

NEBEZPEČNÝ HLUK



© Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i., 2016

ISBN 978-80-87676-16-5

Úvod	3
Jak vzniká zvuk	3
Vlnová délka	4
Kmitočty zvuku	4
Ucho – řez	5
Oblast slyšení	6
Křivky stejné hlasitosti	6
Tabulka hladin	7
Kontrolní otázky na odhad hladin zvuku	8
Zvuky	8
Obtěžující hluk	9
Průnik hluku	9
Hluk a izolace proti němu	10
Kontrolní otázky	10
Akustika v budovách	11
Neprůzvučnost 1	11
Neprůzvučnost 2	12
Měření stroje	12
Pokles zvuku	13
Dozvuk a pokles hladiny zvuku	13
Činitel pohltivosti Alfa	14
Hudba a dozvuk	14
Index srozumitelnosti	15
Kontrolní otázky	15
Měření zvuku a povolené limity	16
Zvukoměr	16
Zvukoměr 2250	16
Příklad skupiny zvukoměrů	17
Měření se zvukoměrem 2250	17
Povolené limity hluku	18
Světelný panel hlukového alarmu	18
Dodatky	19
Hladina akustického tlaku	19
Cvičení úrovně hluku	19

ÚVOD

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 ve sluchátkách walkmanu, diskmanu nebo přehrávače MP3.

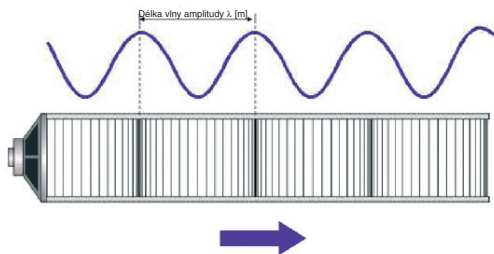
V jednotlivých kapitolách je možné se seznámit s tím, jak vzniká zvuk, jaké hladiny jsou již nebezpečné a co je možné dělat ve stavebních konstrukcích proti průniku hluku.



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).

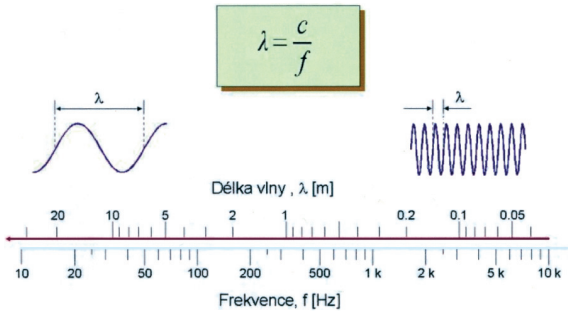
Vznik zvuku



Rychlost šíření zvuku, $c=344$ m/s

© Brüel & Kjaer Dánsko

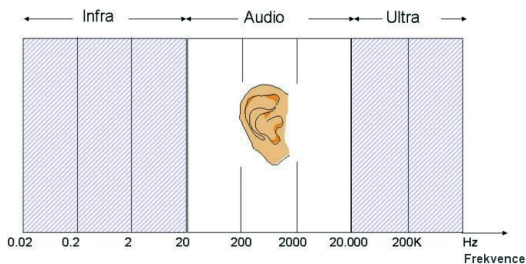
Vlnová délka



KMITOČTY ZVUKU

- ▣ 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



© Brüel & Kjaer Dánsko

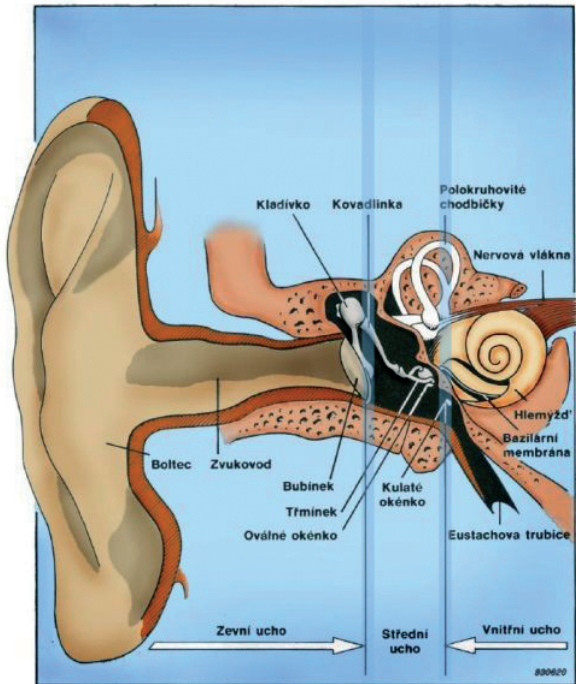
UCHO - ŘEZ

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.

