

NEBEZPEČNÝ HLUK





Tato příručka má sloužit k vytvoření představy o škodlivosti nadměrného hluku. Hudební hluk škodí stejně jako jiný, ale je o to zákeřnější, že si to posluchači neuvědomují.

Poslech hlasité hudby na diskotékách je stejně škodlivý jako velká hlasitost například ve sluchátkách mobilu.

V jednotlivých kapitolách je možné se seznámit s tím, jak vzniká zvuk, jaké hladiny jsou již nebezpečné a co je možné dělat ve stavebních konstrukcích proti průniku hluku.

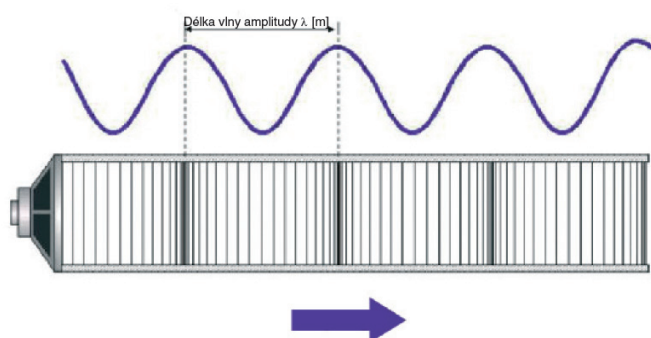
Obsah

JAK VZNIKÁ ZVUK	4
VLNOVÁ DÉLKA	4
KMITOČTY ZVUKU	5
UCHO – ŘEZ	5
OBLAST SLYŠENÍ	6
KŘIVKY STEJNÉ HLASITOSTI	6
TABULKA HLADIN	7
KONTROLNÍ OTÁZKY NA ODHAD HLADINY ZVUKU	9
ZVUKY	10
OBTĚŽUJÍCÍ HLUK	10
PRŮNIK HLUKU	11
HLUK A IZOLACE PROTI NĚMU	11
KONTROLNÍ OTÁZKY	12
AKUSTIKA V BUDOVÁCH	13
NEPRŮZVUČNOST 1	14
NEPRŮZVUČNOST 2	14
MĚŘENÍ STROJE	15
POKLES ZVUKU	15
DOZVUK A POKLES HLADINY ZVUKU	16
ČINITEL POHLTIVOSTI ALFA	16
HUDBA A DOZVUK	17
INDEX SROZUMITELNOSTI	17
KONTROLNÍ OTÁZKY	18
MĚŘENÍ ZVUKU A POVOLENÉ LIMITY	19
ZVUKOMĚŘ	19
ZVUKOMĚŘ 2250	19
PŘÍKLADY SKUPINY ZVUKOMĚŘŮ	20
MĚŘENÍ ZVUKOMĚREM 2250	20
POVOLENÉ LIMITY HLUKU	21
SVĚTELNÝ PANEL HLUKOVÉHO ALARMU	21
DODATKY	22
SPRÁVNÉ ODPOVĚDI NA KONTROLNÍ OTÁZKY	24

JAK VZNIKÁ ZVUK

- Zvukem nazýváme všechny změny tlaku ve vzduchu, vodě a jiném prostředí, rozpoznatelné lidským sluchem.
- Změny tlaku více než 20krát za sekundu jsou vnímatelné sluchem a nazýváme je zvukem.
- Počet změn tlaku za sekundu určuje kmitočet (frekvence) zvuku, tj. jeho výšku, a jednotkou je 1 Hz (Hertz).

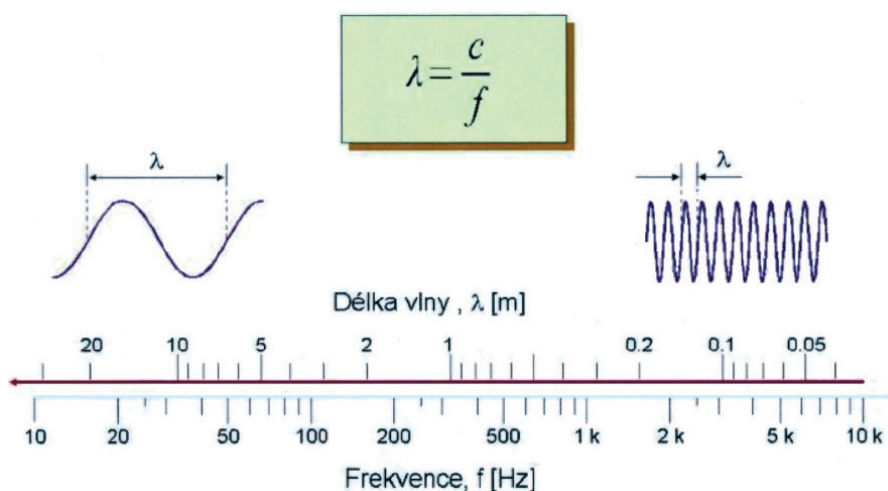
Vznik zvuku



Rychlost šíření zvuku, $c = 344 \text{ m/s}$

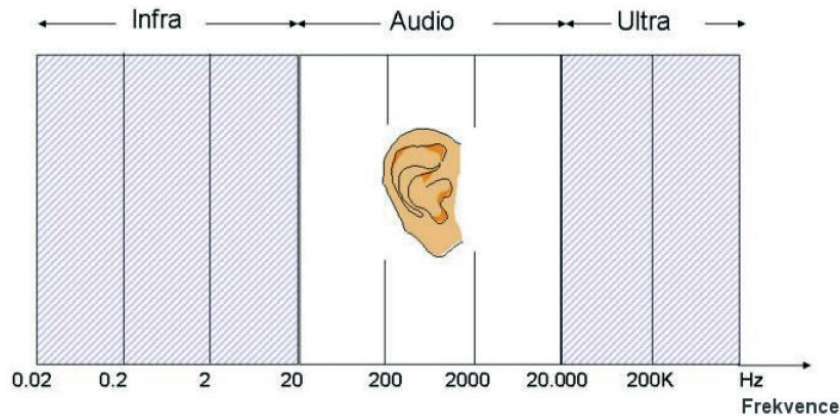
VLNOVÁ DÉLKA

Vlnová délka



- Zdravý sluch vnímá zvuk v rozsahu kmitočtů 20 Hz až 20 kHz.
- Neslyšitelný zvuk s kmitočty pod 20 Hz nazýváme infrazvukem a s kmitočty nad 20 kHz ultrazvukem.

