekvenci 4000 Hz jen 8,0 %).

Za základ bereme ztráty sluchu odečtené z prahového tónového audiogramu pro vzdušné vedení na frekvenci 500, 1000, 2000, 4000 Hz. Procentuální hodnoty na jednom uchu se sčítají. Výpočet celkové ztráty sluchu v procentech se provede tak, že hodnoty pro pravé a levé ucho se vzájemně odečtou, rozdíl se dělí čtyřmi. Tato hodnota se přičte ke ztrátě lépe slyšícího ucha.

Výpočet binaurální ztráty:

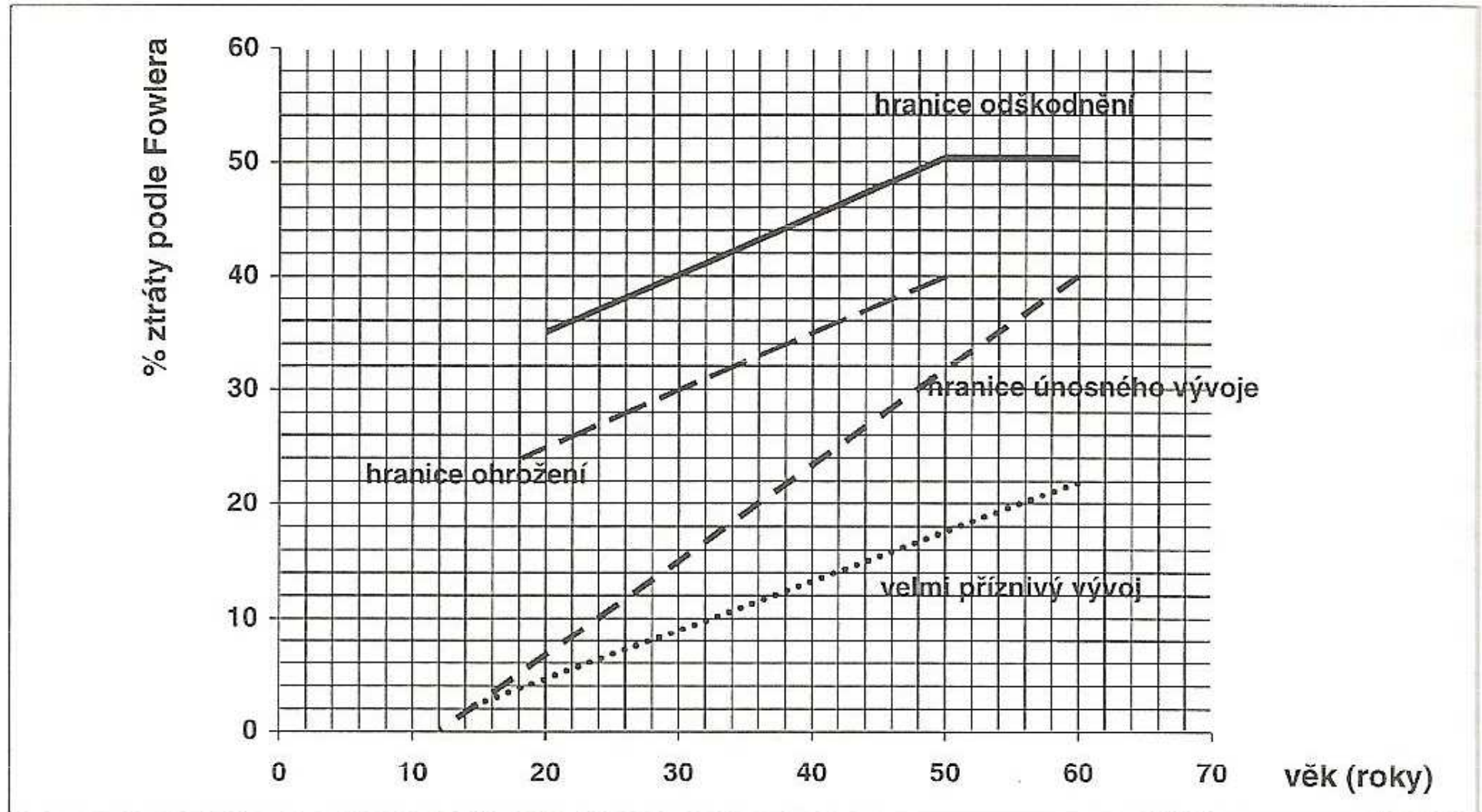
$$\frac{B-A}{4} + A$$

A - %ztráty lépe slyšícího ucha

B - %ztráty hůře slyšícího ucha

X	1,8 + 7,7 + 22,4 + 12,5 = 44,4 %
O	1,1 + 5,4 + 12,9 + 11,2 = 30,6 %
(44,4 - 30,6) : 4 = 3,5	
30,6 + 3,5 = 34,1 %	

Hluk – hodnocení poškození sluchu



Graf 1 Dynamické hodnocení poruch sluchu (podle Kasla, 1989)

Hluk - prevence

- technologická
 - snížení hlučnosti strojů, izolace hluku
- organizační
 - hlukové přestávky, střídání pracovníků, zkrácení expozice
- náhradní
 - OOPP – zátky do 95 dB, mušlové chrániče nad 95 dB, přílby nad 100dB
- zdravotní
 - pravidelné preventivní lékařské prohlídky

Hluk - kontraindikace

- degenerativní poruchy sluchu
- nedoslýchavost
- chronické záněty středouší
- otoskleróza
- perforace bubínku
- recidivující kochleovestibulární syndrom
- recidivující hydroks ductus cochlearis
- neurotizující ušní šelesty
- těžké neurózy

Decibel je jednotka

- nejznámější užitím pro měření hladiny intenzity zvuku, ale ve skutečnosti se jedná o obecné měřítko podílu dvou hodnot, které se používá v mnoha oborech.
- Jde se o bezrozměrnou míru, obdoba procenta, ovšem na rozdíl od něj je decibel logaritmická jednotka, jejíž definice souvisí s objevením Fechner-Weberova zákona, že totiž lidské tělo vnímá podněty logaritmicky jejich intenzitě (i velké změny velkých podnětů způsobují jen malé změny počítků).
- Toto vyjadřování se uplatnilo zejména v akustice: na pokusech s dobrovolníky se zjistilo, že průměrný jedinec slyší nejvýrazněji kmitočty kolem 1–3 kHz.
- Pro vytvoření etalonu se použil sinusový tón 1000 Hz. Ten se pouštěl velmi potichu v absolutně tichém, bezodrazovém prostředí jedincům s odpočatým sluchem. Zjistilo se, že průměrný jedinec jej začne vnímat, je-li v komoře hladina akustického tlaku $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa.

Mechanické vlnění

λ ... vlnová délka,

v ... rychlost postupného vlnění, ($v = 340$ m/s)

T ... perioda

f ... frekvence kmitání.

$$\lambda = vT = \frac{v}{f}$$

Vlnová délka je vzdálenost dvou nejbližších bodů, které kmitají se stejnou fází.

zvuk se šíří *postupným vlněním podélným* = částice pružného prostředí kmitají ve směru, kterým vlnění postupuje. Vzniká v tělesech všech skupenství, tedy i v kapalinách a plynech, která jsou pružná při změně objemu (tzn. při stlačování a rozpínání).

Zvuk = každé mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem.

Rychlost zvuku závisí na teplotě, při 0°C je rychlost zvuku 331,8 m/s, při 30°C pak 349,6 m/s, převedeme-li tuto změnu rychlosti na změnu výšky tónu - ladění, přeladí se nástroj samovolně téměř o jeden půltón!

Akustické mikroklima



Metody prostorové akustiky

- **Vlnová teorie** - zabývající se difuzitou (rozptylem) zvuku
- **Geometrická akustika** - geometrickým řešením prostoru zajišťuje všechna potřebná místa zvukem o dostatečné a srovnatelné intenzitě. Používá speciální odrazové plochy pro řízené zvukové vlny.
- **Statistická akustika** - jejím základním kritériem je doba dozvuku, zabývá se hodnocením volného a difuzního zvukového pole.

Akustika = nauka o šíření, odrazu a absorpci zvuku v uzavřených prostorech.

Stavební akustika – zkoumá dobré a nerušené podmínky poslouchatelnosti hudby a řeči v obytných místnostech a sálech.

Zdroje hluku – v budovách

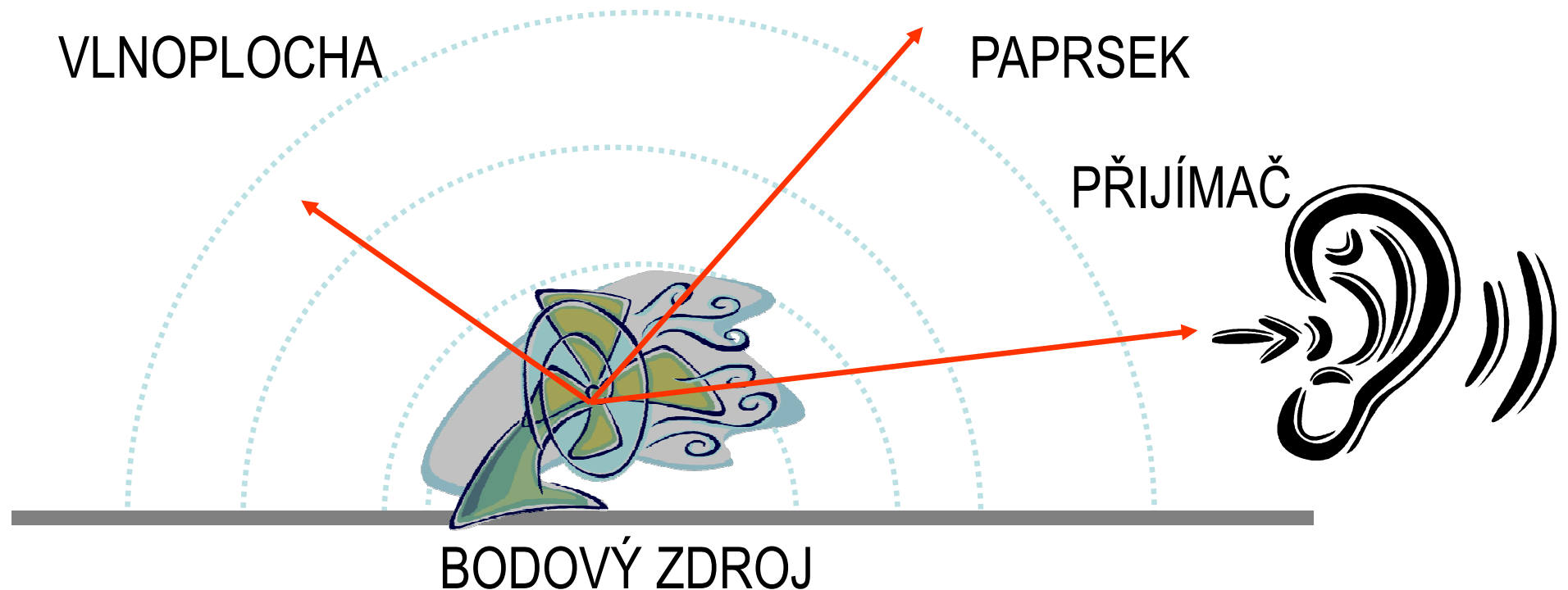
- kotelna: kotle (hl. s tlakovými hořáky), komín, méně čerpadla a armatury
- výtahy a eskalátory
- vzduchotechnika
- dieselagregát (náhradní zdroj)
- trafostanice (transformátor)
- garážová vrata (pohon)
- kompresorovny
- vodovod (hydraulické rázy, voda dopadající do vany, odpady kanalizace)
- stroje a zařízení, která nejsou trvale spojena se stavbou (lednice, televize, rádia, pračky, myčky apod.)

Zdroje hluku – vně budov

- zdroje chladu a kondenzační jednotky
- doprava (silniční, železniční, letecká)

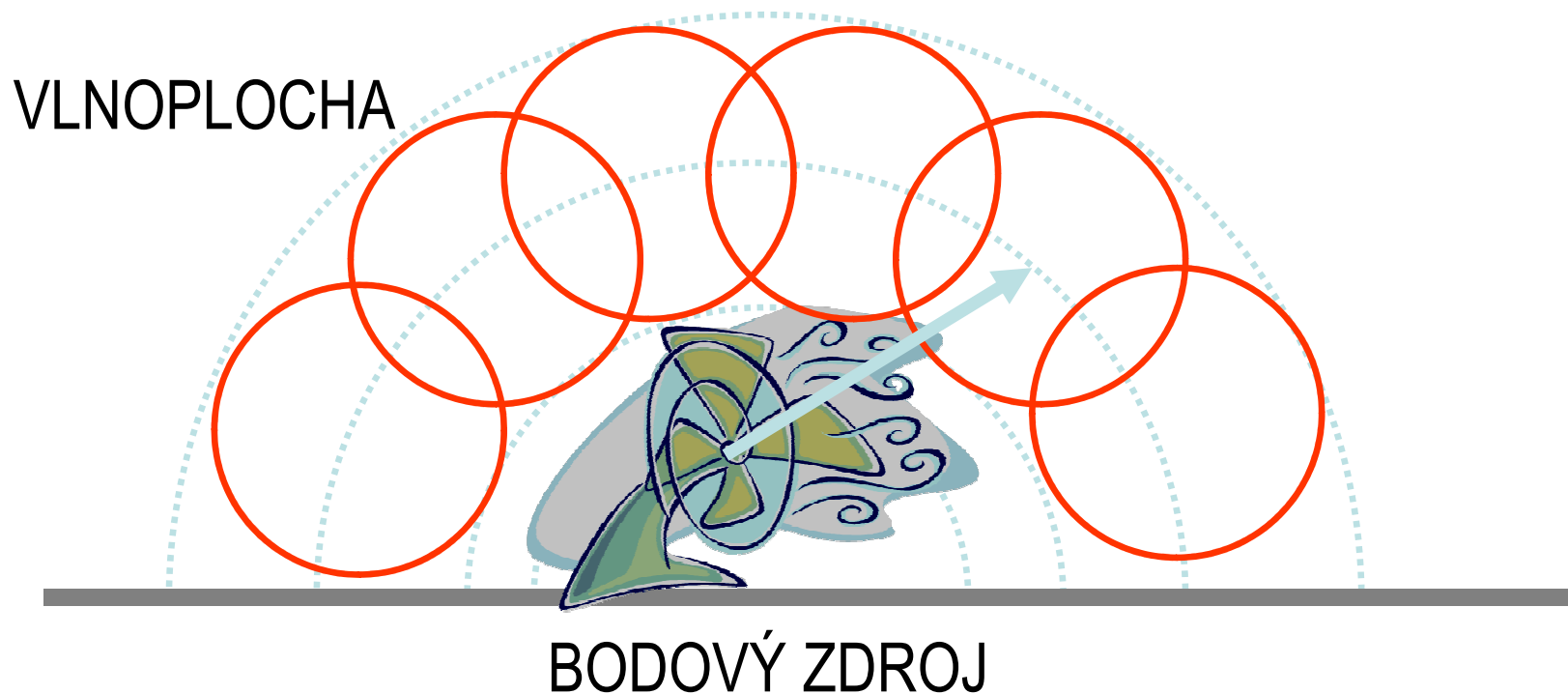
Bodový zdroj zvuku

Bodový zdroj je takový, u něhož je vlnová délka nejvyššího vyzařovaného kmitočtu řádově větší, než rozměry zdroje. Pro tento zdroj také platí, že se ve volném poli zvuk od něj šíří v kulových vlnoplochách. Vlnoplocha je plocha, na kterou dospěje zvuk od zdroje za stejný čas. Od přímkového zdroje se zvuk šíří ve válcových vlnoplochách.