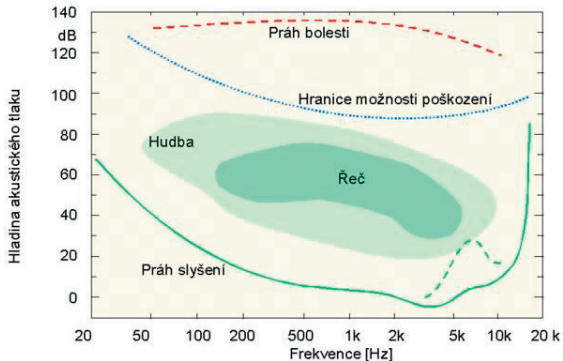


© Brüel & Kjaer Dánsko

OBLAST SLYŠENÍ

- ❑ 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



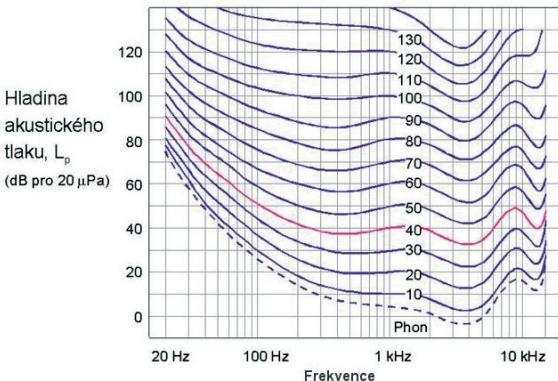
KŘIVKY STEJNÉ HLASITOSTI

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.

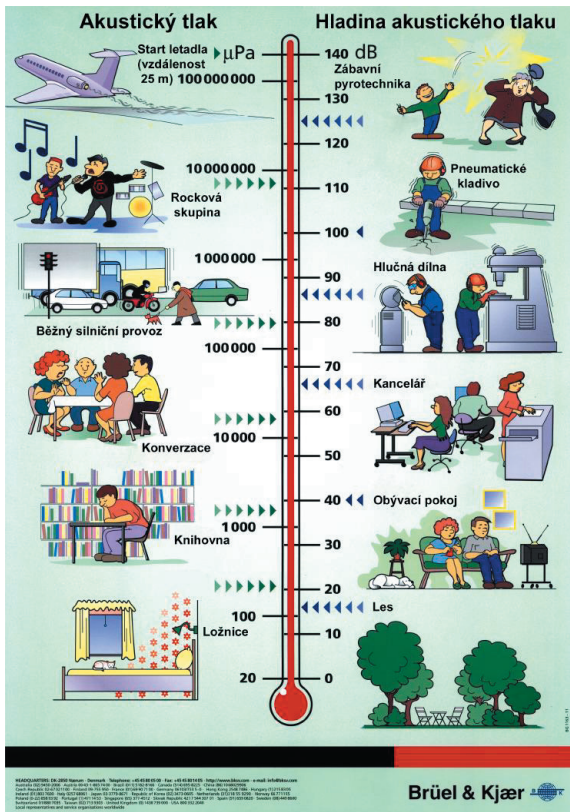
Hodnota (hranice vjemu sluchu) byla stanovena statisticky z velkého počtu lidí ve věku 18 - 25 let se zdravým sluchem.