Kmitočty zvuku



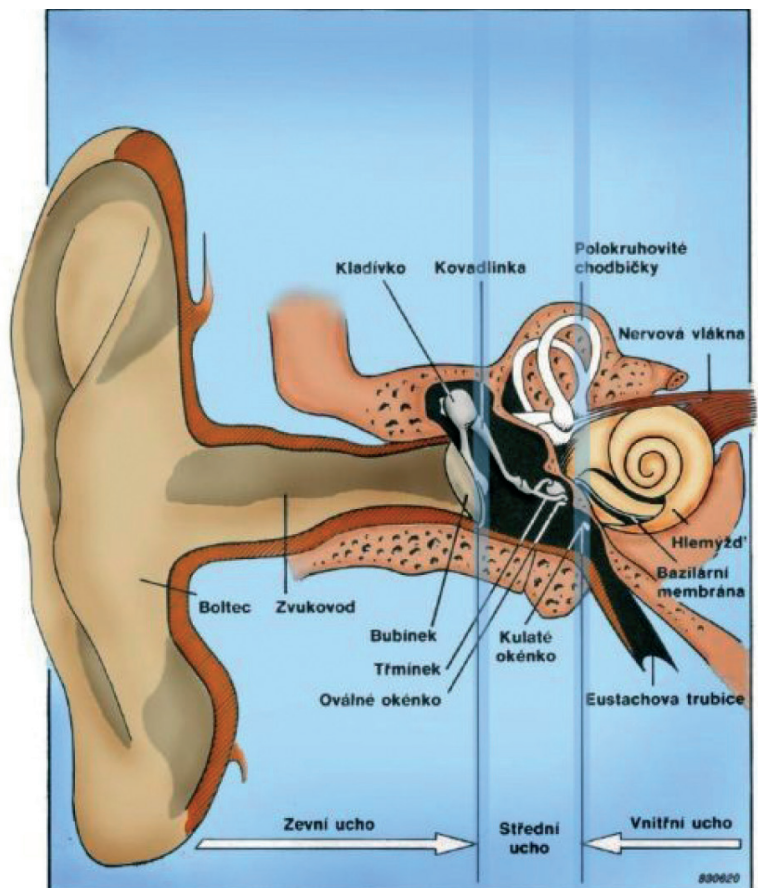
UCHO – ŘEZ

Na obrázku je řez lidským sluchovým orgánem. Ucho se skládá ze

- zevního,
- středního a
- vnitřního ucha.

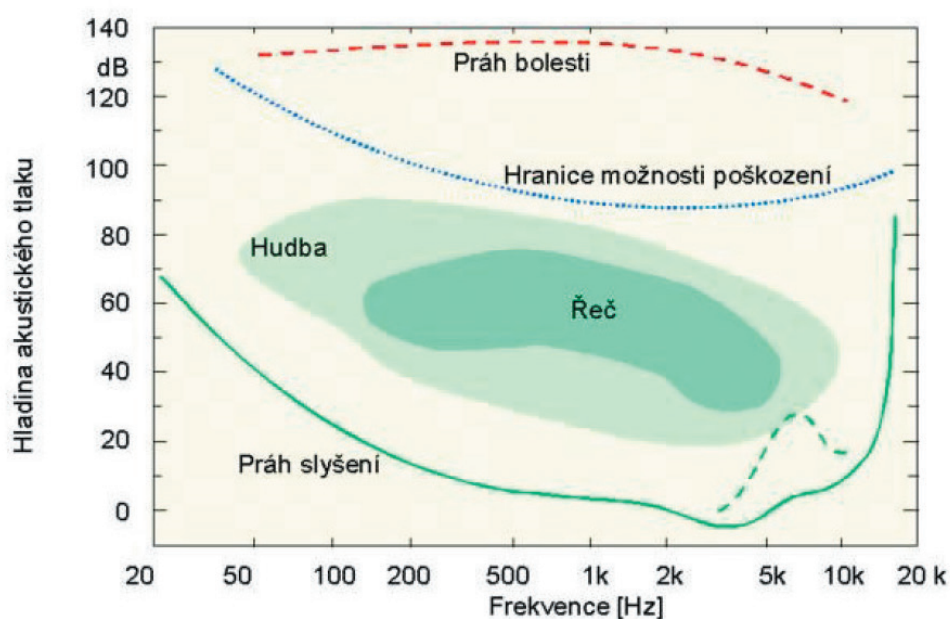
Akustické vlny projdou zvukovodem, dopadnou na bubínek, který rozkmitají. Kmity bubínku se přenášejí kůstkami (kladívkem, kovadlinkou a třmínkem) na oválné okénko. Blanka v oválném okénku přenáší kmity do tekutinou vyplněného hlemýždě, kde dochází drážděním vláskových buněk k přeměně mechanických kmitů na nervové potenciály vedené nervovými vlákny k mozku.

Při vystavení ucha vysokým hladinám akustického tlaku dochází k nevratnému poškození vláskových buněk, a tím k pomalé ztrátě sluchu.



- Lidský sluch vnímá nejen výšku zvuku, ale také amplitudu (tj. velikost) změn tlaku, čili akustický tlak.
- Práh slyšení je subjektivní vnímání zvuku na různých kmitočtech a je ohraničen na obrázku zelenou křivkou.
- Zelenými plochami jsou označeny oblasti vnímání řeči a hudby.
- Důležitá je modrá křivka poškození sluchu (cca 85 dB).
- Když se sluchový vjem mění v pocit bolesti, hovoříme o tzv. prahu bolesti (cca 125 dB).

Oblast slyšení



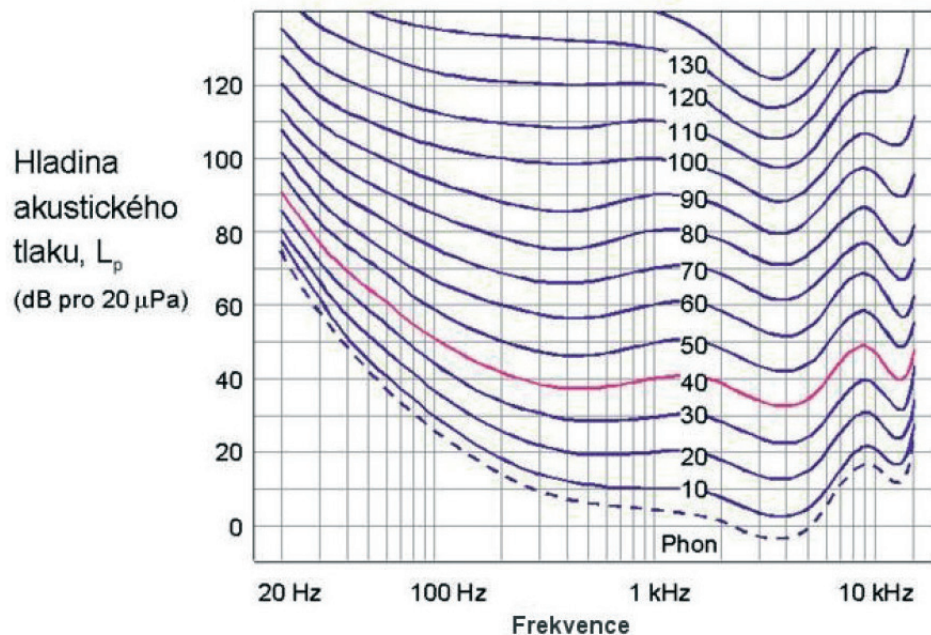
KŘIVKY STEJNÉ HLASITOSTI

Hranice vjemu sluchu pro čisté tóny (např. ladička) je pro každý tón a každou hladinu rozdílná a kolísá podle tzv. křivek stejné hlasitosti.

