

KET/CHH

10. přednáška

Ing. Martin Sýkora, Ph.D

Opakování z minulé přednášky...

Měření hluku

- *Měřicí mikrofony – vlastnosti, parametry, vlivy*
- *Další funkce zvukoměru*

Časové konstanty měření

- *Fast/Slow/Impulse*
- *Ekvivalentní hladina zvuku (hluku)*

Frekvenční váhování

- *Filtr A a C – odvození, význam*

Frekvenční analýza

- *FFT analýza vs. metoda pásmových filtrů*

Zvuk a lidský sluch

Zvuk a jeho vnímání

- *Měření – objektivní zjištění stavu*
- *Návaznost na to, jak zvuk vnímají lidé a jak na ně působí*

Souvislost zvuku a vibrací

- *Vibrace předmětů působí zvuk (někdy opačně)*
- *Současné působení obou vlivů na člověka*

Obory zkoumající zákonitosti lidského sluchu

- *Fyziologická akustika*
- *Psychoakustika*

Zvuk a lidský sluch

Lidský sluch

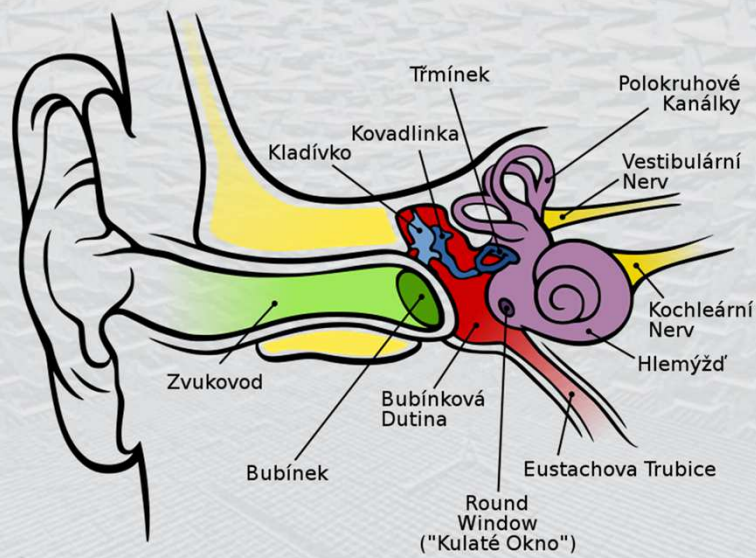
- *Jeden ze smyslů*
- *Značně složité – dvě oblasti*
 - *Sluchový orgán jako takový – převod tlaku*
 - *Nervová zakončení a přenos vzruchů – „zpracování“*

Vliv subjektivity

- *Navíc každý člověk má rozdílné vnímání*

Funkci sluchového orgánu nelze zcela přesně popsat

Sluchový orgán



Fyziologie slyšení

Vnější ucho

- *Boltec - vnější část, má vliv na směrovost*
- *Zvukovod*
 - *Dutinový rezonátor, ladění mezi 3 – 4 kHz*
 - *Značný nárůst citlivosti ucha v tomto pásmu*

Bubínek

- *Odděluje prostor zvukovodu od vnitřního ucha*
- *Na bubínku dochází k přeměně změn tlaku na mechanický pohyb*
- *Přenos kmitů z bubínku do hlemýždě (kovadlinka, třmínek, kladívko)*

Fyziologie slyšení

Hlemýžď

- *Vlastní „převod“ kmitů na nervové vzruchy*
- *Velmi malé amplitudy kmitů (až na velikost atomu)*
- *Dochází k „frekvenční analýze“ - přichozí vibrace stimulují nervová zakončení v různé vzdálenosti od „okénka“ hlemýžďe*
- *Avšak následuje ještě další zpracování v nervové soustavě*

Sluchový orgán je spojen s ústrojím rovnováhy

Eustachova trubice

- *Spojuje vnitřní ucho s dutinou ústní*
- *Slouží k vyrovnání tlaku před a za bubínkem*

Vlastnosti lidského sluchu

Sluchový orgán

- *Snímač akustického tlaku*
- *Analyzátor zvuku*

Vlastnosti

- *Omezený frekvenční a dynamický rozsah*
- *Přibližně logaritmická citlivost*
- *Adaptivní schopnost – určitá regulace citlivosti vzhledem k průměrné hladině okolního zvuku*
- *Omezené vlastnosti - vznik efektu maskování*

Prahové hodnoty, měřítka

Frekvenční rozsah

- *Slyšitelné pásmo cca. 20 Hz až 20 kHz (někdy se uvádí 16 Hz až 16 kHz)*
- *Nižší než slyšitelné frekvence – Infrazvuk*
- *Vyšší než slyšitelné frekvence – Ultrazvuk*