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 μPa ($= 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$), který je nazýván prahem slyšení.
- ▣ Tato hodnota je pro představu 50 000 krát menší než normální barometrický tlak vzduchu.
- ▣ Je nutné si uvědomit, že decibel dB je logaritmická jednotka a referenční bod je 20 μPa .
- ▣ Tzn., že zvýšení hladiny akustického tlaku o 20 dB představuje zvýšení akustického tlaku na desetinásobek.
- ▣ V případě hladiny 20 dB je akustický tlak 200 μPa , při hladině 40 dB je akustický tlak 2000 μPa .
- ▣ Logaritmická stupnice se používá, protože lépe odpovídá sluchovému vjemu člověka, než stupnice lineární.



© Brüel & Kjær Dánsko

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

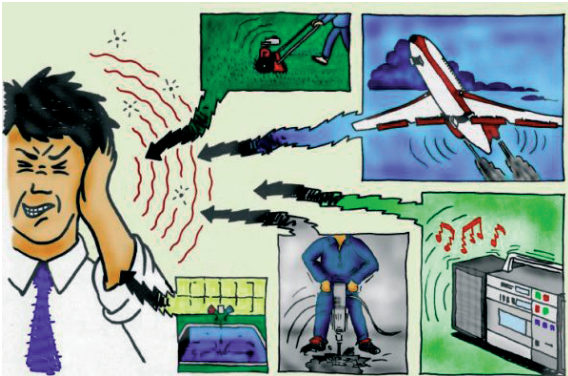
- ▣ Na člověka v normálním životním prostředí působí velké množství zvuků příjemných i nepříjemných.
- ▣ Když jsou zvuky v hladinách, které jsou obtěžující nebo rušící, nazýváme je hlukem.



© Brüel & Kjaer Dánsko

OBTĚŽUJÍCÍ HLUK

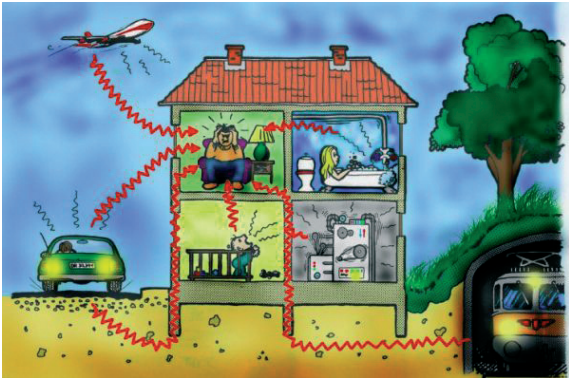
- ▣ Nejen průmyslový, ale i hudební hluk ve vyšších hladinách škodí lidskému sluchu a může vyvolávat jeho trvalé poškození.
- ▣ Dále hluk působí na lidskou psychiku a může vyvolávat neurózy, stres atd.



© Brüel & Kjaer Dánsko

PRŮNIK HLUKU

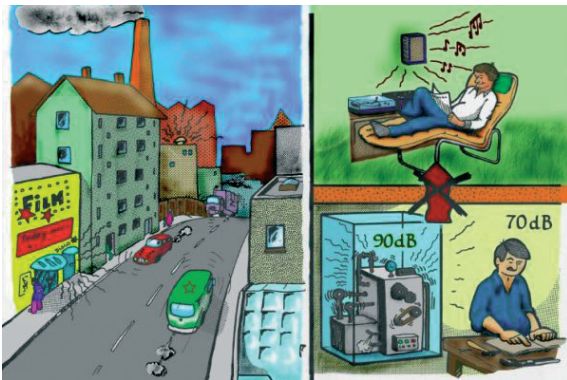
Hluk se může šířit a pronikat do prostorů obytných budov a úřadů nejen zvenku ale i z jiných částí budov různými cestami, kde ruší při práci i odpočinku.



© Brüel & Kjaer Dánsko

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.



© Brüel & Kjaer Dánsko

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 2000 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 str. 22.