Huygensův princip

Ch. Huygens objasnil v roce 1678 způsob, jakým se šíří vlnění. Každý bod vlnoplochy, do něhož dospělo vlnění v určitém okamžiku, můžeme pokládat za zdroj elementárního vlnění, které se z něho šíří v elementárních vlnoplochách. Vlnoplocha v dalším časovém okamžiku je vnější obalová plocha všech elementárních vlnoploch ve směru, v němž se vlnění šíří. Tento jev se nazývá *Huygensův princip*.



Základní veličiny

Akustický výkon W (W) = veličina popisující zdroj hluku

Akustický tlak P (Pa) = změna tlaku vzduchu.

Intenzita zvuku I (W/m²) charakterizuje sílu zvuku v určité vzdálenosti od zdroje; energie, která za 1s dorazí na plochu 1m²

Pro přizpůsobení veličin lidskému vnímání zvuku se používají hladiny (dB)

Referenční hodnoty: $W_0 = 10^{-12}$ W; $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa; $I_0 = 10^{-12}$ Wm⁻²

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2$$

$$I_{st} = \frac{I}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

$$I = p^2$$

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

$$L_p = L_W + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right)$$

Akustický tlak ve vzdálenosti r od zdroje zvuku

Jsme však stvořeni tak, že vnímáme pocity úměrné logaritmu intenzity.

To je psychofyzický zákon Weberův-Fechnerův.

Jiná formulace: jestliže stoupá intenzita vnějšího působení geometrickou řadou, stoupá náš vjem pouze řadou aritmetickou.

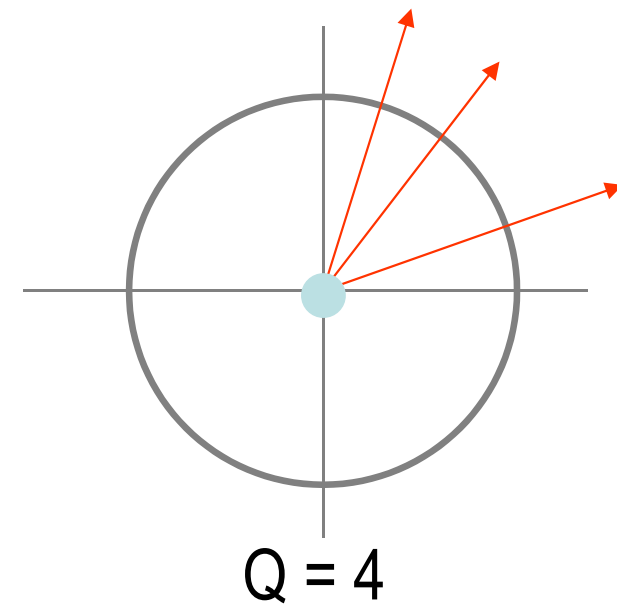
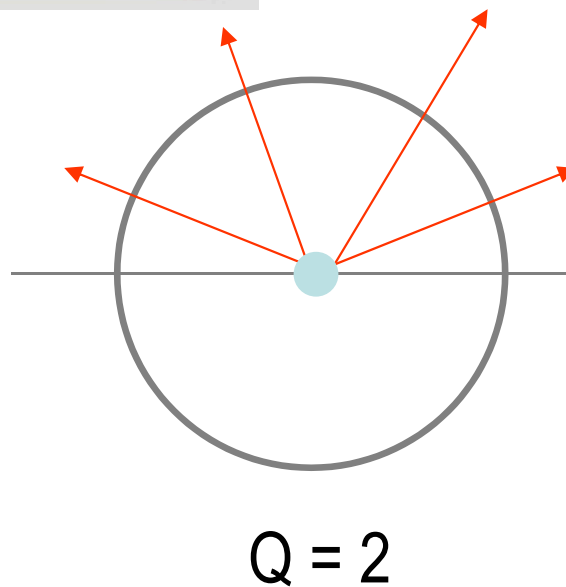
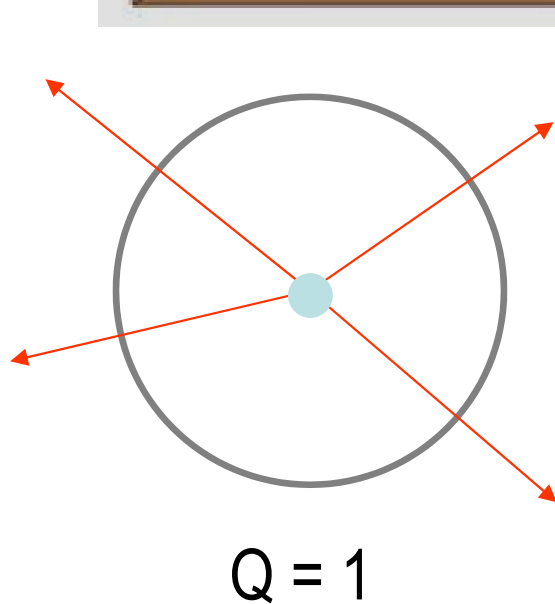
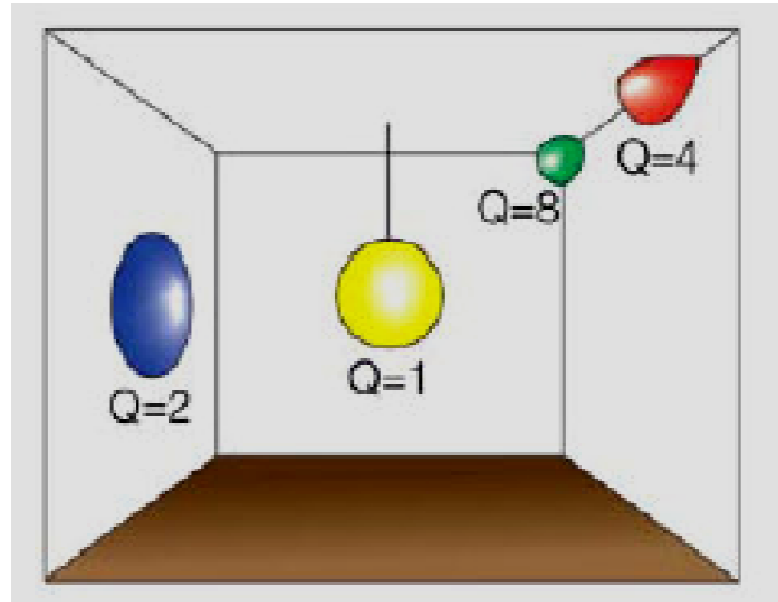
S tím souvisí také zavedení jednotky hladiny zvuku decibel, což je logaritmus poměru intenzity působící ku intenzitě základního zvoleného prahu.

Měřením bylo zjištěno, že ucho dovede vnímat zvuky v rozsahu intenzit dvanácti řádů

Zvuk	Intenzita (decibelů)	Relativní energie
Práh slyšitelnosti	1	1
Slabý šum listí	10	10
Klidná zahrada	20	10 ²
Šepot	30	10 ³
Mluva	40	10 ⁴
Hluk v obchodě	50	10 ⁵
Živá ulice	60	10 ⁶
Motocykl bez tlumiče	90	10 ⁹
Zkouška motoru letadla	120	10 ¹²
Práh bolesti v uchu	130	10 ¹³

Základní veličiny

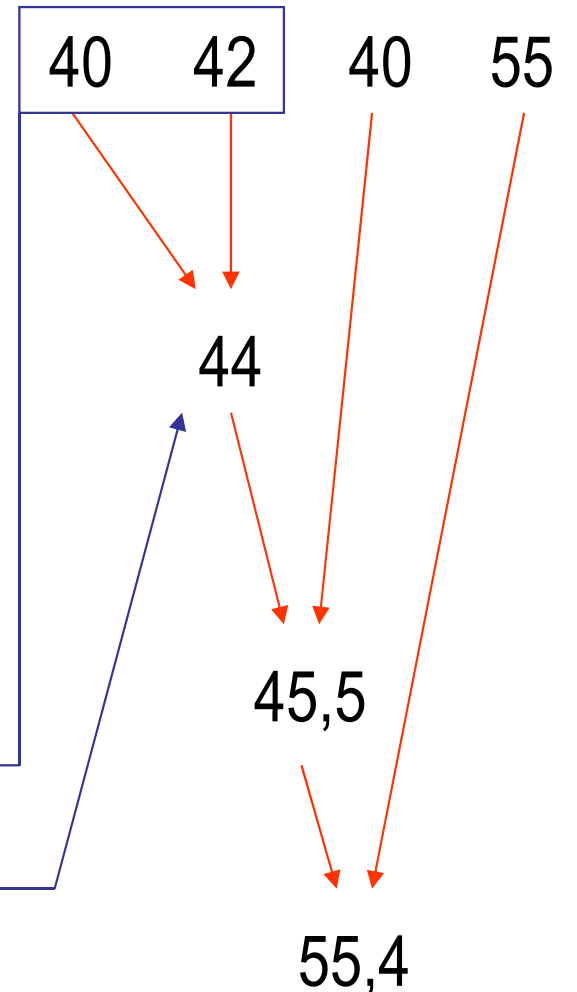
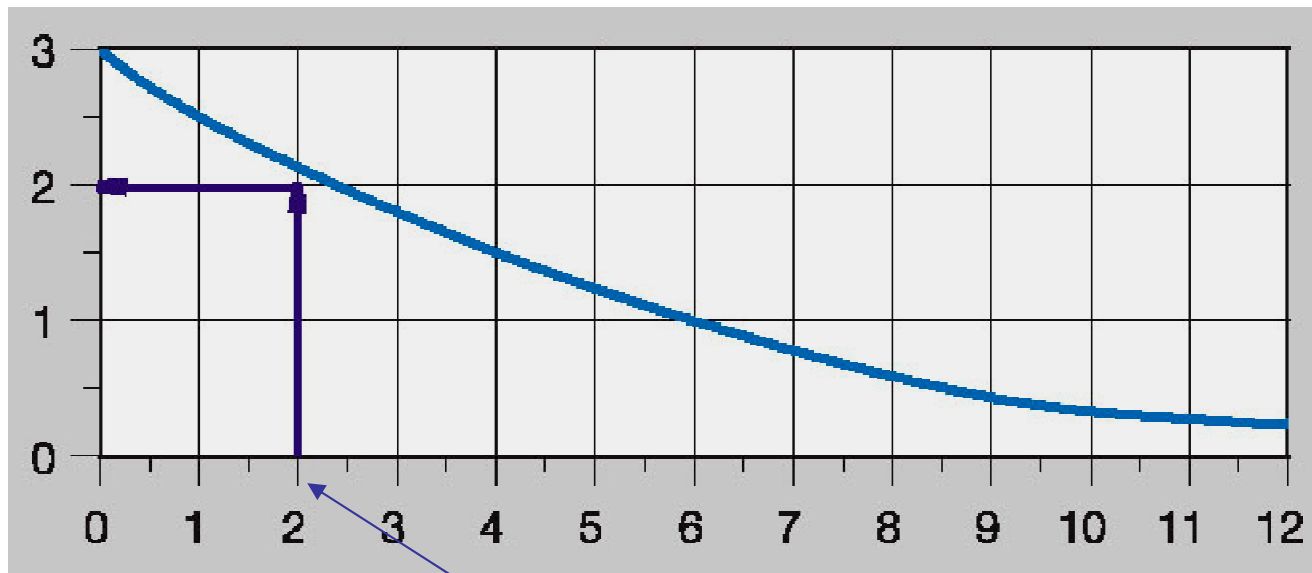
Směrový čísel Q charakterizuje umístění zdroje zvuku v prostoru



Základní veličiny

Sčítání hladin

$$L_s = 10 \log \left(10e^{(0,1 \cdot L_1)} + 10e^{(0,1 \cdot L_2)} + 10e^{(0,1 \cdot L_3)} + 10e^{(0,1 \cdot L_4)} \right)$$