Například při hudebních produkcích bývají basy uměle zesilovány, aby pro posluchače působily vyváženě s hlasy nástrojů ve středních polohách, neboť z křivek stejné hlasitosti vyplývá, že citlivost sluchu je při nižších tónech mnohem menší než při středních.

Hodnota (hranice vjemu sluchu) byla stanovena statisticky z velkého počtu lidí ve věku 18 až 25 let se zdravým sluchem.

Křivky stejné hlasitosti pro čisté tóny

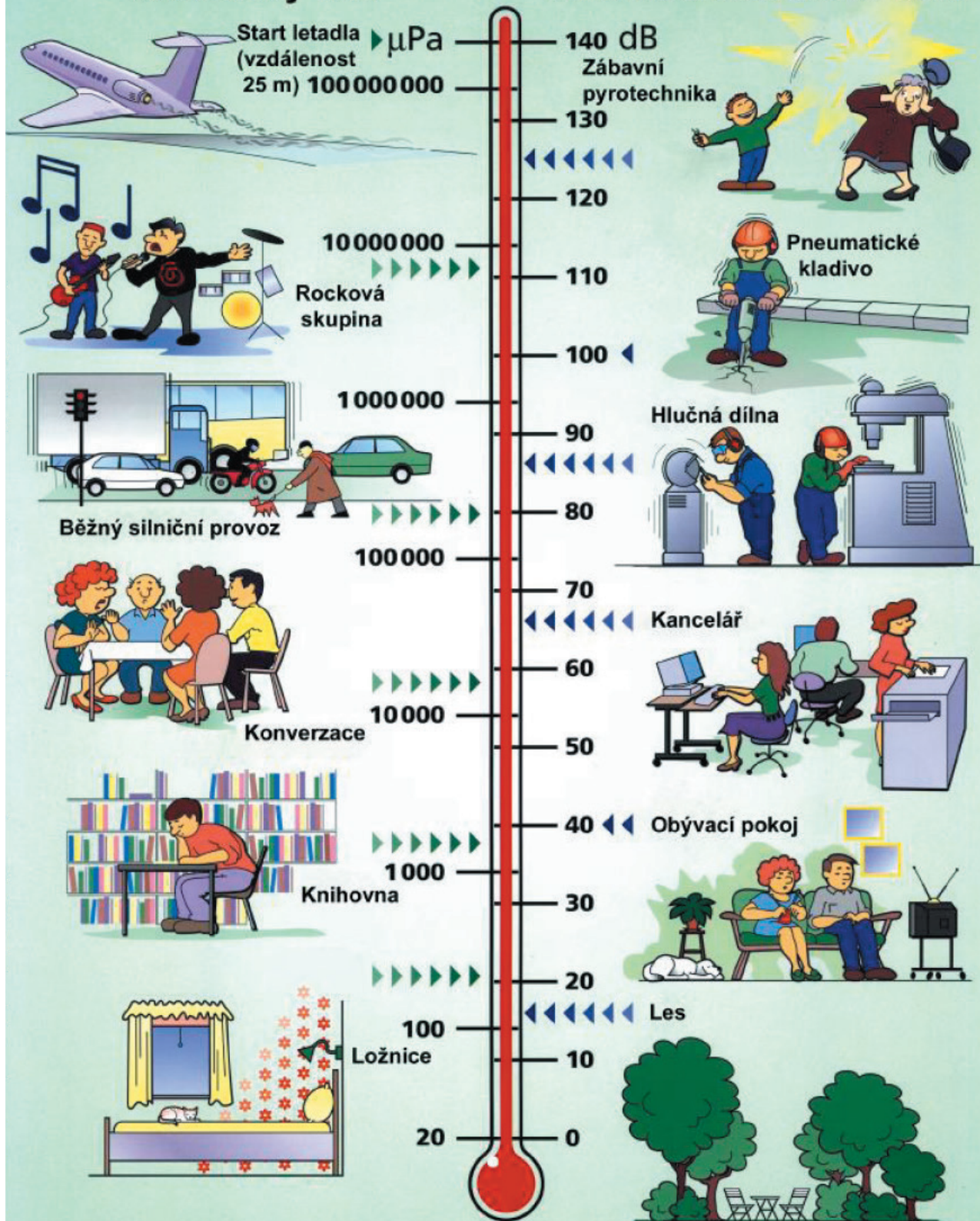


TABULKA HLADIN

- Zvuk se měří a udává v jednotkách akustického tlaku dB.
- Hladina 0 dB je vztažena k akustickému tlaku $20 \mu\text{Pa}$ ($= 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$), který je nazýván prahem slyšení.
- Tato hodnota je pro představu 50 000krát menší než normální barometrický tlak vzduchu.
- Je nutné si uvědomit, že decibel dB je logaritmická jednotka a referenční bod je $20 \mu\text{Pa}$.
- Tzn., že zvýšení hladiny akustického tlaku o 20 dB představuje zvýšení akustického tlaku na desetinásobek.
- V případě hladiny 20 dB je akustický tlak $200 \mu\text{Pa}$, při hladině 40 dB je akustický tlak $2 000 \mu\text{Pa}$.
- Logaritmická stupnice se používá, protože lépe odpovídá sluchovému vjemu člověka než stupnice lineární.

Akustický tlak

Hladina akustického tlaku



82 1183 - 11

HEADQUARTERS: DK-2850 Naerum - Denmark - Telephone: +45 45 80 05 00 - Fax: +45 45 80 14 05 - <http://www.bkav.com> - e-mail: info@bkav.com
 Australia (02) 9450 2006 - Austria (01) 43 1 86 74 00 - Brazil (11) 5 762 8166 - Canada (314) 895 8225 - China (86) 10 600 7999
 Czech Republic (02) 47 02 11 00 - Finland (09) 755 76 00 - France (01) 48 90 71 00 - Germany (06) 50 77 13 10 - Hong Kong (2538) 7486 - Hungary (1) 31 50 02 05
 Ireland (01) 903 7600 - Italy (02) 57 88 61 - Japan (03) 3779 8671 - Republic of Korea (02) 3473 0605 - Netherlands (01) 31 6 55 9250 - Norway 66 77 11 55
 Poland (0-22) 658 93 92 - Portugal (01) 411 14 53 - Singapore (05) 375 4012 - Slovak Republic 421 7 944 307 01 - Spain (01) 039 0820 - Sweden (08) 440 8800
 Switzerland (0) 58 90 70 00 - Taiwan (02) 713 3303 - United Kingdom (01) 438 739 000 - USA 800 352 2060
 Local representatives and service organisations worldwide

Brüel & Kjær

KONTROLNÍ OTÁZKY NA ODHAD HLADINY ZVUKU

Na jakých hladinách akustického tlaku se přibližně vyskytují tato prostředí:

Otázka 1: společenské prostory, větší kanceláře, tiché výrobní prostory

- a) 15 dB
- b) 35 dB
- c) 55 dB
- d) 75 dB
- e) 115 dB

Otázka 2: tichá prostředí pro veřejnost, např. studovny a knihovny

- a) 15 dB
- b) 35 dB
- c) 55 dB
- d) 75 dB
- e) 115 dB

Otázka 3: rockový koncert, střelba

- a) 15 dB
- b) 35 dB
- c) 55 dB
- d) 75 dB
- e) 115 dB

Otázka 4: velmi tichá prostředí, jako je ložnice či les

- a) 15 dB
- b) 35 dB
- c) 55 dB
- d) 75 dB
- e) 115 dB

Otázka 5: hlučné hlavní ulice ve městech, strojírenské výrobní provozy

- a) 15 dB
- b) 35 dB
- c) 55 dB
- d) 75 dB

Správné odpovědi najdete na s. 24.