AKUSTIKA V BUDOVÁCH

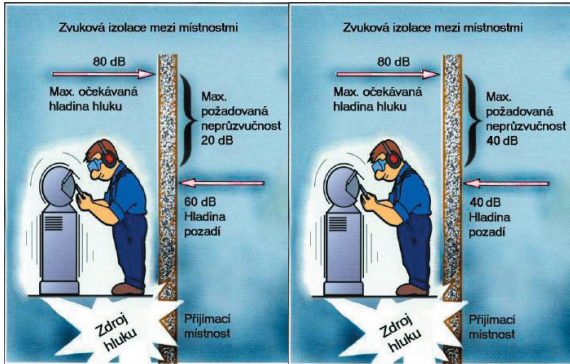
Z akustiky v budově lze měřit:

- ▣ 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

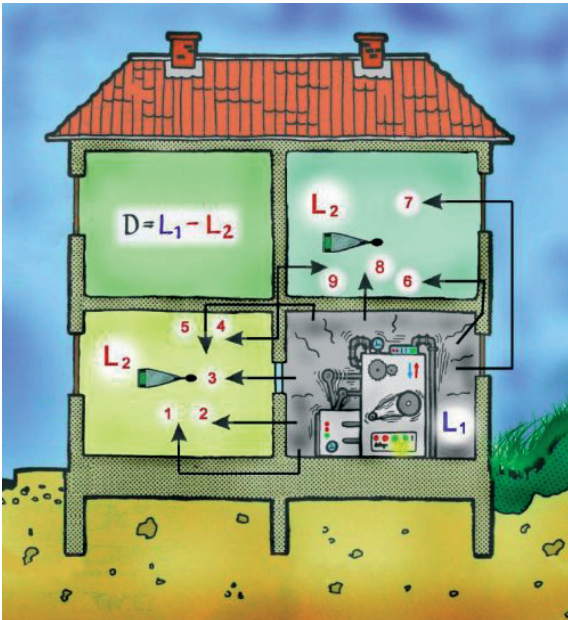
- ❑ Hluk pozadí má velký vliv na požadovanou neprůzvučnost mezi místnostmi.
- ❑ Například: Při předpokládaném hluku stroje 80 dB a hluku z okolí (pozadí) 60 dB vyhoví neprůzvučnost stěny 20 dB.
Při stejném stroji, ale při hluku pozadí 40 dB je již třeba neprůzvučnost stěny 40 dB.



© Brüel & Kjaer Dánsko

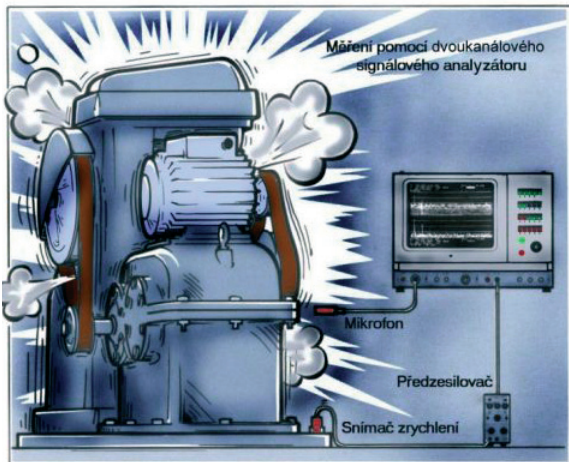
NEPRŮZVUČNOST 2

- ▣ 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.



MĚŘENÍ STROJE

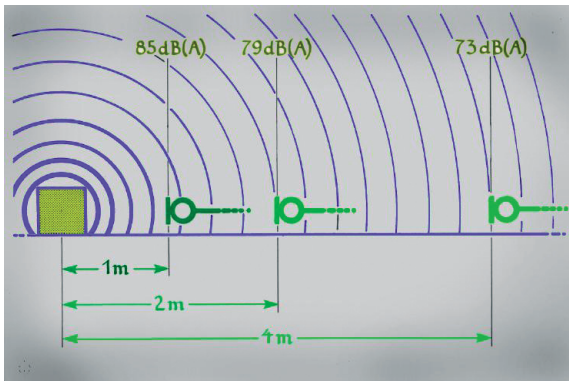
- ▣ V moderních budovách je instalováno mnoho strojních zařízení, například výtahy, pračky, klimatizační zařízení apod., které produkují hluk a vibrace.
- ▣ Pro účely omezení šíření hluku a vibrací v budově je nejprve zapotřebí provést měření hluku a vibrací jednotlivých strojů a zařízení.
- ▣ Lze analyzovat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