$$42 - 40 = 2$$

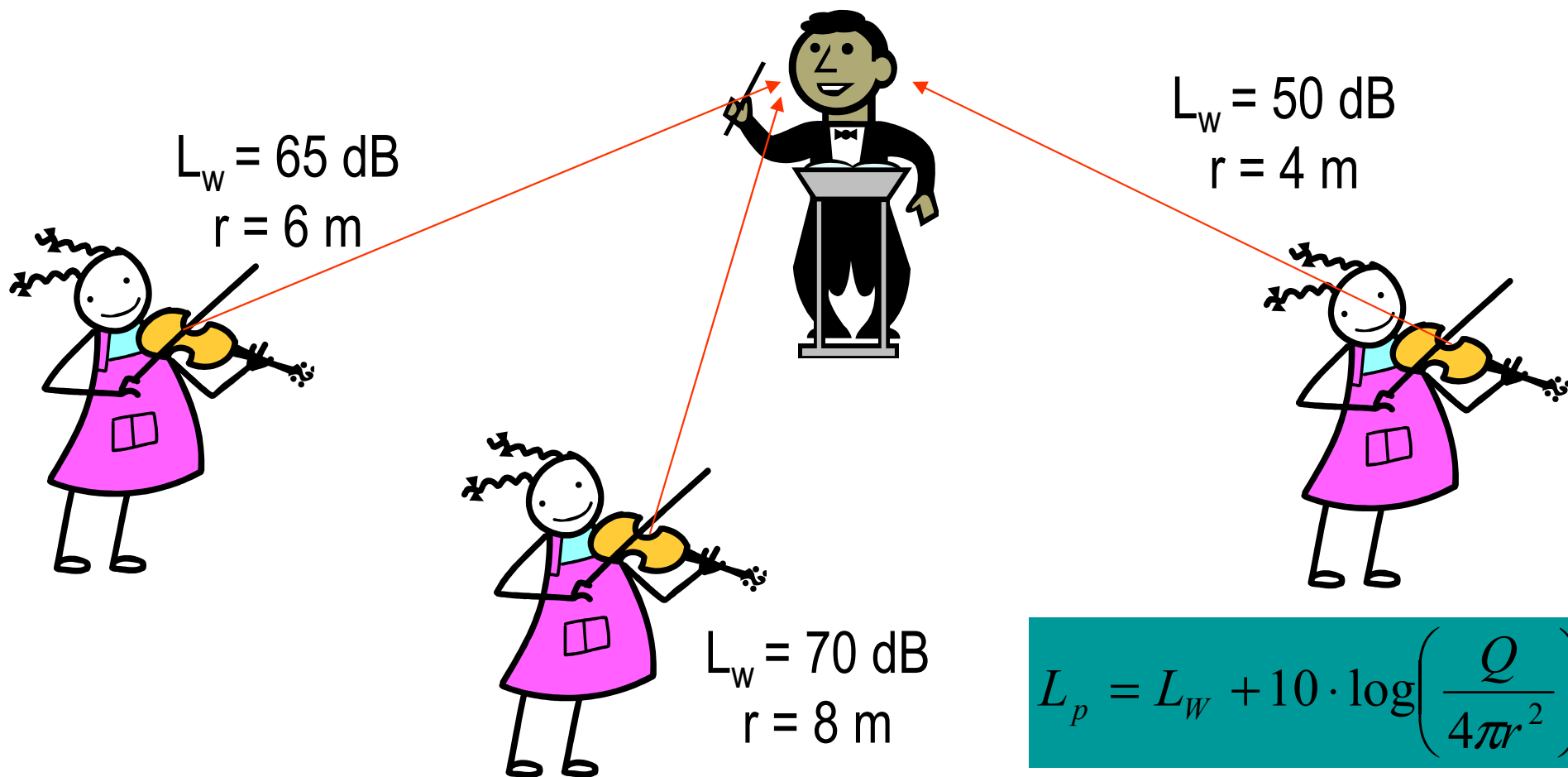
$$42 + 2 = 44$$

55,4



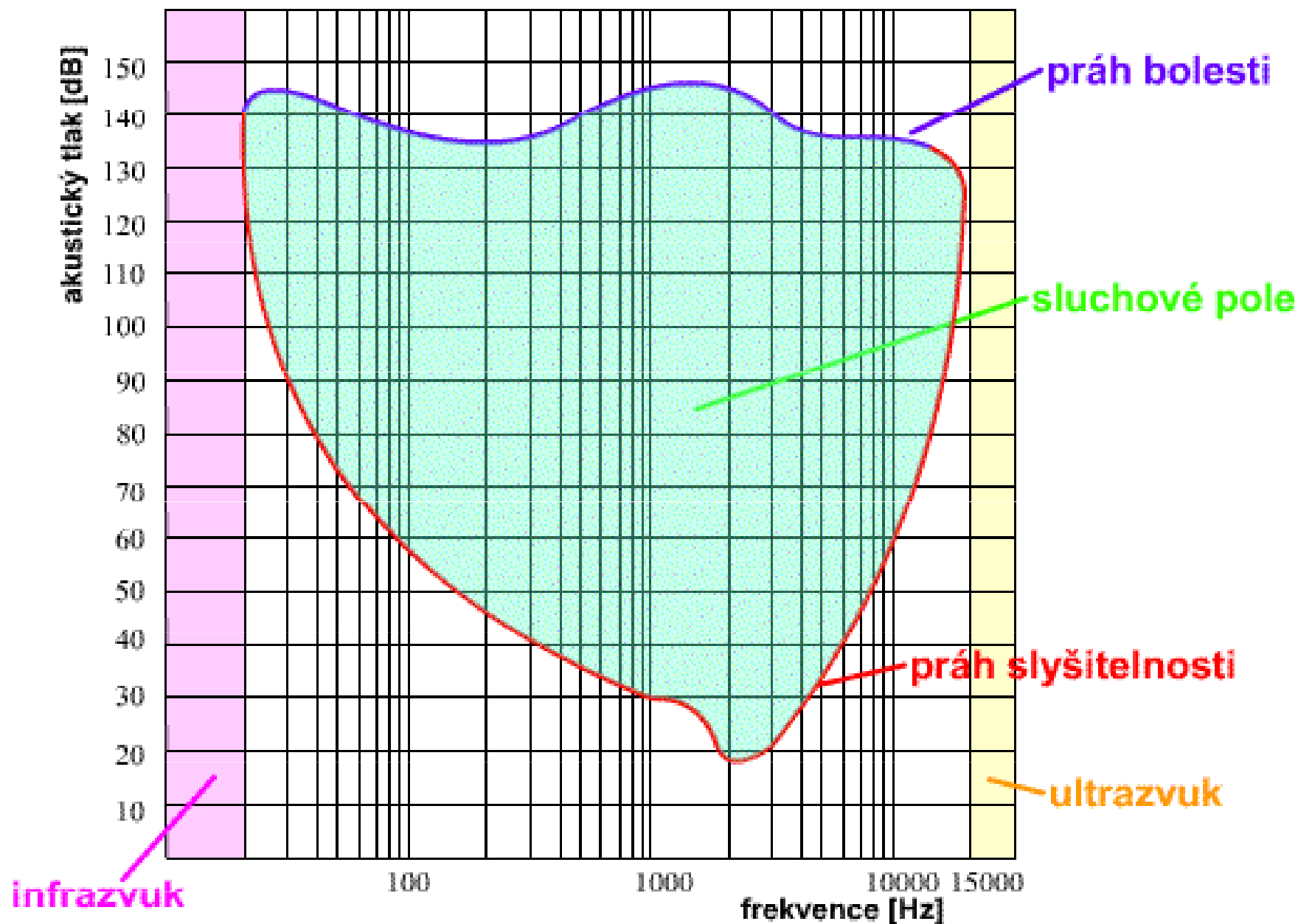
Příklad – Kdo je nejhlasitější ?

Určete, kterou houslistku slyší dirigent nejhlasitěji a celkovou hladinu zvuku, hrají-li všechny houslistky najednou na rozlehlé, rovinné louce.



$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} \right)$$

Sluchové pole



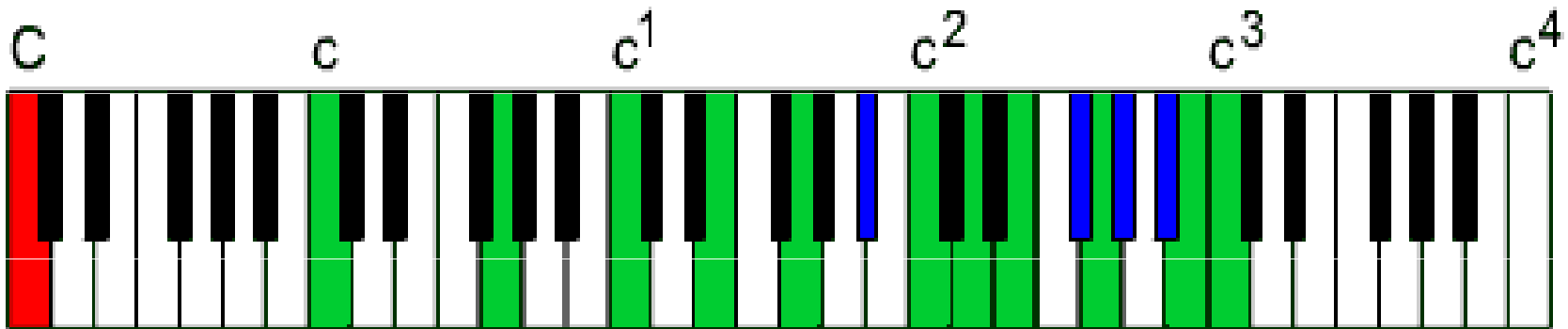
Infrazvuk vnímáme hmatem jako vibrace

frekvence = míra výšky tónu (zvuku)

Oktávová pásma

Oktáva = interval (vzdálenost) 2 tónů, jejichž poměr frekvencí = 2

64 Hz 128 Hz 256 Hz 512 Hz 1024 Hz 2048 Hz

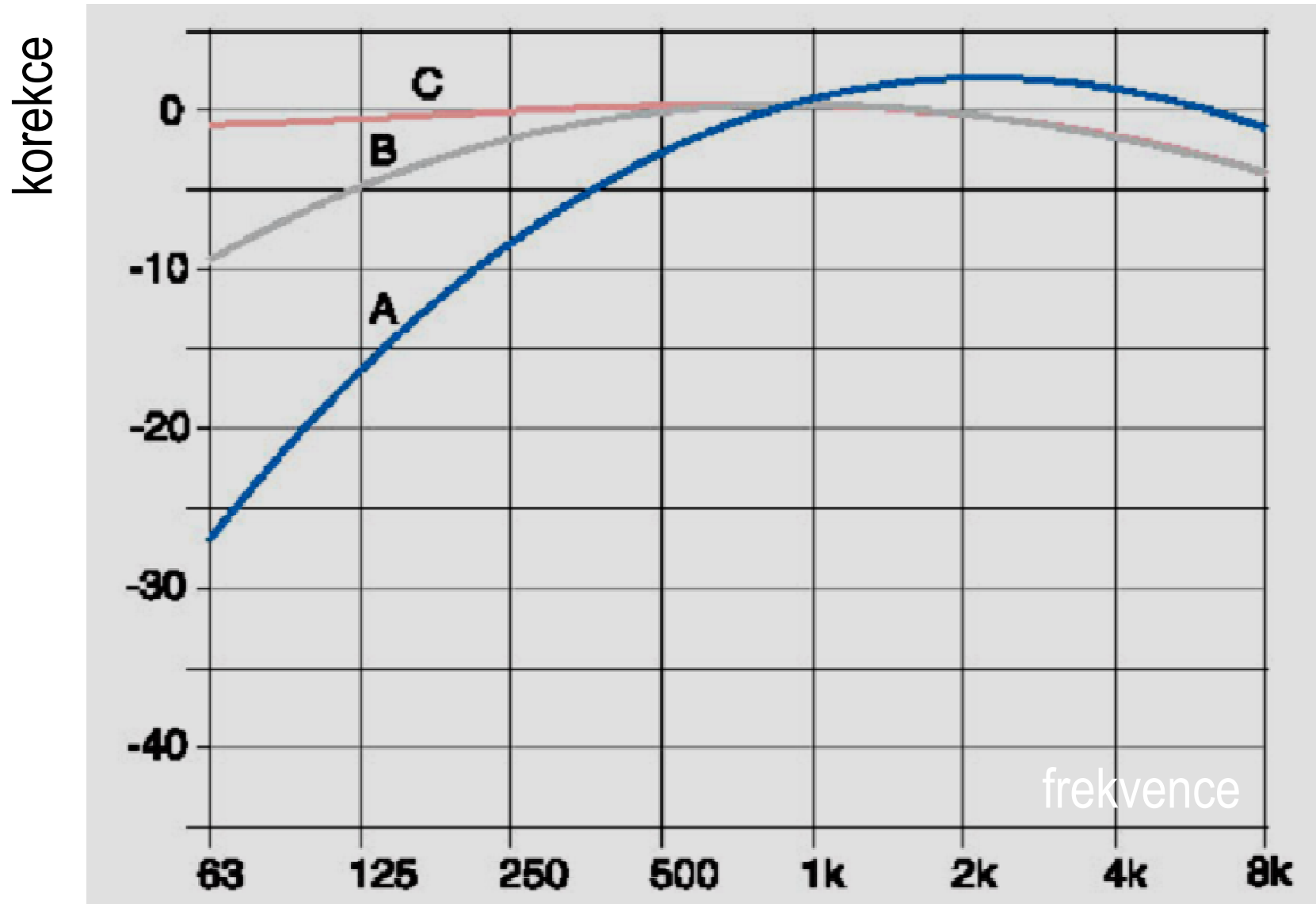


Oktávová pásma

		OKTÁVOVÁ FREKVENČNÍ PÁSMA (Hz)										
INF RA ZV UK	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	ULT RAZ VUK	
	ROZSAH KLAVÍRU											
			ROZSAH POSUZOVANÝ VE STAVEBNÍ AKUSTICE									
			LIDSKÁ ŘEČ									

Zvukové filtry

hladina akustického tlaku (výkonu) vážená filtrem A – dB/A



Útlumová charakteristika filtru A odpovídá přibližně citlivosti lidského ucha.

Tabulka 3 – korekční faktory váhového filtru A

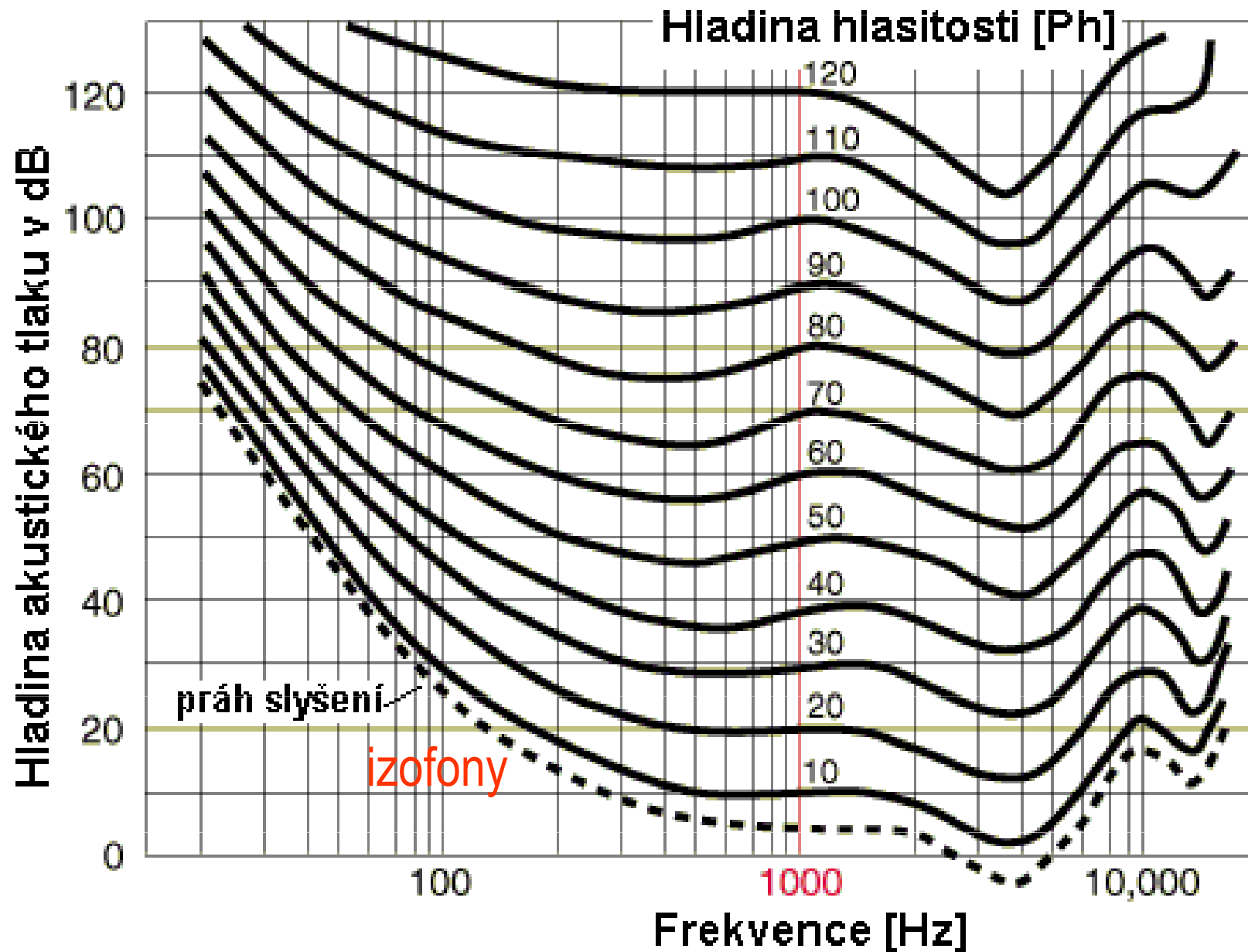
Střední kmitočet oktávového pásma	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Korekce akustického výkonu K_{A1}	dB	-39	-26	-16	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1