- Na člověka v normálním životním prostředí působí velké množství zvuků příjemných i nepříjemných.
- Když jsou zvuky v hladinách, které jsou obtěžující nebo rušící, nazýváme je hlukem.

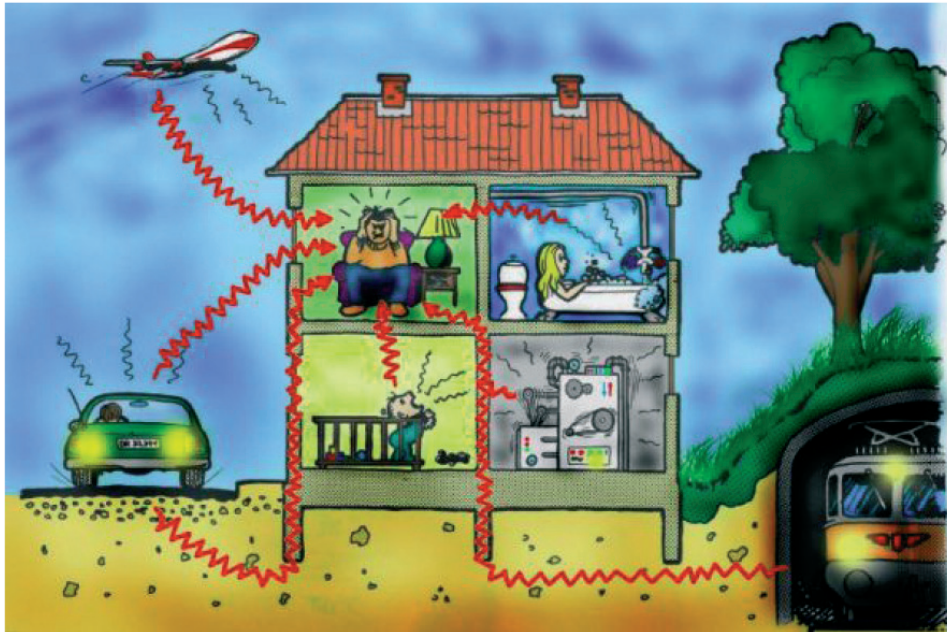


OBTĚŽUJÍCÍ HLUK

- Nejen průmyslový, ale i hudební hluk ve vyšších hladinách škodí lidskému sluchu a může vyvolávat jeho trvalé poškození.
- Dále hluk působí na lidskou psychiku a může vyvolávat neurózy, stres atd.

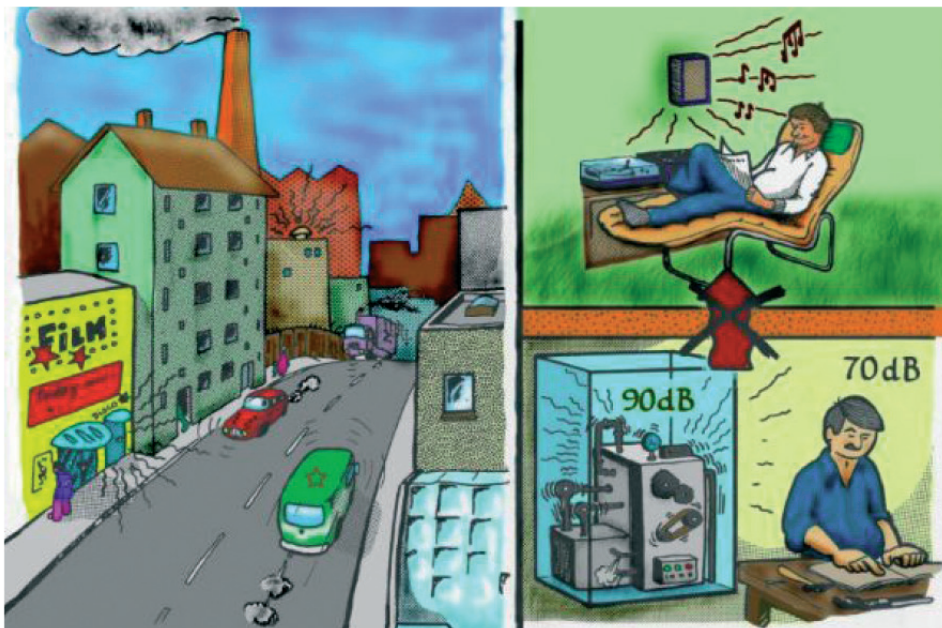


Hluk se může šířit a pronikat do prostorů obytných budov a úřadů nejen zvenku, ale i z jiných částí budov různými cestami, kde ruší při práci i odpočinku.



HLUK A IZOLACE PROTI NĚMU

- V obytných budovách a v pracovním prostředí je snaha dělat opatření proti průniku rušivého hluku jak zvenčí budovy, tak i z ostatních prostorů téže budovy, kde je vytvářen nadměrný hluk.
- Stěny budovy, stropy, jednotlivé dělicí příčky a okna musí být konstruovány s ohledem na největší neprůzvučnost.



KONTROLNÍ OTÁZKY

Otázka 1: zvukem nazýváme všechny změny tlaku v prostředí:

- a) rozpoznatelné přístroji
- b) rozpoznatelné lidským sluchem
- c) rozpoznatelné živočichy na Zemi
- d) bez omezení

Otázka 2: jednotkou kmitočtu (změn tlaku za sekundu) je:

- a) dB (decibel)
- b) s (sekunda)
- c) bez jednotky
- d) Hz (Hertz)

Otázka 3: zdravý člověk slyší zvuk:

- a) v celém rozsahu kmitočtů
- b) v oblasti 20Hz až 20 kHz
- c) v celé oblasti pod 20 kHz
- d) v celé oblasti nad 20 Hz

Otázka 4: prahem slyšení rozumíme:

- a) subjektivní hranici (na různých kmitočtech), kdy už vnímáme zvuk
- b) hranici poškození sluchu
- c) přechod zvuku nad křivku stejné hlasitosti
- d) hranici 20 Hz

Otázka 5: která odpověď není správná? Zvuk měřený v hladinách akustického tlaku:

- a) má jednotku dB
- b) je logaritmická funkce
- c) má pro nulu referenční bod 0 μPa
- d) znamená, že při hladině 40 dB je akustický tlak 2 000 μPa

Otázka 6: hluk:

- a) může být i příjemný
- b) jsou zvuky obtěžující nebo rušící
- c) vždy způsobuje trvalé poškození sluchu

Správné odpovědi najdete na s. 24.