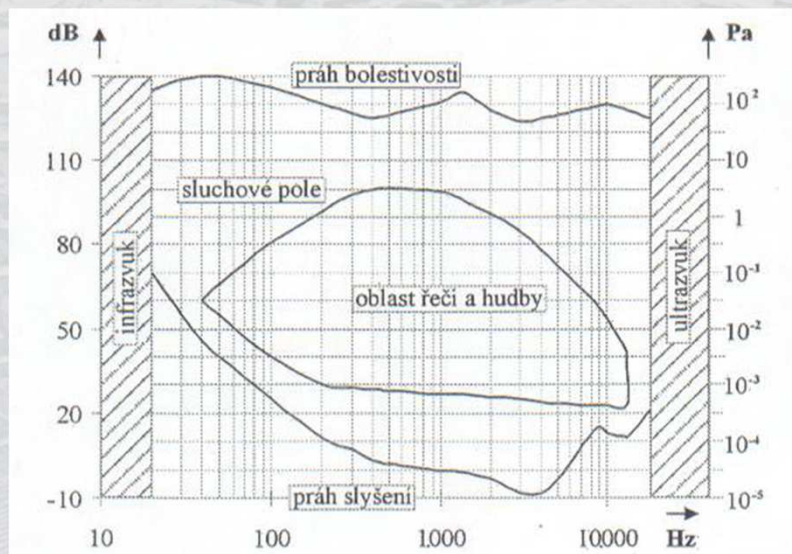
Dynamický rozsah

- *Omezen prahem slyšení (0 dB) a prahem bolesti (cca. 130 dB)*

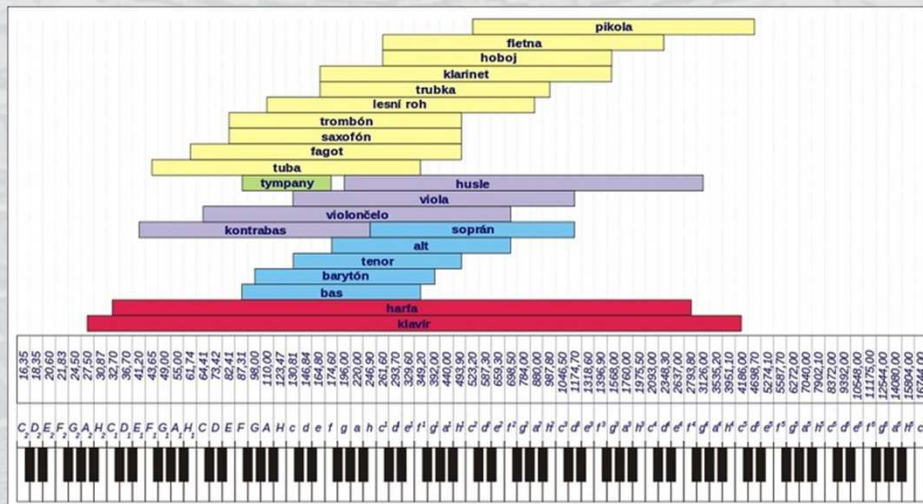
Časové hledisko

- *Lidský sluch dokáže rozlišit jako různé zvuky vzdálené od sebe více než cca. 100 ms (ozvěna)*
- *Kratší doba mezi zvuky se jeví jako zvuk odpovídající jejich vzájemné interferenci*