Křivka korekčních hodnot váhového filtru A

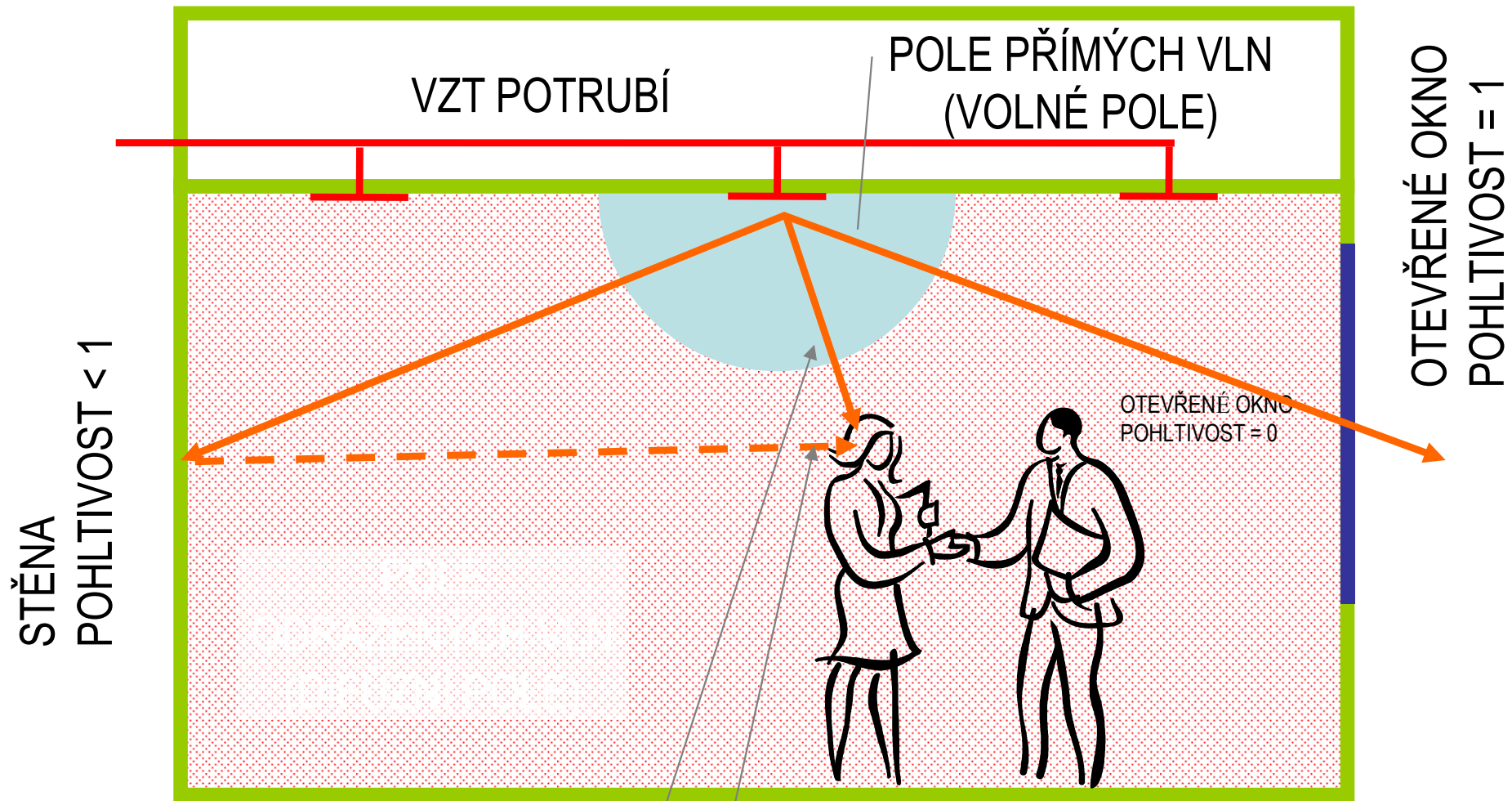


Hladina hlasitosti

Jednotkou hlasitosti je fón [Ph] - (odpovídá hodnotě intenzity při referenční frekvenci 1 kHz).



Šíření zvuku v uzavřeném prostoru statistická akustika



časový posun odražených vln vytváří efekt dozvuku (ozvěny)

Činitel absorpce různých povrchů

Průměrné hodnoty bez závislosti na frekvenci

AKUSTICKY TVRDÉ MATERIÁLY	Mramor	0,010
	Beton	0,015
	Sklo	0,027
	Omítnutá stěna	0,025
	Neomítnutá stěna	0,032
<hr/>		
	Stěna obložená dřevem	0,10
	Dřevěná podlaha	0,10
	Linoleum	0,12
<hr/>		
AKUSTICKY MĚKKÉ MATERIÁLY	Obrazy	0,28
	Koberce	0,29
	Plyš	0,59
	Celotex	0,64

Absorpce zvuku v místnosti

Celkovou absorpci (absorpční plochu) A místnosti získáme součtem součinů velikostí jednotlivých ploch s jejich absorpčními činiteli. Při počítání celkové absorpce je třeba brát v úvahu i s absorpcí lidských těl, nábytkem a vybavením místnosti.

1 osoba průměrně

$$A = 0,42 \text{ m}^2$$

dřevěná židle

$$A = 0,01 \text{ m}^2$$

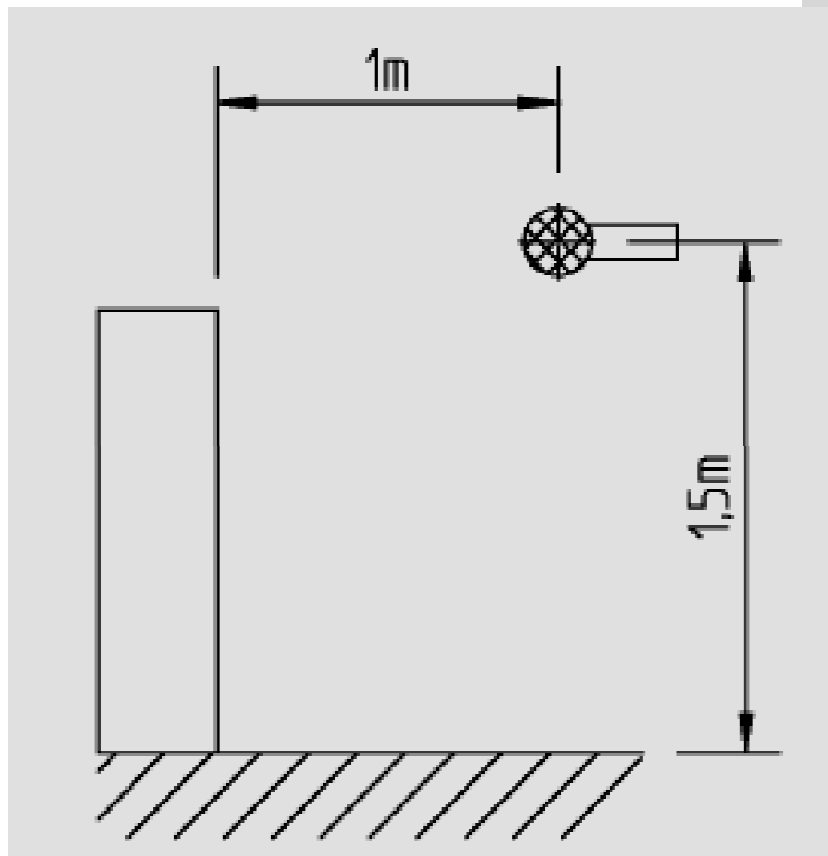
čalouněné křeslo

$$A = 0,09 \text{ až } 0,28 \text{ m}^2$$

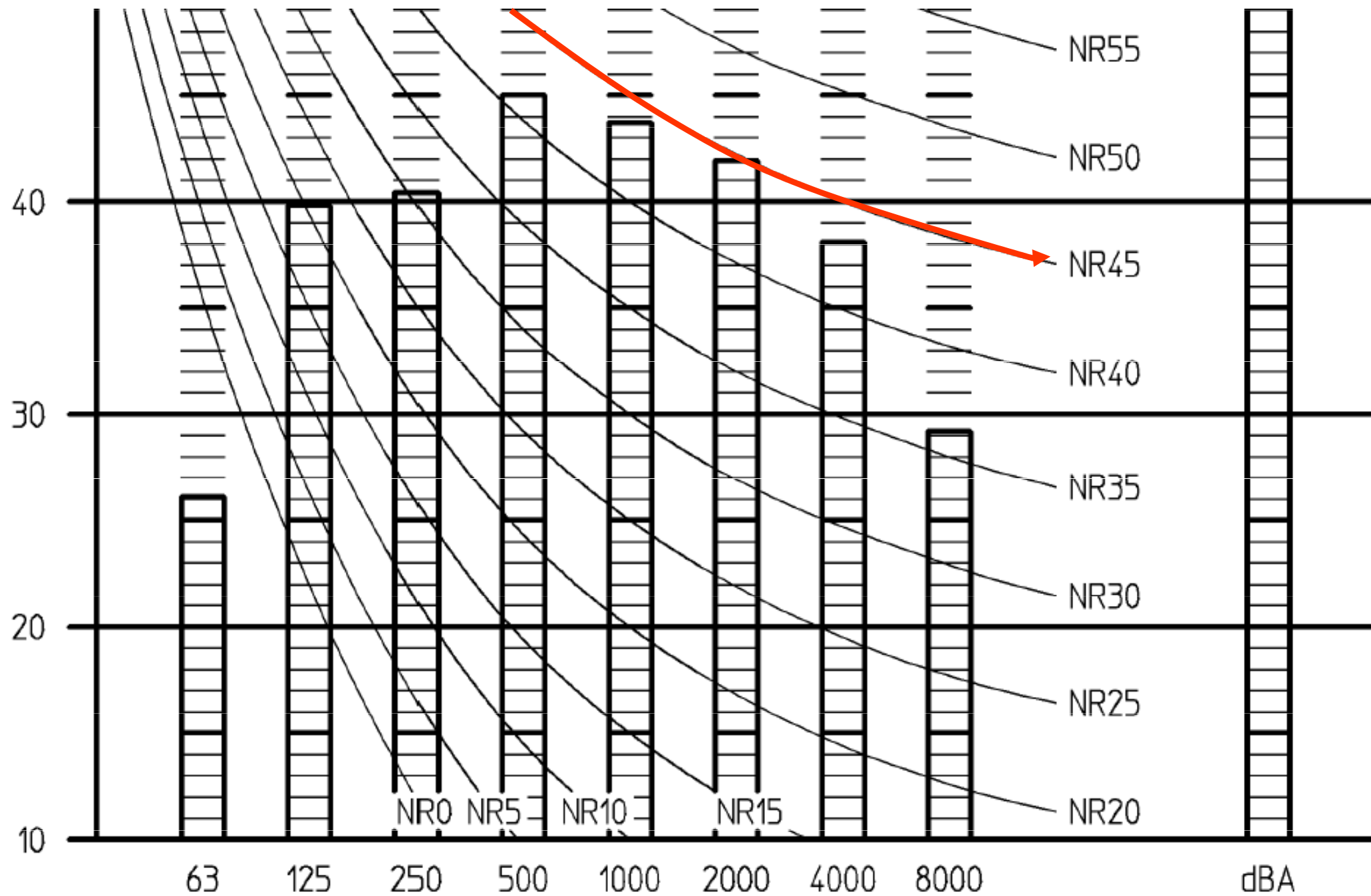
$$A = \sum \alpha_i S_i$$

Typ místnosti	Činitel absorpce (-)
Rozhlasová studia, hudební sály	0,3 – 0,45
Televizní studia, obchodní domy	0,15 – 0,25
Byty, kanceláře, konferenční místnosti, divadla	0,1 – 0,15
Školy, nemocnice	0,05 – 0,1
Tovární haly, bazénové haly	0,03 – 0,05

Měření zdrojů hluku v TZB



Frekvenčně závislá hladina akustického výkonu



Podmínky dobré prostorové akustiky

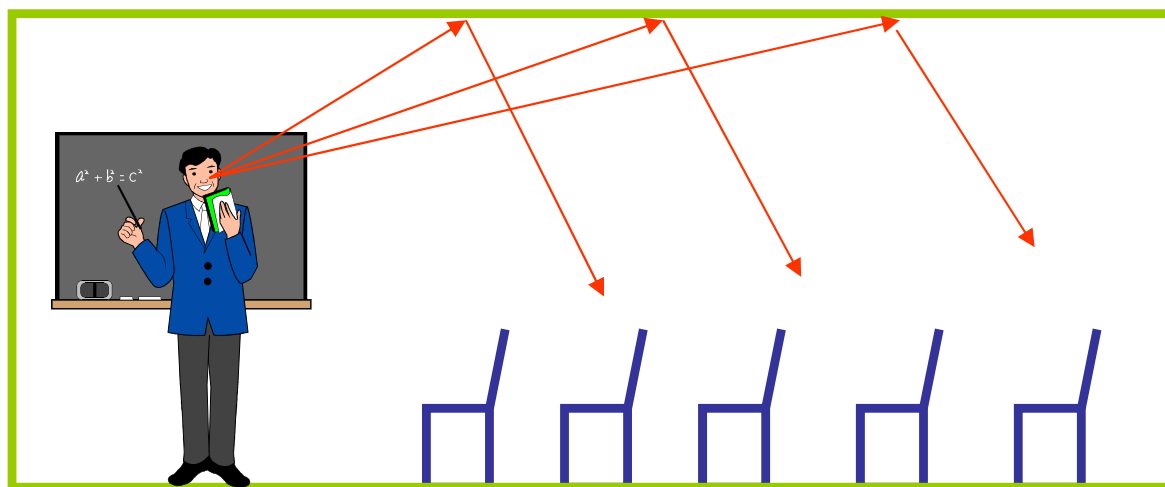
1. Kvalita zvuku, (tj. poměr intenzit zvukových vlnění), má být zachována.
2. Dovnitř sálu nemají pronikat žádné zvuky zvenčí.
3. Zvuk má být všude v sále dostatečně silný a podle možnosti alespoň přibližně stejně silný.
4. Jednotlivé zvuky lidské řeči a krátce trvající hudební tóny nesmí splývat.

Kvalita zvuku, (tj. poměr intenzit zvukových vlnění), má být zachována

Tato podmínka bývá obyčejně splněna automaticky, protože činitel absorpce zvuku na překážkách je jen velmi málo závislý na jeho frekvenci

Pokud má být **zvuk všude v sále** i daleko od řečníka (nebo orchestru) **dostatečně silný** aniž by byl v blízkosti řečníka příliš silný, je nevyhnutelné, aby se využilo i **odrazu zvuku**. Nesmí se to ovšem stávat mnohonásobně, protože by to vedlo k rušivému doznívání. Proto je účelné, když je za řečníkem (orchestrem) **odrážející stěna** parabolického tvaru a strop vysoko nad obecenstvem a upravený tak, aby odrážel zvuk dolů. Podlaha už zvuk odrážet nemá, proto bývá pokryta koberci a křesla bývají čalouněná.

Zvuk šířící se od zdroje přímo k posluchači se podílí na sluchovém vjemu jen zčásti. Výsledný vjem dotváří obvykle velmi **složitá struktura zvukových vln** přicházejících k posluchači po jednom a více odrazech z různých směrů a s různým zpožděním. Zvukové vlny přicházející se stále větším zpožděním, po vícenásobných odrazech pak postupně splývají, slábnou a vytváří to, čemu říkáme **dozvuk**.