AKUSTIKA V BUDOVÁCH

Z akustiky v budově lze měřit:

- Dobu dozvuku v jednotlivých částech budovy
- Pokrytí zvukem v ozvučovaném prostoru (přednáškové a koncertní sály)
- Neprůzvučnost stěn a stropů
- Hluk instalovaných zařízení
- Přenos hluku konstrukcí
- Tlumení vibrací



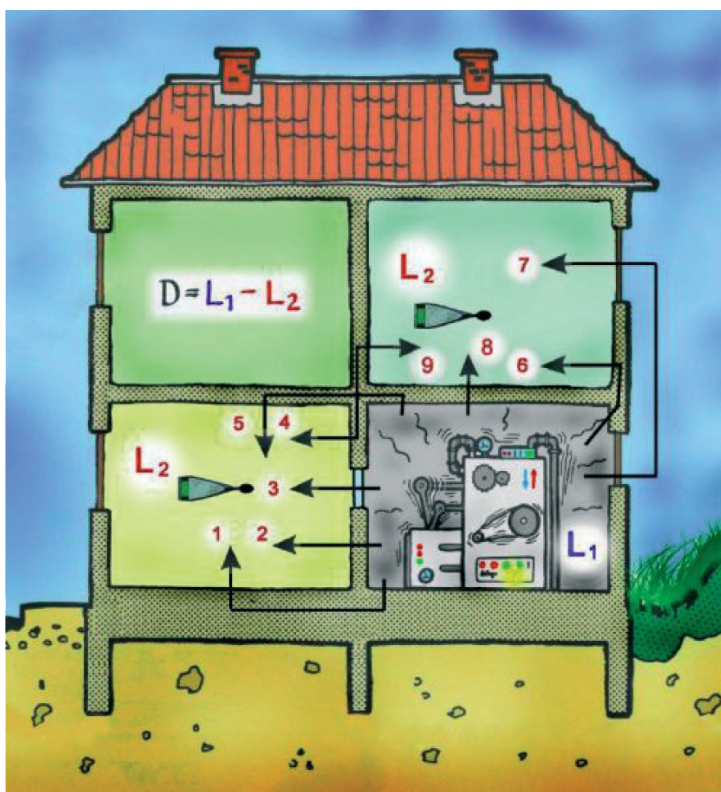
NEPRŮZVUČNOST 1

- Hluk pozadí má velký vliv na požadovanou neprůzvučnost mezi místnostmi.
- Například: Při předpokládaném hluku stroje 80 dB a hluku z okolí (pozadí) 60 dB vyhoví neprůzvučnost stěny 20 dB. Při stejném stroji, ale při hluku pozadí 40 dB je již třeba neprůzvučnost stěny 40 dB.

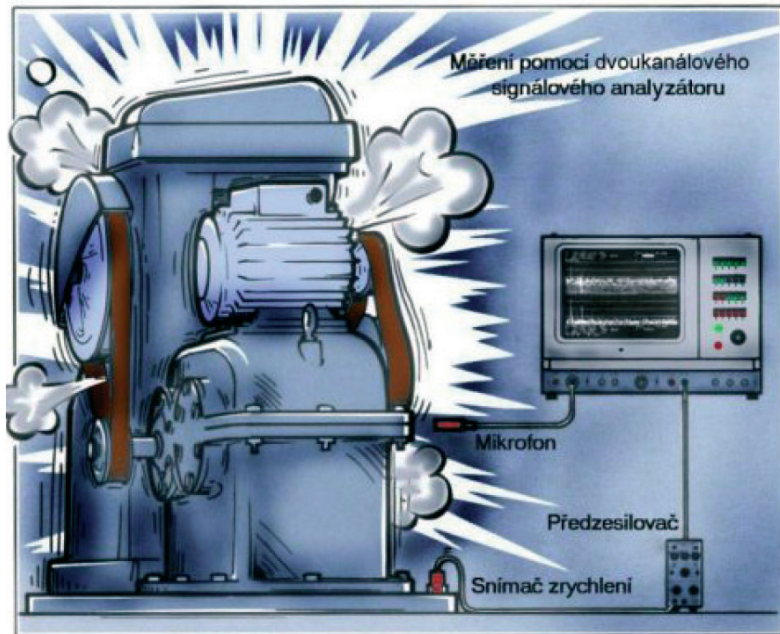


NEPRŮZVUČNOST 2

- Neprůzvučností se rozumí zeslabení jednotlivých zdrojů pronikajícího zvuku se součtem zdrojů L_1 do druhé místnosti.
- Zvuk může pronikat množstvím cest jako například drobnými otvory ve stěně, vlastní hmotou stěny, přes sousední prostor atd.
- Výsledná hladina L_2 je součet všech cest.

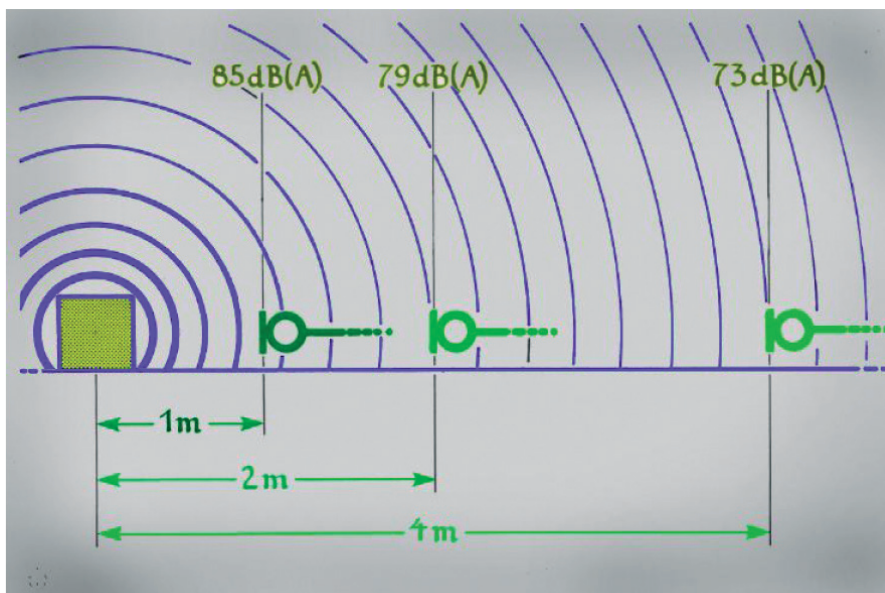


- V moderních budovách je instalováno mnoho strojních zařízení, například výtahy, pračky, klimatizační zařízení apod., které produkují hluk a vibrace.
- Pro účely omezení šíření hluku a vibrací v budově je nejprve zapotřebí provést měření hluku a vibrací jednotlivých strojů a zařízení.
- Lze analyzovat vztah mezi hlukem a vibracemi od zkoumaného zdroje.