© Brüel & Kjaer Dánsko

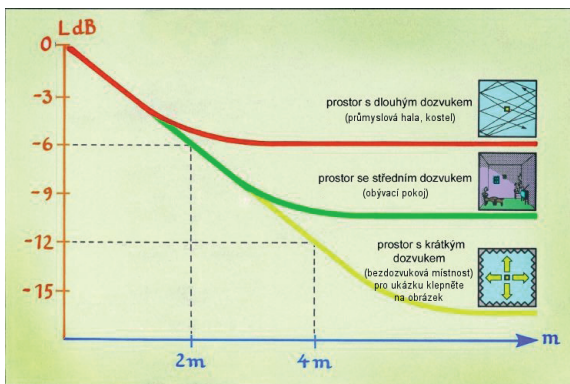
POKLES ZVUKU

- ▣ 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

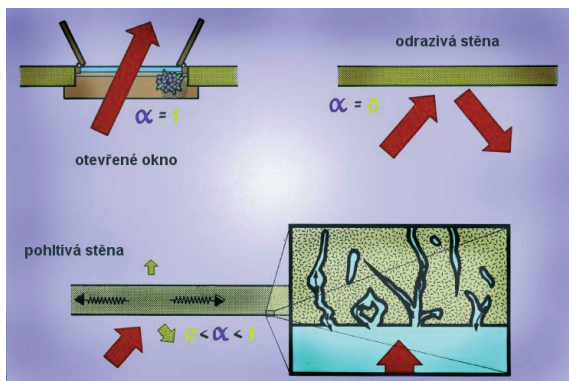
- ▣ V uzavřených prostorech je pokles hladiny zvuku závislý na odrazivosti stěn a tím na době dozvuku.
- ▣ V místnosti s hladkými stěnami bude pokles hladiny nejmenší a doba dozvuku největší, v místnosti s normálním zařízením, okny a koberci bude pokles hladiny střední, v místnosti, která napodobuje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



© Brüel & Kjaer Dánsko

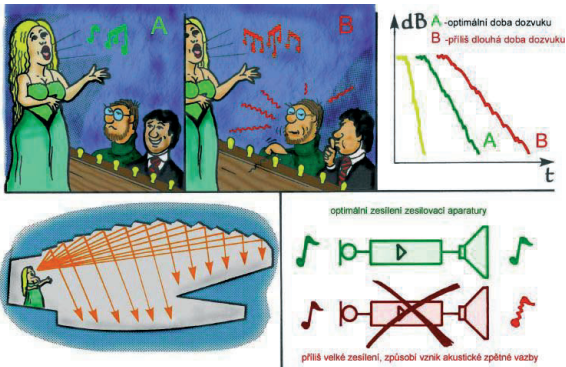
ČINITEL POHLTIVOSTI ALFA

- ▣ 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.



HUDBA A DOZVUK

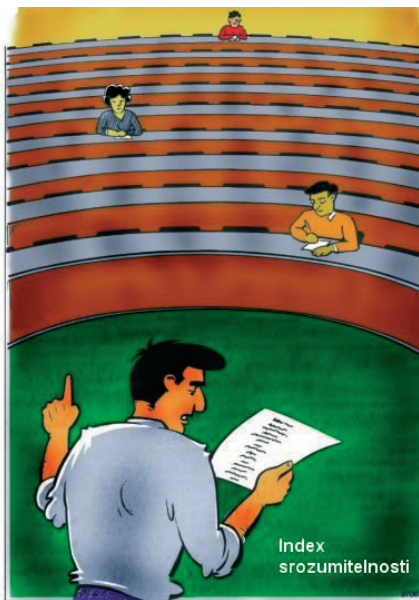
- ❑ V koncertních sálech musí být doba dozvuku optimální (zelená křivka).
- ❑ V případě, že je doba dozvuku příliš dlouhá, je poslech rušen dozvukem.
- ❑ Dozvuk by neměl být prodlužován elektronickou cestou.
- ❑ V koncertních sálech je třeba, aby byl akustickou úpravou stropů a části stěn zajištěn odraz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



© Brüel & Kjaer Dánsko

INDEX SROZUMITELNOSTI

- ▣ Srozumitelnost lze testovat v daném prostoru sálu pomocí čtení stanovených slabik, sestavených do zkušebních tabulek, různými mluvčími.
- ▣ 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, nezařizené, s okny
- b) s hladkými stěnami, nezařizené, 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 str. 22.