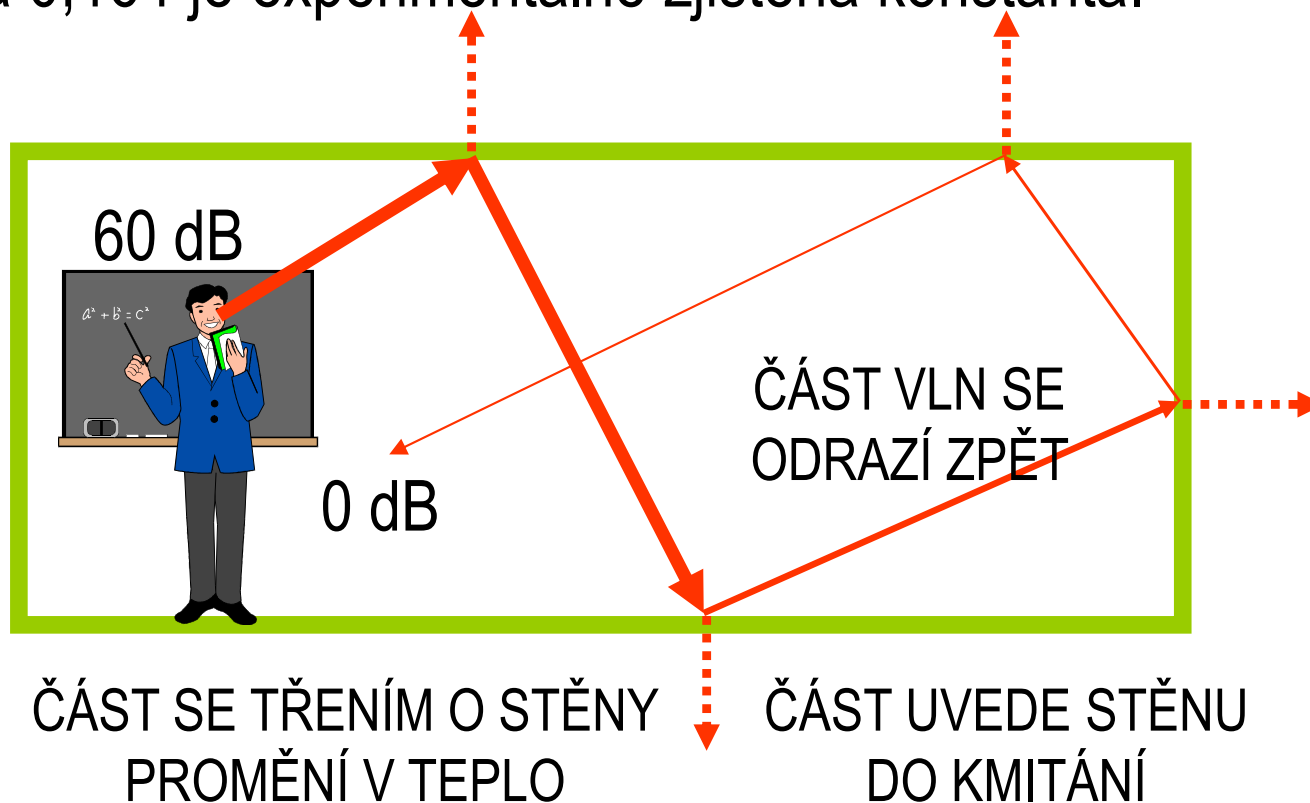
Veškeré signály, které přijdou se zpožděním větším než 50 ms, způsobují ozvěnu.

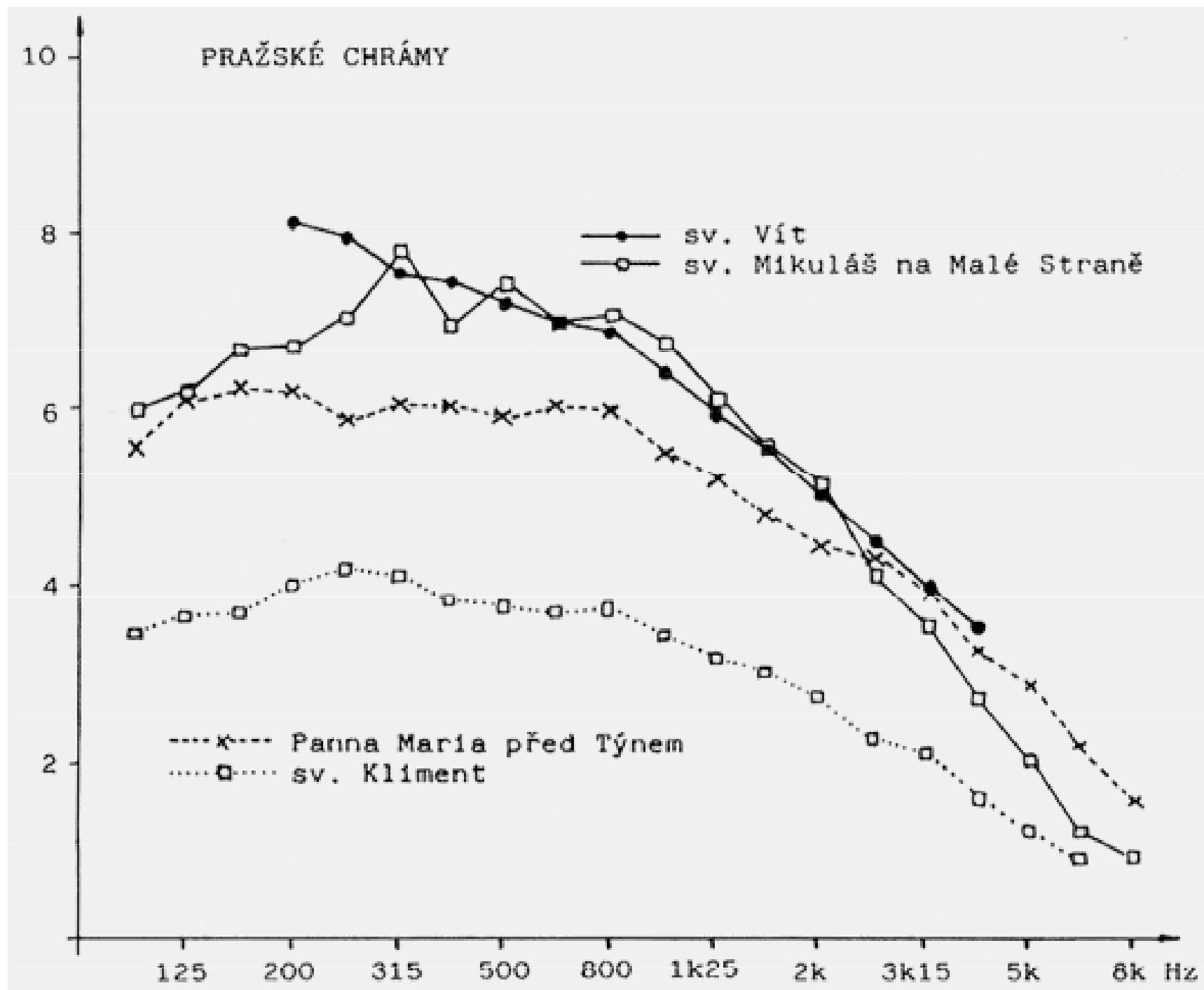
Doba dozvuku

doba dozvuku T udává, za jakou dobu poklesne v místnosti úroveň akustické energie na jednu miliontinu původní hodnoty (tj. -60 dB).

$$T = 0,164 \cdot V / (\alpha S) = 0,164 \cdot V / A$$

... Sabinův vzorec, který poměrně dobře platí pro malé hodnoty poměrné pohltivosti. Povrch všech předmětů je S , V je objem místnosti a 0,164 je experimentálně zjištěná konstanta.

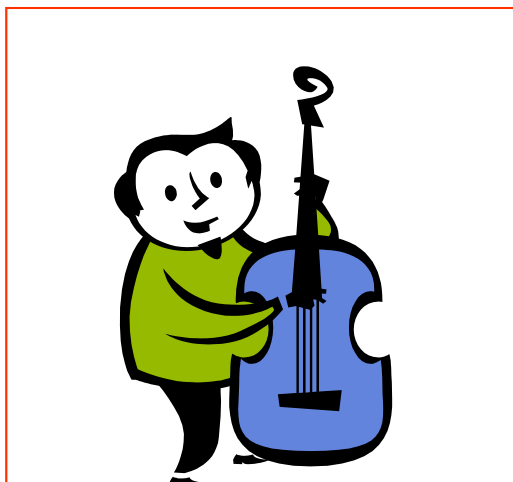




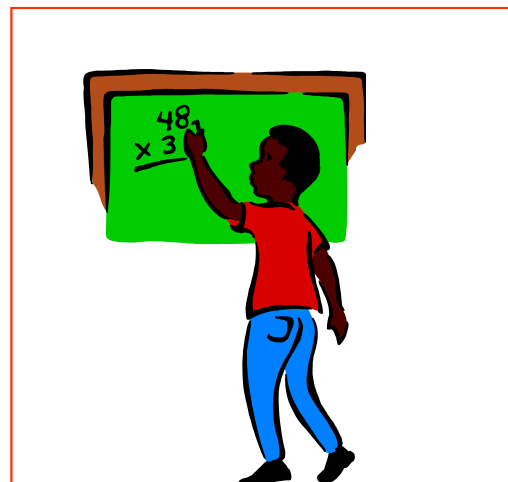
Frekvenční závislost doby dozvuku u vybraných pražských chrámů

Doba dozvuku

Experimentálně bylo zjištěno, že nejvýhodnější doba dozvuku je pro:

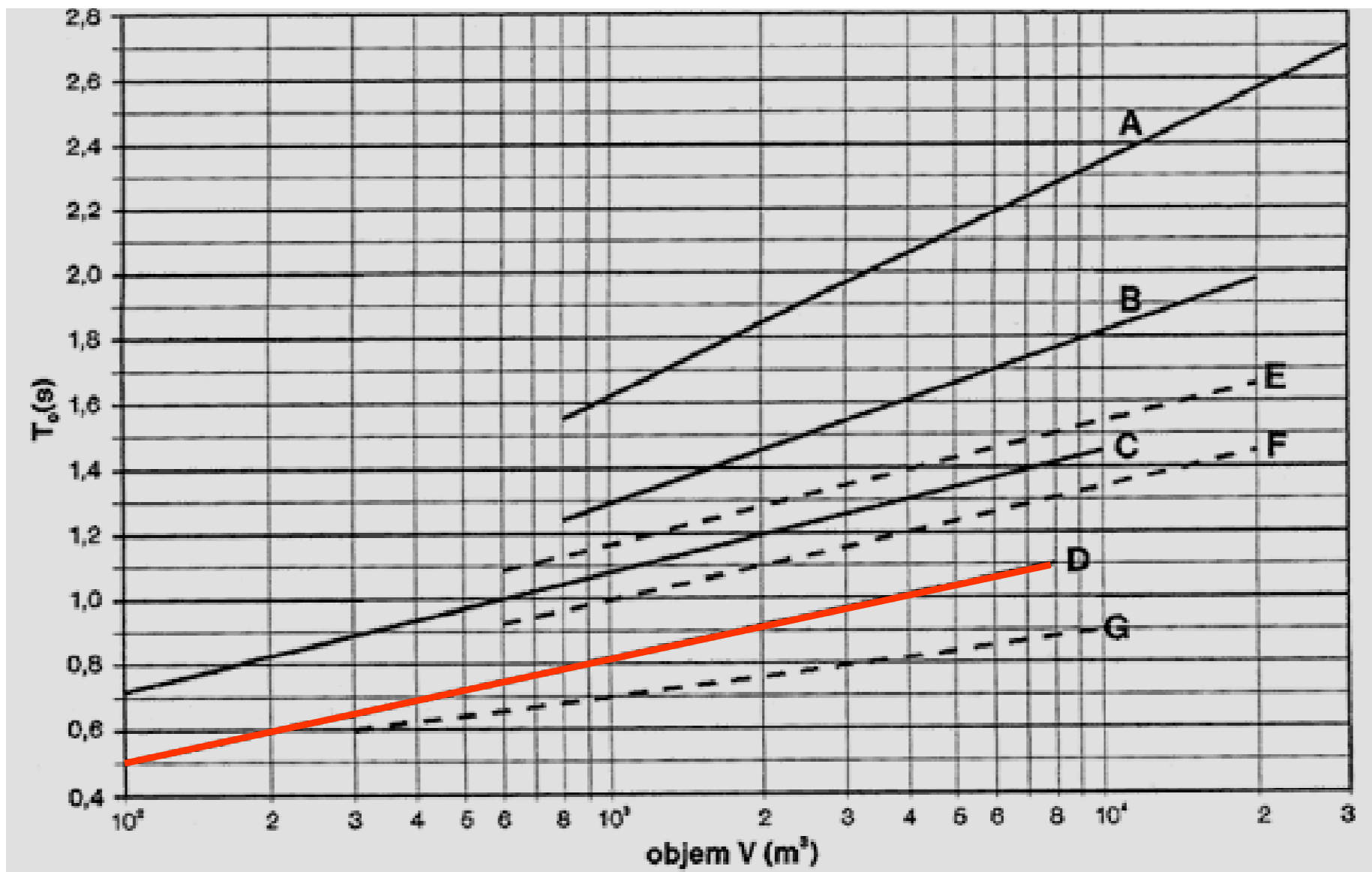


koncertní sály
1,0 až 1,5 s



přednáškové síně
0,8 až 1,0 s

V blízkém okolí zdroje zvuku by měly být stěny poměrně dobře odrážlivé a naopak v odlehlém konci sálu podstatně více pohltivé. Na odlehlém konci sálu jsou nebezpečné zejména zaoblené stěny, které koncentrují zvuk do jediného místa a vedle sebe zanechávají zvukem nepřesycené prostory.



Vztah optimální doby dozvuku a objemu prostoru

Závislost optimální doby dozvuku na objemu (platí pro frekvenci 1 kHz);

A - varhanní hudba, B - orchestrální hudba, C - komorní hudba, D - řeč,
 E - opera, F - víceúčelový sál, G - kino

Prostorová akustika halových staveb - SAZKA ARÉNA

multifunkční hala s objemem 240 000 m³

- požadavek stálé akustické atmosféry nezávisle na počtu osob v hale
- požadavek vysoké srozumitelnosti mluveného i zpívaného slova.

Volba sedadel s důrazem na jejich akustické vlastnosti, ošetření střechy a stěn akustickými materiály - **snížení doby dozvuku z 11 s až na 1,9 s** a to tak, že všech cca 18 000 sedadel má akustickou úpravu. V zadní straně opěrky je membrána, která pohlcuje nízké kmitočty a ze spodu sedadla je absorbér středních a vysokých kmitočtů. Samo sedadlo je vlastně řešeno tak, že imituje pohltivost návštěvníka, takže je akustika stejná ať je hala obsazená nebo poloprázdná.



Bezdozvuková komora



= uzavřená místnost, která je obložena akusticky pohltivým materiálem většinou tvaru dlouhých špičatých hranolů, které "rozbíjejí" zvukové vlny. Špičkové konstrukce dosahují úrovně hluku pronikajícího z venčí cca 5dB.



Příklad – Doba dozvuku

Místnost má rozměry 10x15x4m. V obvodových stěnách je 10 oken 1,8x1,8m. V místnosti se nachází 25 osob, každou lze započítat jako absorpční plochu $A = 0,4\text{m}^2$.

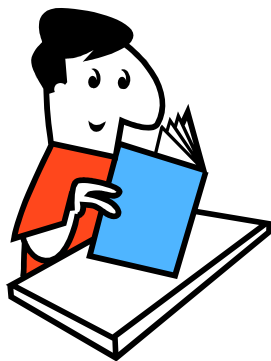
Určete dobu dozvuku místnosti pro tyto případy
(ve frekvencích 125 Hz až 4 kHz):

$$T = 0,164 \frac{V}{A}$$

- Všechna okna zavřená se zataženou záclonou
- Polovina oken je zavřených a polovina dokořán otevřených
- Všechna okna jsou otevřená dokořán.