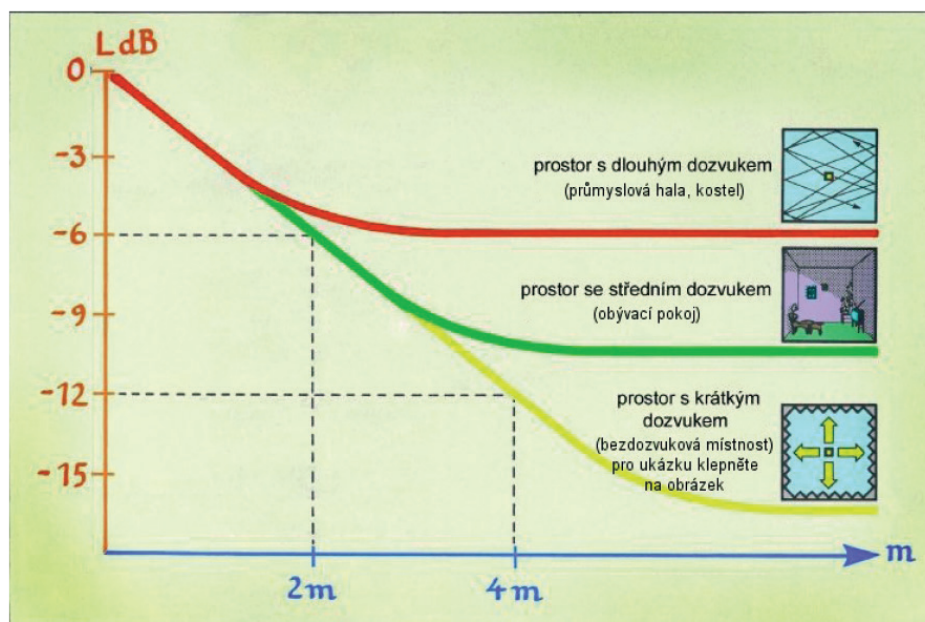
POKLES ZVUKU

- Ve volném prostoru, kde nejsou žádné odrazy a překážky, klesá hladina zvuku s dvojnásobkem vzdálenosti o 6 dB.
- To znamená, že nějaký stroj produkující hluk, který má ve vzdálenosti 1 m hladinu 85 dB, poklesne tato hladina ve vzdálenosti 4 m na 73 dB a ve vzdálenosti 8 m již má hladinu 67 dB atd.



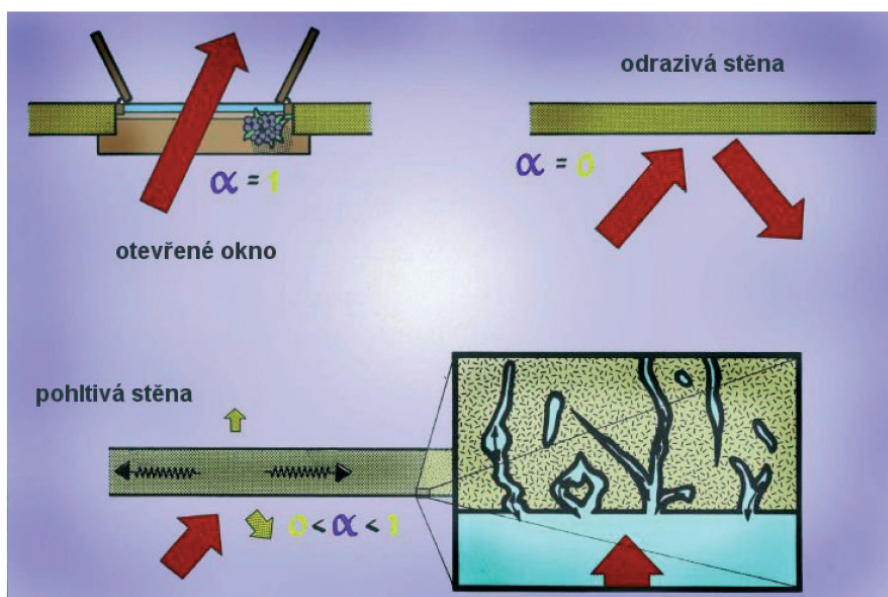
DOZVUK A POKLES HLADINY ZVUKU

- V uzavřených prostorech je pokles hladiny zvuku závislý na odrazivosti stěn, a tím na době dozvuku.
- V místnosti s hladkými stěnami bude pokles hladin nejmenší a doba dozvuku největší. V místnosti s normálním zařízením, okny a koberci bude pokles hladin střední. V místnosti, která napodobuje volný prostor, bude doba dozvuku velmi krátká a bude platit pokles 6 dB na dvojnásobek



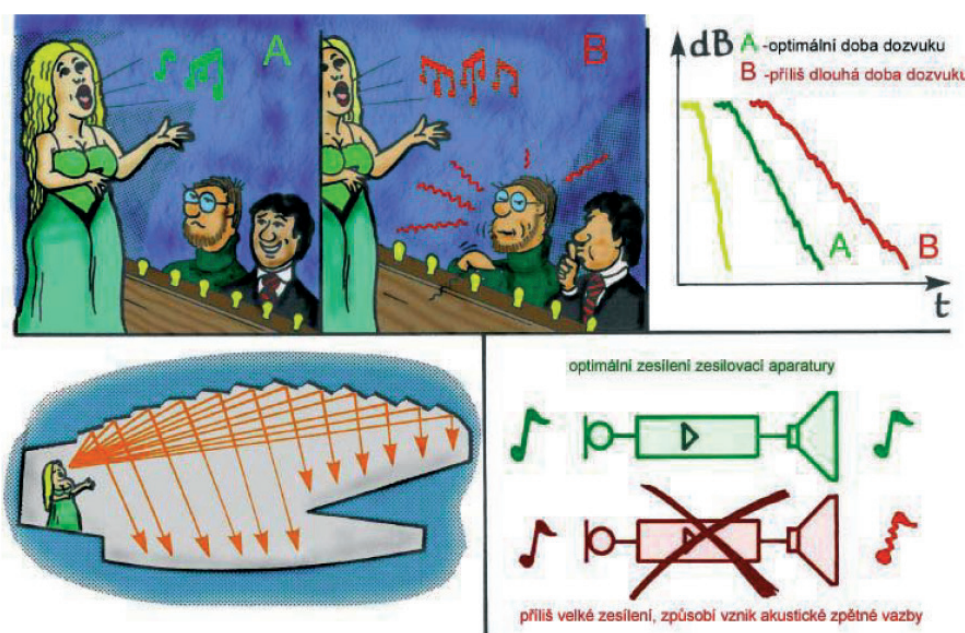
ČINITEL POHLTIVOSTI ALFA

- Akustické vlastnosti pohlcujících stavebních materiálů jsou reprezentovány činitelem zvukové pohltivosti α , který je závislý na kmitočtu a směru dopadu zvukové vlny.
- Otevřené okno má například $\alpha = 1$ a naopak hladká rovná stěna má $\alpha = 0$.
- Pohltivost materiálů je způsobena ztrátami akustické energie v pórech materiálu.
- Pro normální stavební a akusticky pohltivé materiály se číselník pohybuje $0 < \alpha < 1$.
- V prostorech, kde je třeba upravit dobu dozvuku, se používají akusticky pohltivé materiály na obklady stěn a stropů.