MĚŘENÍ ZVUKU A POVOLENÉ LIMITY

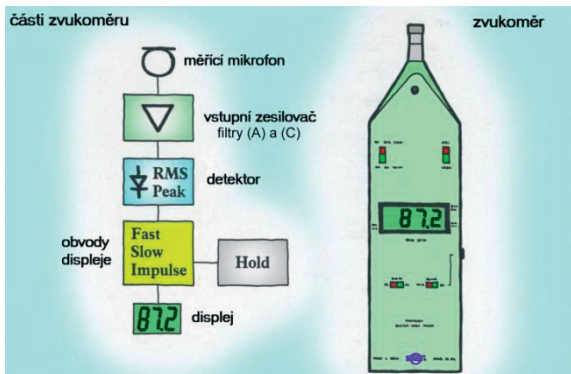
ZVUKOMĚŘ

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 mikrofon (mění akustický tlak na elektrický signál),
- ▣ zesilovač (zesílí slabý signál z mikrofonu pro další zpracování),
- ▣ zvukoměrné filtry (A případně C),
- ▣ blok detektorů a zobrazovací jednotka.

Celý 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 mikrofonu, musí být zvukoměr zkalibrován.



ZVUKOMĚŘ 2250

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



© Brüel & Kjaer Dánsko

PŘÍKLADY SKUPINY ZVUKOMĚŘŮ

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



© Brüel & Kjær Dánsko

MĚŘENÍ ZVUKOMĚREM 2250

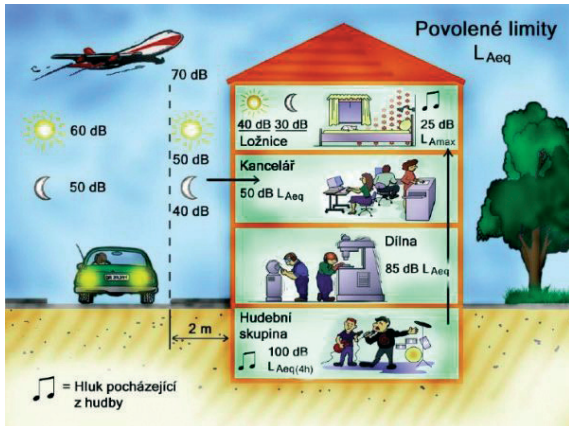
Praktické měření se zvukoměrem.



© Brüel & Kjaer Dánsko

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.



© Brüel & Kjær Dánsko

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	bowřka 
motocykl 	80 dB	mořská vlnobítí 
silniční ruch 	70 dB	silný déšť 
normální hovor 	60 dB	žabi kvákání 
hudba z rádia 	50 dB	slabý déšť 
tichý hovor 	40 dB	štěbetání ptáků 
šum počítače 	35 dB	let mouchy 
šepot 	30 dB	větrák 
tkot hodin 	20 dB	šustění listů 
myšlenky 	0 dB	padání perlička 

Ilustrace: Jana Brožiková

SPRÁVNÉ ODPOVĚDI NA KONTROLNÍ OTÁZKY

str. 8: 1c, 2b, 3e, 4a, 5d,
str. 10: 1b, 2d, 3b, 4a, 5c, 6b, 1b,
str. 15: 2d, 3a, 4b, 5c.

Vydal: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.,
Jeruzalémská 9, Praha 1

Rok: 2016

Vydání: druhé

Zpracoval: kolektiv autorů

ISBN 978-80-87676-16-5



Výzkumný ústav bezpečnosti práce, v.v.i.

Jeruzalémská 1283/9

116 52 Praha 1 - Nové Město

tel.: +420 221 015 811

fax: +420 224 238 550

www.vubp.cz

www.bozpinfo.cz

facebook.com/vubp.cz