Činitelé absorpce pro uvažované povrchy jsou v tabulce:

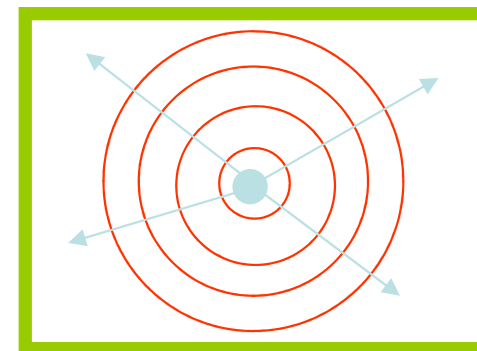
Činitel absorpce	125	250	500	1000	2000	4000
Stěny, strop a podlaha	0,1	0,1	0,11	0,12	0,15	0,15
Zavřené okno se záclonou	0,15	0,22	0,40	0,58	0,50	0,40



Příklad – Zdroj hluku v místnosti

Doprostřed podlahy řešené místnosti umístěte zdroj hluku – hladina akustického výkonu v tabulce. Určete hladinu akustického tlaku v místnosti ve vzdálenosti 1, 2, 3, 4m ve frekvenčních pásmech. Pro jednotlivé vzdálenosti určete součtovou hladinu akustického tlaku.

$$L_p = L_W + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$



Činitel absorpce	125	250	500	1000	2000	4000
Zdroj hluku (dB/A)	63	65	55	50	52	54

Eliminace hluku - akustické kryty



Eliminace hluku - akustické zástěny



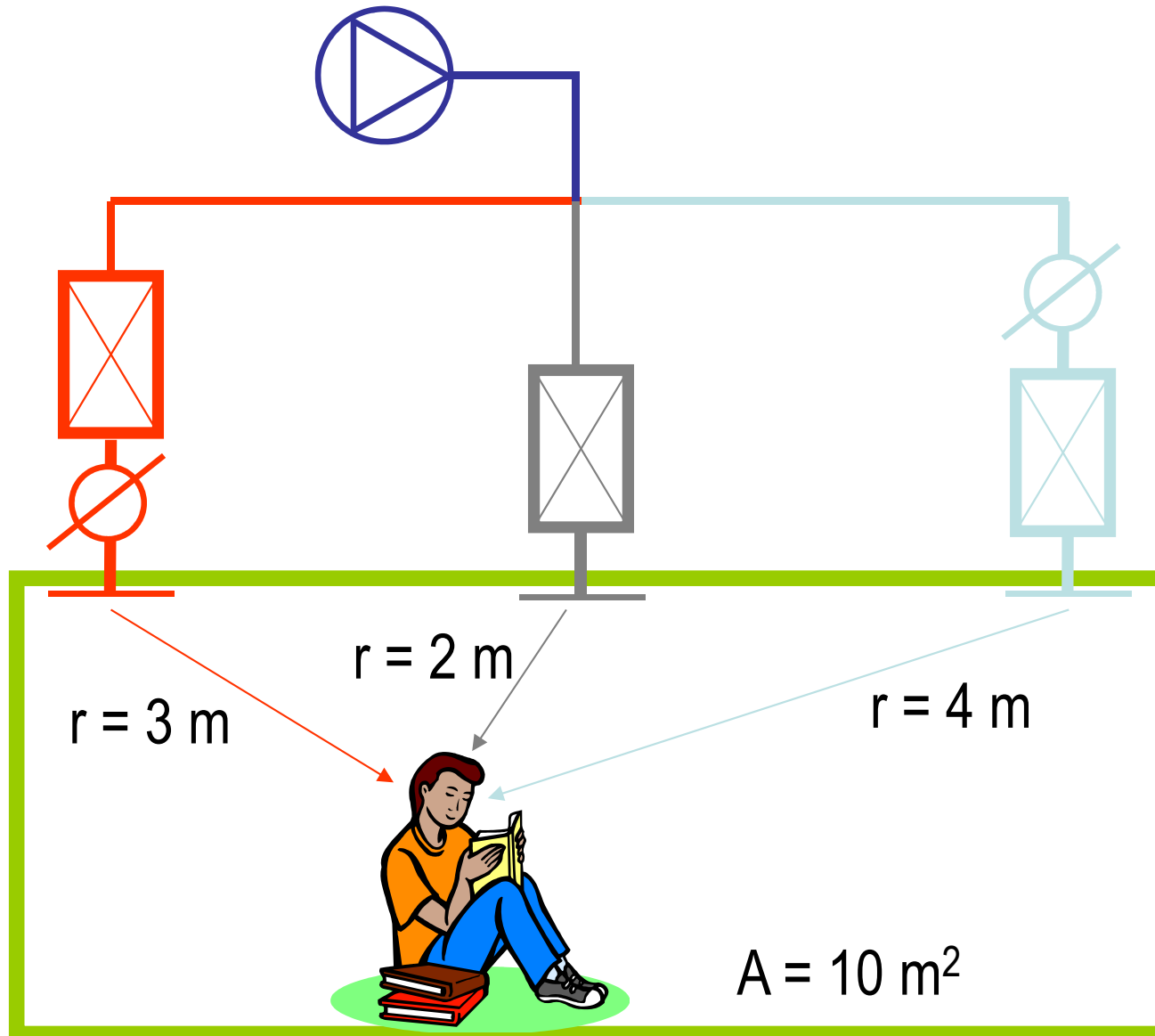
Eliminace hluku - tlumiče hluku

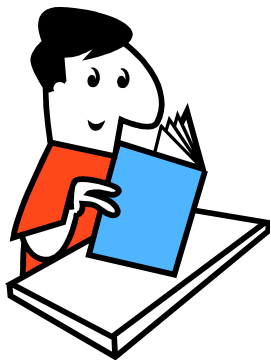




Příklad – Tlumič hluku ve VZT

Určete hladinu hluku (dB/A) v místě čtenáře.





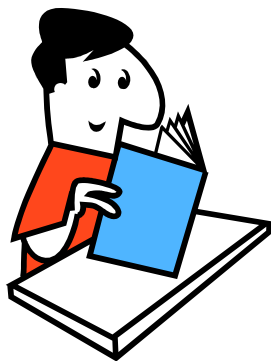
Příklad – Tlumič hluku ve VZT

frekvence	125	250	500	1000	2000	4000
Tlumič – vložený útlum (dB)	15	20	25	25	22	20
Tlumič – vlastní hluk (dB/A)	35	35	35	35	35	35
Regulační klapka - vlastní hluk (dB/A)	30	30	30	30	40	45
Ventilátor - vlastní hluk (dB)	90	85	82	70	71	75

Útlum rozdělěním na
stejně potrubní větve

$$D = \log n$$

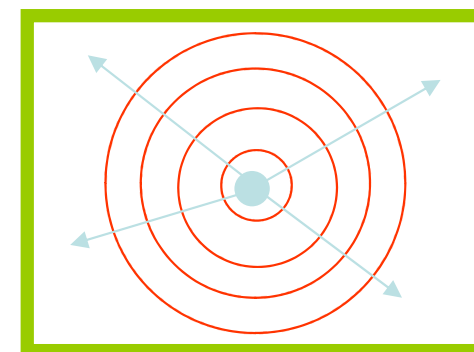
Útlum hluku v potrubí zanedbejte.



Příklad – Akustické úpravy

Navrhněte akustické úpravy (obklady, absorbéry) na zlepšení hladiny hluku v místnosti tak, aby ve vzdálenosti 3m od zdroje hluku byl akustický tlak snížen o 5 dB. Volte takové prvky, které mají maximální absorpci zvuku v kritických kmitočtech. Určete upravenou dobu dozvuku místnosti.

$$L_p = L_W + 10 \cdot \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$



Činitel absorpce	125	250	500	1000	2000	4000
Zdroj hluku (dB/A)	63	65	55	50	52	54

Hodnocení hluku v ČR

Nařízení vlády 502/2000 Sb. o ochraně před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění novely 88/2004 Sb.

Chráněný – nechráněný prostor

Posuzovaná veličina – hladina akustického tlaku vážená zvukovým filtrem A, ekvivalentní za určitou dobu T – $L_{p,A,eq,T}$ nebo maximální $L_{p,A,max}$

Venkovní prostředí $L_{p,A,eq,T} = 50$ dB (T... den 8 hodin, noc 1 hodina)

Vnitřní pracovní prostředí $L_{p,A,eq,8h} = 85$ dB

Vnitřní prostředí obytných a občanských staveb $L_{p,A,eq,max} = 40$ dB

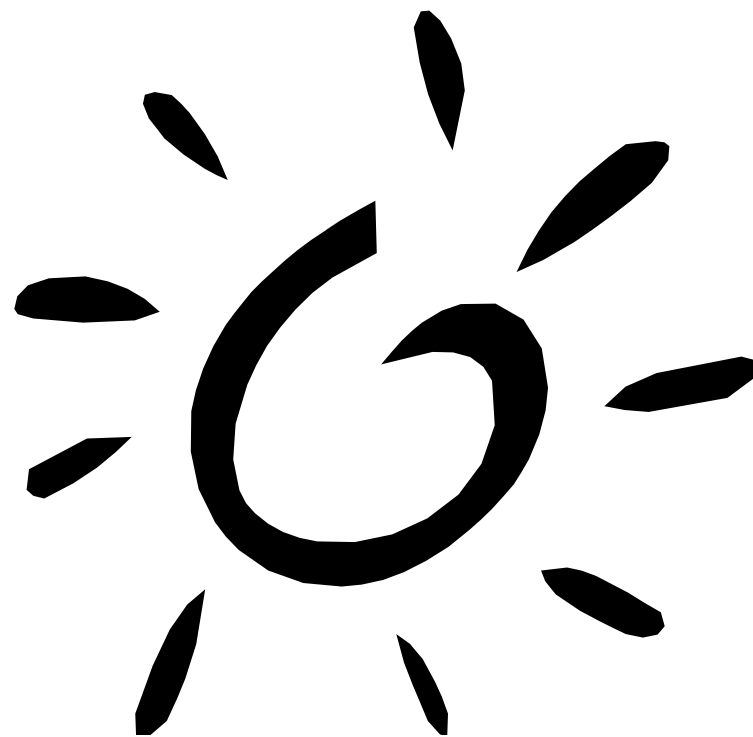
+ korekce podle denní doby a využití prostoru

Doba dozvuku v učebnách i tělocvičnách max. 0,6 s; na chodbách 1,0 s

Při překročení denní expozice 85 dB použití osobních ochranných prostředků

Posuzují se rovněž vibrace (infrazvuk) a ultrazvuk.

Rozlišuje se ustálený a proměnný hluk (5 dB), impulsní hluk (kratší než 0,2 a přesahující o 10 dB), hluk s výraznými tónovými složkami (v 1/3 oktávy přesahující o 5 dB ostatní frekvence), vysokofrekvenční hluk (nad 8kHz), nízkofrekvenční hluk (do 50 Hz)



Jeden den tvého života
má větší cenu jak hora zlata.

Kenko Yoshida



VIBRACE

VIBRACE

= mechanické kmitání a chvění pevných těles

- způsob a místo přenosu vibrací na člověka
 - celkové vibrace (dopravní prostředky → kinetózy, postižení páteře)
 - vibrace přenášené na ruce/příp. nohy (volant, bruska)
 - vibrace přenášené zvláštním způsobem (křovinořez)
- frekvence
 - nižší (do 30 Hz) – postižené kosti, klouby, šlachy, svaly
 - vyšší (20-400 Hz) – postiženy cévy a nervy
- souhrnná vážená hladina zrychlení L_{vw} (dB)

Vibrace - účinky

- vždy systémové účinky
 - vedou ke snížení pozornosti, zpomalenému a zhoršenému vnímání, poklesu motivace, snížení výkonnosti
- nejzávažnější – místní vibrace přenášené na ruce
 - postiženy cévy, nervy, kosti, klouby, šlachy, svaly
 - bolesti, mravenčení, brnění, zhoršení citlivosti prstů, chladové obtíže, bolesti kloubů (námahové → klidové)
- celkové vibrace – nejvíce postižena páteř

Vibrace - onemocnění

- „*profesionální postižení horních končetin z vibrací*“
 - postižení periferních nervů
 - úžinové neuropatie n. medianus, n. ulnaris
 - iritační stádium → zánikové stádium
 - dg – elektromyelografie (EMG)
 - postižení cév
 - profesionální traumatická vazoneuróza (Raynaudův sy)
 - vazospastické stádium → vazoparalytické stádium
 - dg – chladový vodní pokus (Raynaudův fenomén – zbělení prstů+parestezie)
 - Lewis-Prusíkův test měří se doba do prokrvení zmáčknutého posledního článku prstu, norm. do 10 s
 - pletysmografie (před ochlazením a po něm)
 - kontaktní chronotermometrie
 - postižení kostí a kloubů
 - atróza, aseptická nekróza

Vibrace - prevence

- technologická
 - náhrada zařízení, nářadí, postupy, údržba
- organizační
 - zácvik, střídání pracovníků, přestávky (ohřívárny)
- náhradní
 - OOPP (antivibrační rukavice – problematické)
 - ochrana před chladem
- zdravotní
 - pracovně preventivní lékařské prohlídky
 - » důležitá vstupní, periodické

Vibrace - kontraindikace

- Raynaudův syndrom
- onemocnění cév a nervů horních končetin
- poruchy prokrvení končetin
- degenerativní a zánětlivá onemocnění pohybového aparátu
- závažná endokrinní onemocnění (včetně DM)
- stavy po těžších omrzlinách
- těhotenství

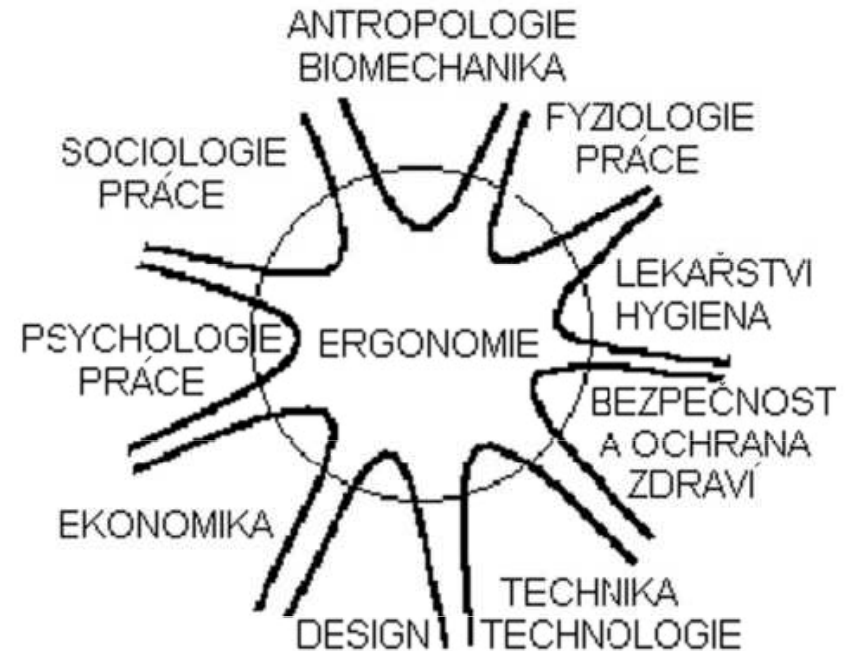
**DLOUHODOBÉ
JEDNOSTRANNÉ NADMĚRNÉ
ZATÍŽENÍ**

DLOUHODOBÉ JEDNOSTRANNÉ NADMĚRNÉ ZATÍŽENÍ

- jednostrannost = zatěžování stejné svalové skupiny více než 50% pracovní doby
- vliv
 - velikost fyzické zátěže
 - nevhodná poloha
 - celková nebo lokální svalová zátěž
- nutno vyloučit úrazový děj
- onemocnění šlach, svalů, kostí a nervů

Ergonomie

- anatomie
- fyziologie
- antropometrie včetně biomechaniky
- filozofie práce
- psychologie práce
- hygiena práce



PRACOVNÍ POLOHA

- fyziologická:
 - stoj, sezení (+přecházení)
- nefyziologická:
 - dřep, klek, ležení, předklon, záklon, vzpažení, předpažení, rotace trupu víc než 60°...