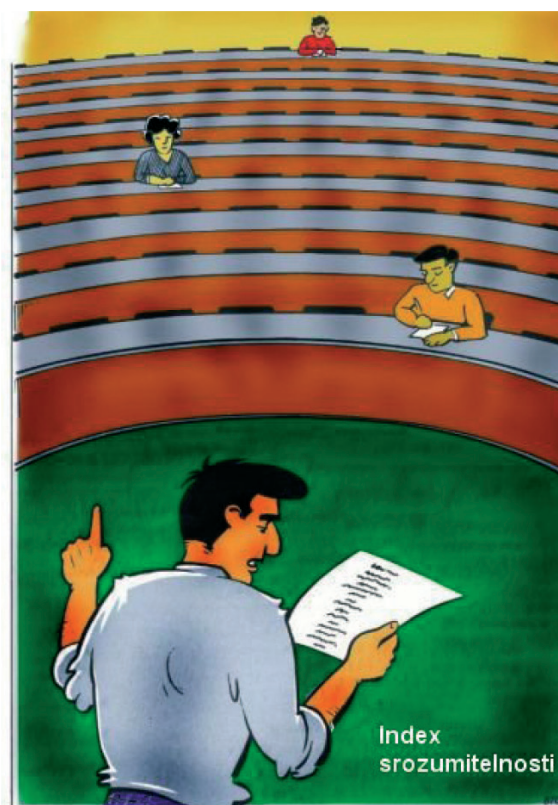
V koncertních sálech musí být doba dozvuku optimální (zelená křivka).

- V případě, že je doba dozvuku příliš dlouhá, je poslech rušen dozvukem.
- Dozvuk by neměl být prodlužován elektronickou cestou.
- V koncertních sálech je třeba, aby byl akustickou úpravou stropů a části stěn zajištěn odraz zvuku z pódia do prostoru pro posluchače.
- Je důležité rovnoměrné rozložení zvuku z pódia po celé ploše hlediště.



INDEX SROZUMITELNOSTI

- Srozumitelnost lze testovat různými mluvčími v daném prostoru sálu pomocí čtení stanovených slabik, sestavených do zkušebních tabulek.
- Posluchači jsou na různých místech sálu a jsou vybíráni tak, aby reprezentovali složení posluchačů v testovaném sále. Posluchači vyplňují dotazníky jak slyší a podle toho se stanovuje index srozumitelnosti, který se pohybuje mezi 0 a 1.



KONTROLNÍ OTÁZKY

Otázka 1: index srozumitelnosti se pohybuje v rozmezí hodnot:

- a) 0 až 10
- b) 0 až 1
- c) 1 až 10
- d) nemá číselnou hodnotu

Otázka 2: neprůzvučností se rozumí:

- a) naprosté utlumení (potlačení) zvuku do druhé místnosti
- b) zeslabení součtu všech zdrojů pronikajícího zvuku do druhé místnosti přes danou stěnu
- c) zeslabení největšího zdroje pronikajícího zvuku do druhé místnosti přes danou stěnu
- d) zeslabení součtu všech zdrojů pronikajícího zvuku do druhé místnosti všemi možnými cestami

Otázka 3: hladina zvuku klesá:

- a) s dvojnásobnou vzdáleností od zdroje o 6 dB ve volném prostoru
- b) s dvojnásobnou vzdáleností od zdroje o 6 dB v uzavřeném prostoru
- c) s dvojnásobnou vzdáleností od zdroje o polovinu ve volném prostoru
- d) s dvojnásobnou vzdáleností od zdroje o polovinu v uzavřeném prostoru

Otázka 4: dozvuk v místnosti bude největší:

- a) s hladkými stěnami, nezařízené, s okny
- b) s hladkými stěnami, nezařízené, bez oken
- c) s textilními tapetami, kobercem, zařízením
- d) ve studiu

Otázka 5: která odpověď není správná? Činitel zvukové pohltivosti:

- a) je závislý na kmitočtu a směru dopadu zvukové vlny
- b) má značku α (alfa)
- c) se pohybuje pro normální materiály od 0 do 10
- d) reprezentuje akustické vlastnosti pohlcujících stavebních materiálů

Správné odpovědi najdete na s. 24.

MĚŘENÍ ZVUKU A POVOLENÉ LIMITY

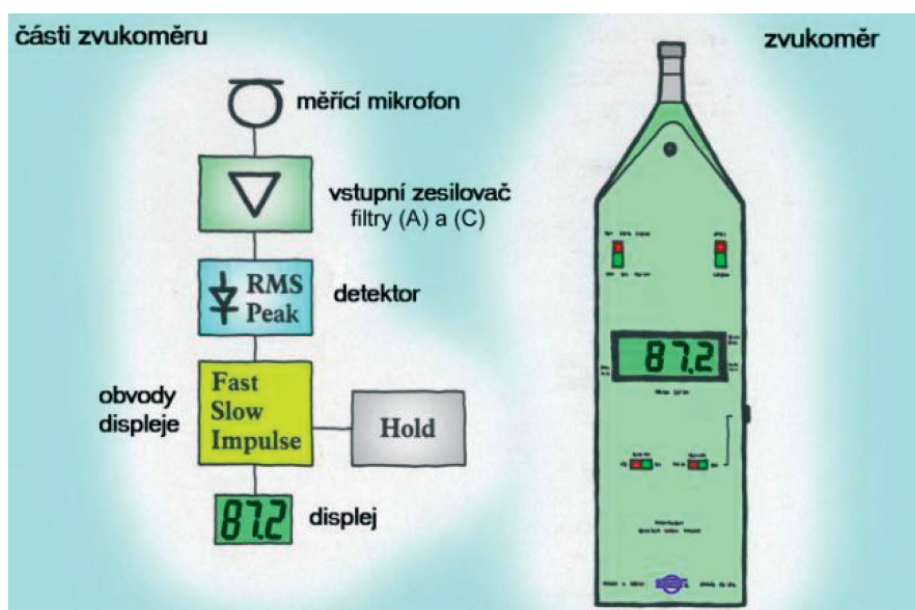
ZVUKOMĚŘ

Zvukoměr je elektronické zařízení reagující na zvuk podobně jako lidský sluch a umožňuje objektivní a opakovatelné měření jeho hladin.

Zvukoměr má tyto hlavní části:

- měřicí mikrofón (mění akustický tlak na elektrický signál),
- zesilovač (zesílí slabý signál z mikrofónu pro další zpracování),
- zvukoměrné filtry (A, případně C),
- blok detektorů a zobrazovací jednotku.

Zvukoměr a celá jeho konstrukce musí odpovídat příslušným normám pro zvukoměry. Aby hodnoty zobrazené na displeji přesně odpovídaly hladině akustického tlaku v dB v místě měřicího mikrofónu, musí být zvukoměr zkalibrován.



ZVUKOMĚŘ 2250

Příklad moderního zvukoměru dánské firmy Brüel & Kjaer s frekvenční analýzou v reálném čase.



PŘÍKLADY SKUPINY ZVUKOMĚŘŮ

Zvukoměry se vyrábějí v různých provedeních pro jednoduchá základní měření, dále pro měření více parametrů současně a nakonec malé kapesní analyzátory zvuku s velkým výkonem a frekvenční analýzou v reálném čase.



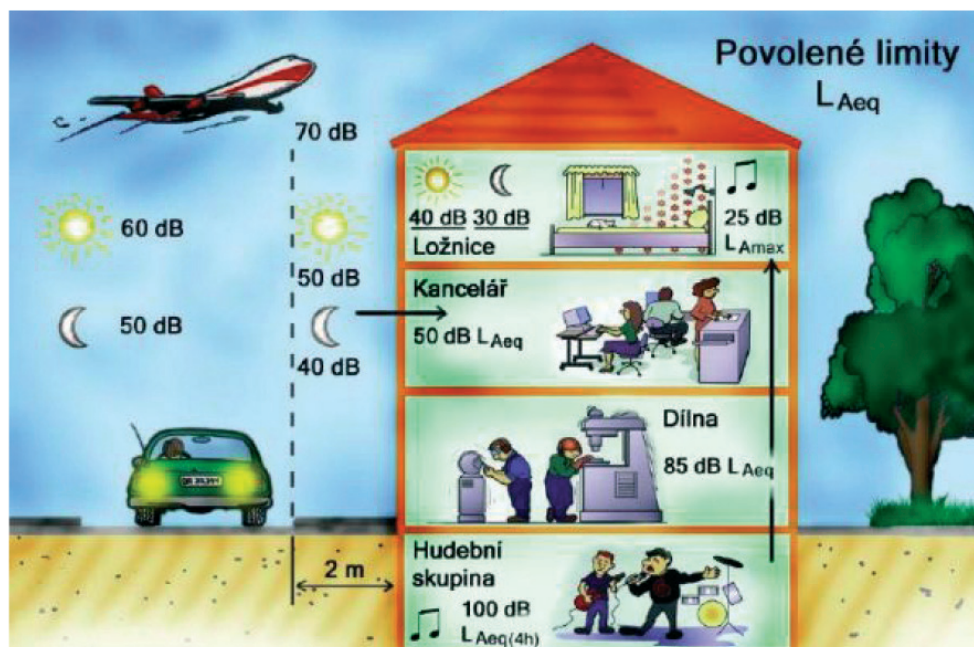
MĚŘENÍ ZVUKOMĚREM 2250

Praktické měření se zvukoměrem



POVOLENÉ LIMITY HLUKU

- V levé části obrázku jsou limity mimo obytnou zástavbu, uprostřed jsou povolené limity ve vzdálenosti 2 m před fasádou domu a v pravé části jsou limity uvnitř budov, vždy podle symbolu noci a dne.
- Povolené hladiny označené notou jsou pro hudební hluk při nočním klidu.



SVĚTELNÝ PANEL HLUKOVÉHO ALARMU

- Pro použití ve veřejných prostorech, školách, diskotékách atd. byl vyvinut světelný panel reagující na hluk rozsvícením varovného světla ve dvou stupních.
- Při nižší hladině zvuku se rozsvítí žluté světlo modelu ucha, při nebezpečné hladině zvuku se rozsvítí červené varovné světlo.



Cvičení úrovně hluku

Na obrázcích na této a následující straně jsou zobrazeny některé příklady zvuku a hluku a některé jsou doplněny číselnou hodnotou vyjádřenou v decibelech. Pokuste se seřadit obrázky podle stoupající úrovně hluku.

méně než 50 dB



mezi 60 až 80 dB



mezi 80 až 100 dB



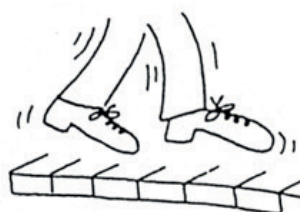
nad 120 dB



dopravní ruch



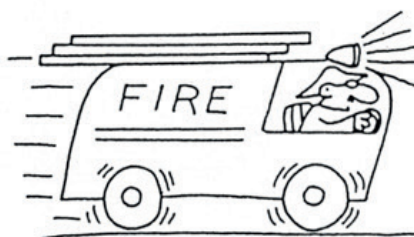
kroky na chodníku



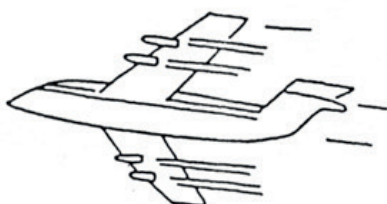
pneumatické kladivo



hasiči



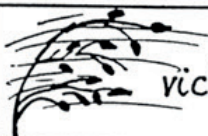
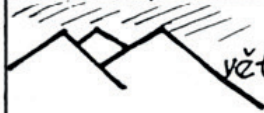
tryskové letadlo



šustění listí



Hladina akustického tlaku

tryskové motory 	130 dB	 výbuch sopky
sblížečka 	120 dB	 vodopád
cirkulárka 	110 dB	 uragán
troubení 	100 dB	 vichřice
metro 	90 dB	 bouřka
motocykl 	80 dB	 mořské vlnobítí
silniční ruch 	70 dB	 silný déšť
normální hovor 	60 dB	 žabí kvákání
hudba z rádia 	50 dB	 slabý déšť
tichý hovor 	40 dB	 štěbetání ptáků
šum počítače 	35 dB	 let mouchy
šept 	30 dB	 větrák
tíkot hodin 	20 dB	 šustění listů
myšlenky 	0 dB	 padání perníčka

SPRÁVNÉ ODPOVĚDI NA KONTROLNÍ OTÁZKY

s. 10: 1c, 2b, 3e, 4a, 5d,

s. 13: 1b, 2d, 3b, 4a, 5c, 6b, 1b,

s. 19: 2d, 3a, 4b, 5c.

NEBEZPEČNÝ HLUK

Vydal: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.,
Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1
Rok: 2022
Vydání: třetí
Zpracoval: kolektiv autorů
Obrázky a fotografie: © Brüel & Kjaer Dánsko

Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v. v. i.
Jeruzalémská 1283/9, 110 00 Praha 1

www.vubp.cz
www.bozpinfo.cz