Práce vstoje

- výška manipulační roviny
 - muži 102-118 cm
 - ženy 93-108 cm
 - obecně – 5-10 cm pod úrovní loktů
 - pro jemné činnosti – 5-10 cm nad úrovní loktů
 - pro lehčí manuální práce – 10-15 cm pod úrovní loktů
 - pro těžké manuální práce – 15-40 cm pod úrovní loktů
- sklon pracovní plochy
- dosahové vzdálenosti horních končetin
 - úhel 45° v ramenním kloubu
- prostor pro nohy, pedály
 - prostor pro chodidla min. 13 cm do hloubky
 - pedály široké, nízké, možnost střídat nohy

Správný stoj

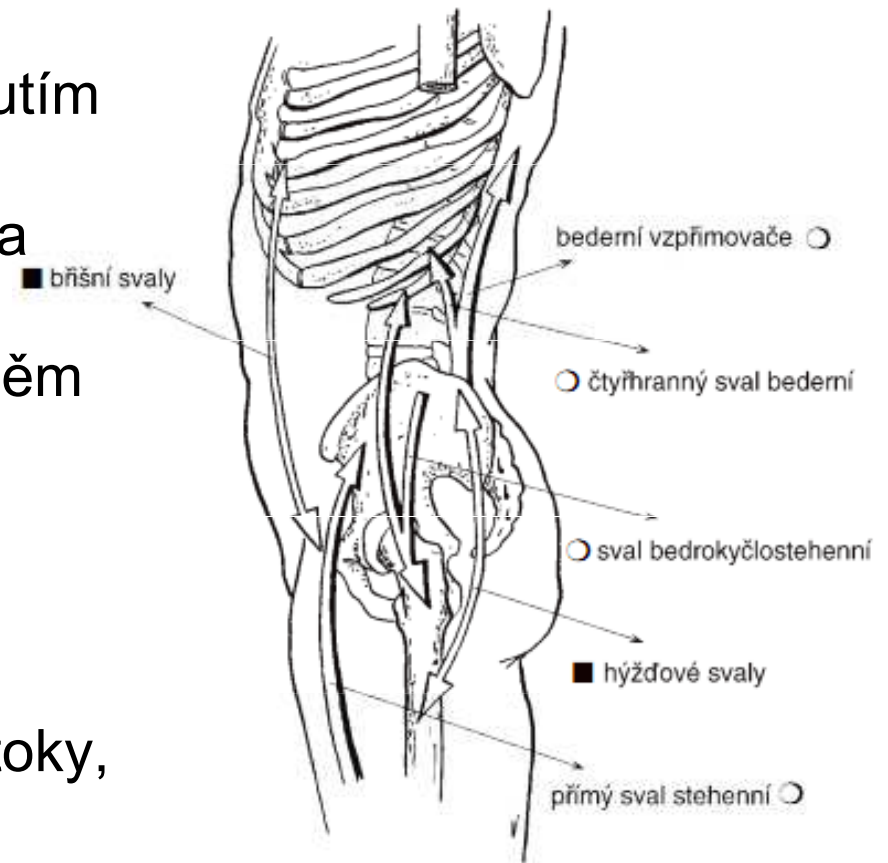
- aktivně uvědomělý
 - vzpřímený, zapínat břišní a hýžd'ové svaly, předklon do 15°
- dynamický
 - přešlapování z nohy na nohu, ze špičky na patu
- správná obuv a péče o nohy
 - koupele, masáže
- kompenzační pohybový režim
 - cvičení, o přestávkách sed se zvednutými dolními končetinami

Práce vstoje

- **pozitiva:**
 - častější střídání poloh – lepší udržení bdělosti
 - pohyby ve větším rozsahu, s použitím větší síly
- **negativa:**
 - zvýšené statické zatížení
 - vyšší energetická náročnost
 - nižší možnost přesných a koordinovaných pohybů

Zdravotní aspekty práce vstoje

- páteř
 - anteverze pánve se zvýšeným prohnutím bederní páteře
 - asymetrický stoj → sešikmení pánve a skoliotické držení pánve
 - kyfotické držení trupu s různým stupněm předklonu
- dolní končetiny
 - pokles nožní klenby, vbočené palce, kladívkové prsty, metatarsalgie
 - postižení cévního aparátu – varixy, otoky, únava DK, křeče v lýtkovém svalstvu



Obr. 2: Svaly podílející se na postavení pánve
○ svaly s tendencí ke zkracování
■ svaly s tendencí k ochabování

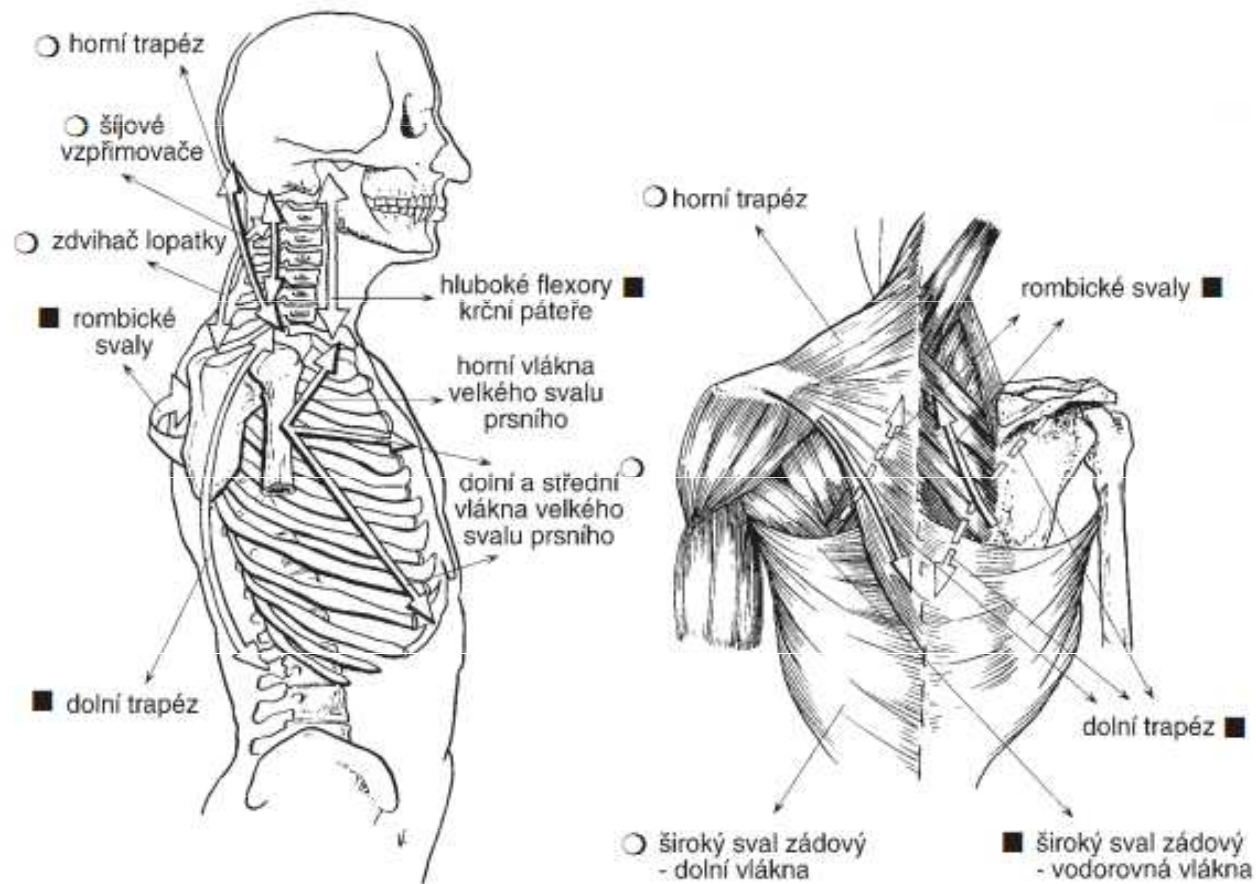
Práce v sedě

- DIN ISO 5970 (údaje v cm)

výška postavy	výška sedáku	výška stolu
120	30	52
135	34	58
150	38	64
165	42	70
180	46	76
188	50	82

Sedadlo

- stabilita, bezpečnost
 - pětiramenná podnož
- výška sedací plochy
 - stavitelná, centrální pružina
- sedák – anatomicky tvarovaný, vpředu zaoblený
 - 5-10 cm mezera mezi okrajem sedáku a DK
- zádová opěra – po lopatky (nebo vyšší), dynamická (stále kopírovat záda, protitlak), podepření bederní páteře, šíjová opěrka
- loketní opěrky – výškově stavitelné, výkyvné do stran
- vhodné čalounění



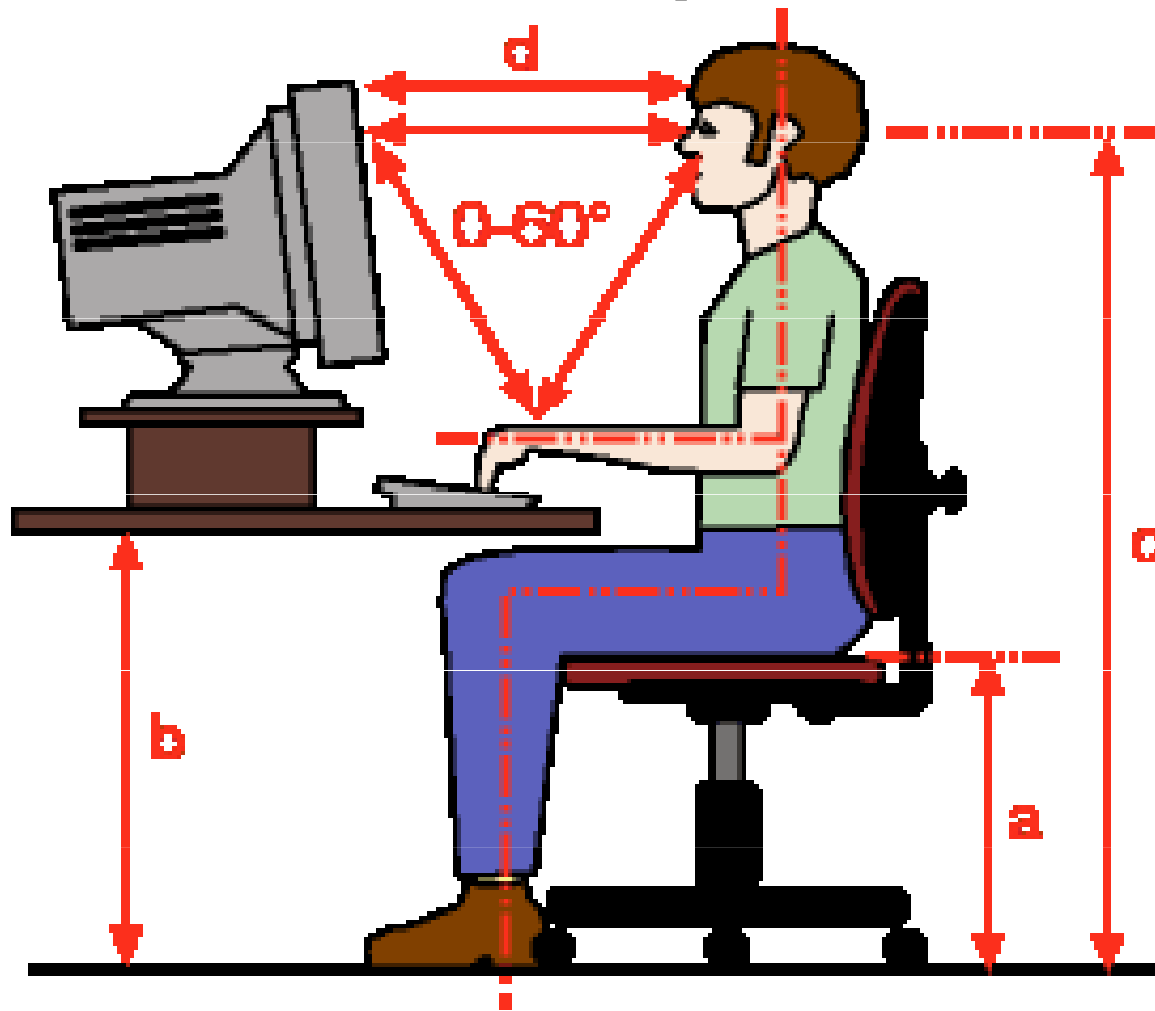
Obr. 3: Svaly podílející se na držení těla v oblasti hrudníku a krční páteře

○ svaly s tendencí ke zkracování

■ svaly s tendencí k ochabování

(horní vlákna velkého svalu prsního nevykazují výrazně žádnou z uvedených tendencí)

Práce s počítačem



Výška postavy (cm)	150	165	180
Výška sedačky (a)	40.5	46.5	52
Výška pracovní plochy (b)(cm)	58.5	65	71
Výška roviny pohledu (c) (cm)	103	118	133
Vzdálenost obrazovky (d) (cm)	>30	>30	>30
Zorný úhel	0-60°	0-60°	0-60°

Práce s počítačem

- monitor
 - odrazy světla, blikání
- myš (ergonomická)
 - ruka opřená o předloktí, zápěstí volné
- klávesnice (ergonomická)
 - předloktí volná nebo podložená, opřené dlaně, (nikdy zápěstí), psát 10 prsty, bez chyb
- oči
 - mrkat
- po 2 hod - přestávka – procvičit páteř, DK, oči

Zdravotní důsledky sezení

- páteř
 - uvolněné kulaté držení trupu – překlopení pánve dozadu, oploštění bederní páteře, vyklenutí hrudní páteře dozadu, předsunutí a předklonění krční páteře → bolesti páteře, omezené dýchání (horní), útlak vnitřních orgánů, bolesti hlavy (přetížení vazů)
- vnitřní orgány
 - hipokineza → zácpa
 - útlak a zahřívání varlat (auto)
- cévy
 - otoky, varixy
 - hemorhoidy

Zdravotní důsledky práce s počítačem

RSI syndrom (Repetition strain injury)

- záda, ramena, zápěstí, prsty
- únavové bolesti (brnění, mrtvění) → záněty svalů, šlach, pouzder, úponů
- prevence
 - max. 6 hod práce s počítačem denně
 - minimálně každé 2 hod přestávka – protažení svalů
 - tempo do 10 000 úhozů/hod

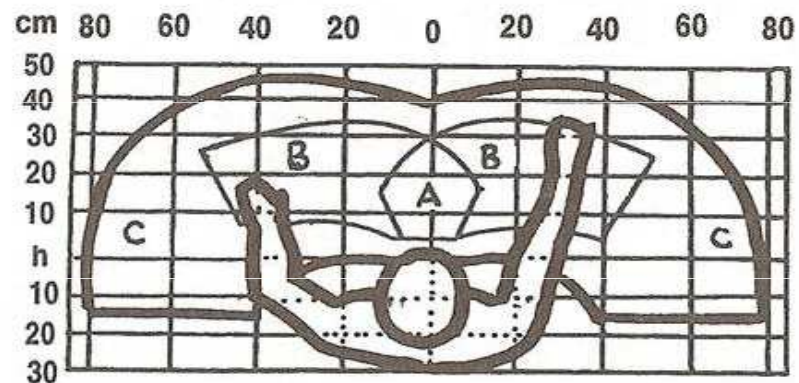
<i>RSI dle Úřadu pro pracovní statistiku, USA</i>		
rok	počet	% chorob
1978	20 200	14
1983	26 700	25
1988	115 300	48
1990	185 400	56

MANIPULACE S BŘEMENY

- muži
 - občasné zvedání a přenášení – 50 kg
 - časté zvedání a přenášení – 30 kg (časté = delší než 30 min za pracovní dobu)
 - maximálně 10 000 kg za pracovní dobu
 - energetický výdej maximálně **8 MJ**
- ženy
 - občasné zvedání a přenášení – 20 kg
 - časté zvedání a přenášení – 15 kg
 - maximálně 7 000 kg za pracovní dobu
 - energetický výdej maximálně **5,4 MJ**

Věk	Podmínky	Maximální hmotnost břemene (kg)		Kumulativní hmotnost za celou pracovní směnu (kg)	
		muži	ženy	muži	ženy
18-29	Příznivé	50	15	10 000	7 000
	Nepříznivé	45	12	8 000	6 500
30-39	Příznivé	45	12	7 500	6 500
	Nepříznivé	40	10	7 200	6 200
40-49	Příznivé	40	10	7 000	6 200
	Nepříznivé	35	8	6 700	6 000
50-59	Příznivé	35	8	6 400	5 500
	nepříznivé	30	5	6 000	4 000

ORGANIZACE PRACOVNÍHO POLE



A – velmi často používané

B – často používané

C – málo používané

MANIPULACE S BŘEMENY

- muži
 - občasné zvedání a přenášení – 50 kg
 - časté zvedání a přenášení – 30 kg (časté = delší než 30 min za pracovní dobu)
 - maximálně 10 000 kg za pracovní dobu
 - energetický výdej maximálně 8 MJ
- ženy
 - občasné zvedání a přenášení – 20 kg
 - časté zvedání a přenášení – 15 kg
 - maximálně 7 000 kg za pracovní dobu
 - energetický výdej maximálně 5,4 MJ

- Vyhláška 288/2003, příloha 1, část A:

„Za zvedání břemena se pokládá též
manipulace s pacienty na lůžku.“

DJNZ

- Zvýšená zátěž:
 - podle charakteru práce:
 - páteř
 - horní končetiny
 - dolní končetiny
 - symetricky nebo asymetricky

DJNZ - následky

- tendinitidy a tendovaginitidy
- entezopatie
- bursitidy
- onemocnění menisků
- artrózy a artritidy

DJNZ – tendinitidy a tendovaginitidy

- přetěžování příslušné šlachy
- bolest (při aktivním stahu nebo při pasivním napětí)
- fáze:
 - akutní – zduření
 - chronická - ztuhlost
- příčina:
 - neobvyklá krátkodobá zátěž
 - opakovaná činnost malé intenzity s velkou četností pohybu (repetition strain injury)

DJNZ – tendinitidy a tendovaginitidy

- etiopatogeneze
 - zánět šlachy
 - nepoměr mezi objemem šlachy a pochvou (zúženo zánětem)
 - často v místech zesílení pochev příčnými vazy
- projevy
 - bolest
 - ztuhnutí
 - omezený pohyb
 - lupání

DJNZ – tendinitidy a tendovaginitidy

- příklady
 - *Morbus de Quervain*
 - zánět šlachy m. abductor pollicis longus a extensor pollicis brevis
 - švadleny, střihačky
 - bolestivé zduření v místě osteofibrózního kanálku u processus styloides radii
 - *peritendinitis crepitans*
 - bursitis m. abductor pollicis longus
 - bolestivé krepitující zduření měkkých tkání 6-10 cm proximálně od radiokarpálního kloubu v místě křížení šlach abduktorů a extenzorů palce extensorem carpi radialis brevis et longus
 - může postihnout i pochvy šlach ohybačů prstů aj.
- léčba – ortopedická (konzervativní event. chirurgická)
- prevence
 - technická
 - nácvik s postupným zatěžováním
 - vyřazení z expozice

DJNZ - entezopatie

= bolestivé stavy v úponech svalových šlach do kostí

- např.
 - *radiální epikondylitida humeru* (tenisový loket) - častější
 - *ulnární epikondylitida humeru* (oštěpařský nebo golfový loket)
- etiopatogeneza: dystrofické degenerativní změny, zmnožení vaziva
- dg: ortopedické vyšetření, rtg, UZV, třífázová scintigrafie
- léčba: konzervativní event. chirurgická
- prevence: výběr osob
 - eliminace osob s vrozenými nebo získanými vadami pohybového aparátu
 - vyřazení z expozice

DJNZ - bursitidy

= záněty tíhových váčků

- příčina: trvalý nebo opakovaný tlak na bursu
- např.
 - *bursitis preapatellaris* (dlaždiči, rubači v nízkých slojích)
 - *bursitis olecrani* (brusiči)
- léčba: konzervativní event. chirurgická
- prevence:
 - změna pracovní technologie
 - polštáře, gumové podložky
 - vyřazení z expozice

DJNZ – onemocnění menisků

- vlivem tlaku na menisky kolenního kloubu při práci v kleče nebo v podřepu (dlaždiči, podlaháři...)
- degenerativní změny chrupavky, odloupení kousku chrupavky (kloubní myška) → bolest, zablokování kloubu
- léčba: chirurgická
- prevence:
 - výběr osob
 - gumové podušky
 - vyřazení z expozice

DJNZ - artrózy

- etiologicky multifaktoriální
- predispozice úrazových stavů
- profesionálně - nejčastěji postiženy klouby loketní nebo zápěstní
- dg: rtg
- léčba: konzervativní nebo chirurgická

DJNZ – RSI syndrom

- *Repetition Strain Injury Syndrom*
- dlouhodobá práce s velkou četností drobných pohybů rukou, bez mikropauz ke zotavení (práce na PC)
- lokální ischemizace → únava, bolest, slabost, parestézie HK a předloktí (tendinitidy, entezopatie, úžinové syndromy, myositidy)
- léčba:
 - zdlouhavá a obtížná
 - fyziatrická, neurologická, ortopedická
- prevence:
 - vyřazení predisponovaných osob
 - vhodné uspořádání pracovního místa

DJNZ – postižení periferních nervů

- monotónní, dlouhodobé a nadměrné zatěžování → komprese, torze, tah v úžinových prostorách
- stádium iritační (bolest, parestézie, hyperestézie, palčivost) → paretické (hypestézie, poškození motoriky až paréza)
- nejč.
 - n. medianus v pronátorovém (mezi dvěma hlavními m. pronator teres) a karpálním tunelu
 - n. radialis v supinátorovém tunelu (mezi snopci m. supinatorius)
 - n. ulnaris v kubitálním tunelu
 - n. tibialis v podkolenní jamce nebo v tarzálním tunelu (oblast kotníku)
- dg: elektromyelografie
- léčba: neurochirurgická ve spolupráci s ortopedem
- prevence:
 - výběr vhodných osob
 - technologie
 - vyřazení z expozice

DJNZ - kontraindikace

- onemocnění cév a nervů HK
- degenerativní a zánětlivá onemocnění pohybového aparátu
- závažné porážkové a pooperační stavy
- závažná endokrinní onemocnění (včetně DM)
- diagnostikované ohrožení nemocí z povolání (z vibrací, z DJNZ)

PROFESIONÁLNÍ DERMATÓZY

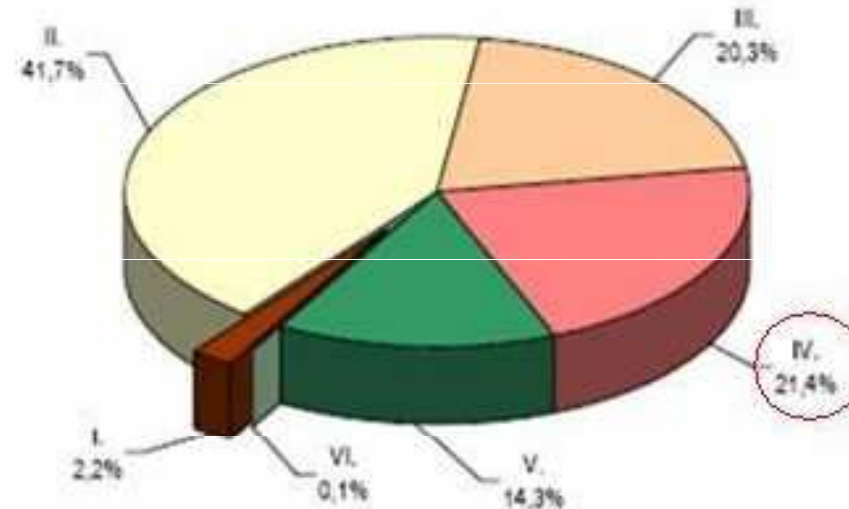
PROFESIONÁLNÍ DERMATÓZY

- patří k nejčastějším chorobám z povolání

- vlivy:

- fyzikální
- chemické
- biologické

2. Struktura hlášených nemocí z povolání podle kapitol seznamu NzP



- I. Nemoci z povolání způsobené chemickými látkami
- II. Nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory
- III. Nemoci z povolání týkající se dýchacích cest, sliz, pohrudnice a pobřížnice
- IV. Nemoci z povolání kožní
- V. Nemoci z povolání přenosné a parazitární
- VI. Nemoci z povolání způsobené ostatními faktory a činiteli

PD – fyzikální vlivy

- 1. mechanické
 - mikrotraumata → infekce, alergizace
 - stigmata (mozoly, exogenní impregnace barvivy)
 - ohraničené alopecie (důstojníci)
- 2. chlad
 - omrzliny
 - oznobeniny
- 3. teplo
 - akutní - popálení, opaření, zasažení el. proudem
 - chronické - síťovité hyperpigmentace při dlouhodobě působícím sálavém teple (hutě, sklárny) = *dermatitis reticularis ab igne*

PD – fyzikální vlivy

- 4. UV záření
 - *akutní solární dermatitida*
 - degenerativní a proliferativní změny
 - fotosenzibilizace
 - vznik kožních nádorů
- 5. ionizující záření
 - *akutní nebo chronická radiodermatitida*
 - riziko maligního zvratu

PD – chemické vlivy

- 1. vysoušení a odmaštění
 - kombinováno s iritačními a toxickými účinky
- 2. toxický a iritační účinek
 - závisí na koncentraci, době působení a charakteru látky
 - *dermatitis toxica acuta*: erythematosá – bullosá – nekrotická
 - kyseliny → koagulační nekróza
 - alkálie → kolikvační nekróza
 - *dermatitis irritativa acuta* – po kontaktu s ředěnými roztoky agresivních chemikálií
 - po krátké latenci zarudnutí, edém s puchýřky
 - *dermatitis irritativa chronica*
 - opakované působení méně dráždivých chemikáliích, nejč. na HK
 - první příznaky – suchost kůže, erytém, deskvamace
 - později papulózní až papulovezikulózní projevy
 - velmi podobná kontaktnímu ekzému (je ale pouze v místě kontaktu)

PD – chemické vlivy

- 3. alergogenní vlivy
 - vlivem pozdní, buněčné přecitlivělosti (T-Iy)
 - přecitlivělost zpočátku monovalentní, později oligovalentní až polyvalentní
 - skupinové alergie na chemicky podobné látky
 - sdružené alergie na více látek současně
 - lokalizace – ruce, předloktí, obličej, nohy
 - tzn. v místě kontaktu, ale i jinde po těle
 - nejčastější alergeny
 - guma, přírodní latex (chirurgické rukavice)
 - plastické hmoty (pryskyřice epoxidové, polyesterové, akrylové fenolformaldehydové)
 - sloučeniny kovů (Cr, Co, Ni)
 - agrochemikálie, léčiva, dezinfekční prostředky, dřeva,...

PD – chemické vlivy

– *profesionální atopický ekzém*

- mohou být i projevy astma bronchiale (dermorespirační syndrom)
- nejč. u mlynářů, pekařů (moučný prach, roztoči), zahradníci (pyly), zdravotnictví (dezinfekční prostředky)
- projevy:
 - prasklinky, zasychání povrchu kůže (šupinky, krusty), někdy hyperkeratóza a hyperpigmentace
 - svědění → eroze, infekce

– *profesionální kopřivka*

- např. na moučný prach, zvířecí chlupy, pyl, maso, mléko, antibiotika
 - projevy – ploché pupeny
- dg: epikutánní testy

PD – chemické vlivy

- 4. aknegenní a keratoplastický účinek
 - *acne oleosa a acne picea*
 - minerální oleje, dehty
 - na místech maximálního znečištění kůže a oděvu
 - folikulárně vázané hyperkeratózy, komedony, papuly až papulopustuly s výraznou zánětlivou složkou
 - *acne chlorina*
 - chlorované uhlovodíky (dibenzodioxiny, naftaleny, difurany, azobenzoly...)
 - vstup – dermálně, ale i jinak (inhalačně, orálně, injekčně)
 - lokalizace – kdekoliv (často genitál, obličej, intertriginózní oblasti)
 - komedony, papulopustuly, mnohočetné cysty
 - tyto látky mohou poškodit i další orgány (játra, ledviny, pankreas, NS)

PD – chemické vlivy

- 5. fotodynamické a fotosenzibilizující působení chemických látek
 - zesilují působení UV záření (psoraleny, antibiotika, cytostatika...)
- 6. kancerogenní efekt
 - prokázán u PAU (dehet, ropa), As
 - nejčastěji spinocelulární karcinom, melanom, vzácněji basaliom, sarkom
 - dlouhé bezpříznakové období (i desítky let)

PD – chemické vlivy

- léčba profesionálních dermatóz
 - dermatologická (dermatolog se specializací pro choroby z povolání)
- prevence
 - omezení kontaktu s chemickou látkou
 - technická opatření (výměna chemikálie, hermetizace, automatizace, odsávání, větrání...)
 - organizační opatření – střídání pracovníků, přestávky
 - náhradní opatření – OOPP, hygiena
 - zdravotní prevence
 - pozor na mladistvé, těhotné ženy, kojící matky, osoby plánující početí

PD – biologické vlivy

- *1. viry*
 - *noduli mulgentium (hrboly dojičů)*
 - příčina – virus paravakciny (kravské neštovice)
 - dojiči, ošetřovatelé skotu, veterináři
 - *orf – ecthyma contagiosum*
 - příčina – pox-virus
 - rezervoár ovce, kozy – chovatelé, řezníci
- *2. bakterie*
 - *erysipeloid*
 - příčina – *Erysipelothrix rhusiopathiae*
 - zdroj – infikované maso vepřů, ryb a drůbeže
 - *tuberculosis cutis*
 - příčina – *Mycobacterium tbc* nebo *bovis*
 - 2 formy
 - *tbc. verrucosa*
 - *tbc. verruca necrogenes*
 - *další infekce (brucelóza, tularemie, maleus, anthrax)*

PD – biologické vlivy

- 3. *plísně a kvasinky*

- *trichofýcie*

- přenáší se z nemocného zvířete nebo kontaminovaného steliva
 - povrchové nebo hluboké
 - antropofilní (*Trychophyton rubrum*), zoofilní (*T. verrucosum*, *mentagrophytes*) – nemoc z povolání pouze u zoofilních

- *kandidózy*

- u zaměstnanců konzerváren, mlékáren, cukrářů, kuchařů, myček nádobí
 - nejčastěji - prsty, meziprstí, nehtový val

- 4. *parazité*

- *zavšivení (pediculosis)*

- *příčina – veš vlasová, veš šatní*

- *svrab (scabies)*

- *příčina – *Sarcoptes scabiei**

PD – biologické vlivy

- dg:
 - kontakt s nákazou
 - klinický obraz
 - průkazní testy
 - expoziční a eliminační zkouška
- léčba
 - podle příčiny

Nemoci z povolání 2007, ÚZIS

Počet hlášených onemocnění v roce 2007

Název diagnózy podle MKN-10	muži	ženy	celkem
Scabies - svrab	17	64	81
Dermatofytózy	1	3	4
Erysipeloid	3	1	4
Alergická kontaktní dermatitida	58	85	143
Kontaktní dermatitida z podráždění	21	32	53

KONEC

Děkuji za pozornost.