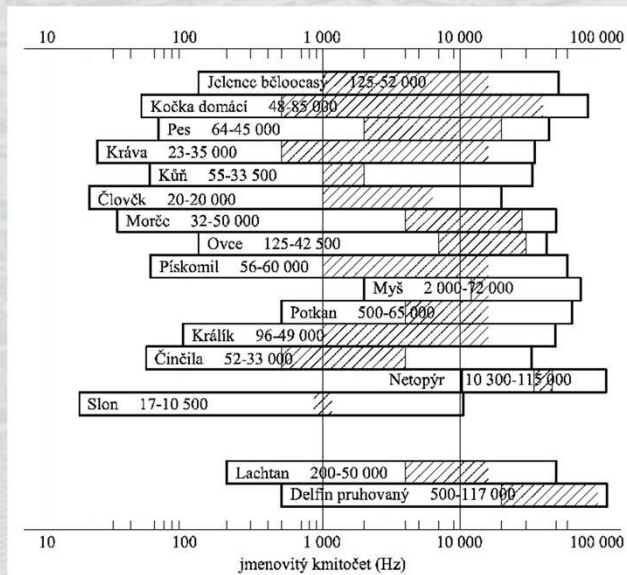
Oblasti slyšení



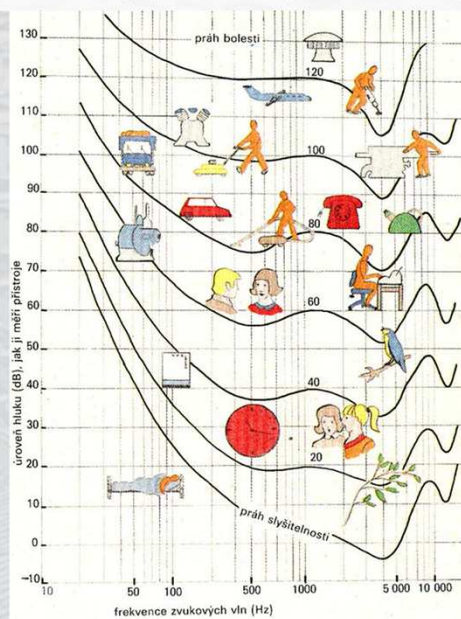
Frekvenční rozsahy některých zvuků



Frekvenční rozsahy sluchu různých savců



Typické hladiny některých zdrojů zvuku



KET/CHH 10.přednáška

13

Jevy v oblasti slyšení

Přirozený dozvuk

- *V uzavřeném prostoru dochází k mnohacestnému šíření zvuku a několikanásobným odrazům*
- *Projevuje se jako kombinace změny barvy zvuku a vnímání přicházejícího zvuku*
- *Pojem z prostorové akustiky*

Jevy v oblasti slyšení

Binaurální slyšení

- *Máme dvě uši – binaurální slyšení*
- *Vyhodnocení rozdílu mezi zvukem zachyceným levým a pravým uchem (fáze, amplituda) – lokalizace zvuku*
- *U vyšších frekvencí je vlnová délka srovnatelná s velikostí hlavy – akustický stín*

Jevy v oblasti slyšení

Maskování

- *Maskování – silnější zvuk způsobí pokles citlivosti sluchu a tím „zamaskování“ slabšího zvuku, který potom nevnímáme*
- *Podobný jev nastává, znějí-li současně dva zvuky o velmi blízké frekvenci*
- *Jde o určitou nedokonalost lidského sluchu, která je i úmyslně využívána – ztrátová komprese audia*
- *S tím také souvisí optimální hladina hlasitosti při poslechu hudby – uvádí se 80 až 90 dB*

Sluchové trauma

Nadměrné namáhání sluchu může způsobit jeho poškození

Závisí nejen na hladině zvuku

- *Záleží i na průběhu, charakteru zvuku, době trvání*

Řeší se tzv. hluková expozice – měření ekvivalentní hladiny

Sluchové trauma

Možné až fatální porušení sluchu – destrukce bubínku

Závisí na době expozice

- *Krátkodobá expozice – pouze dočasná ztráta citlivosti*
- *Dlouhodobá expozice – postupná degradace sluchového orgánu, jež může vést až ve ztrátu sluchu*

Sluch přirozeně degraduje s věkem

- *Klesá citlivost*
- *Klesá horní mez slyšitelného kmitočtu*

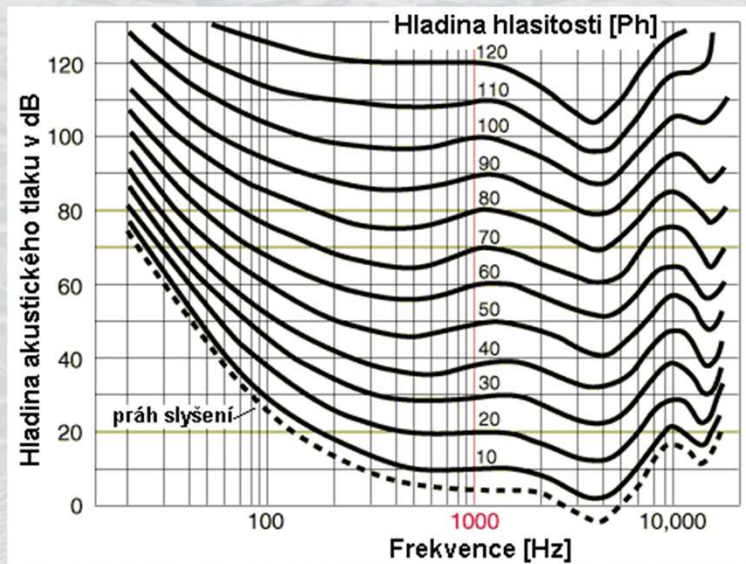
Audiometrie – vyšetření sluchu

Úpravy měřených hladin s ohledem na sluch

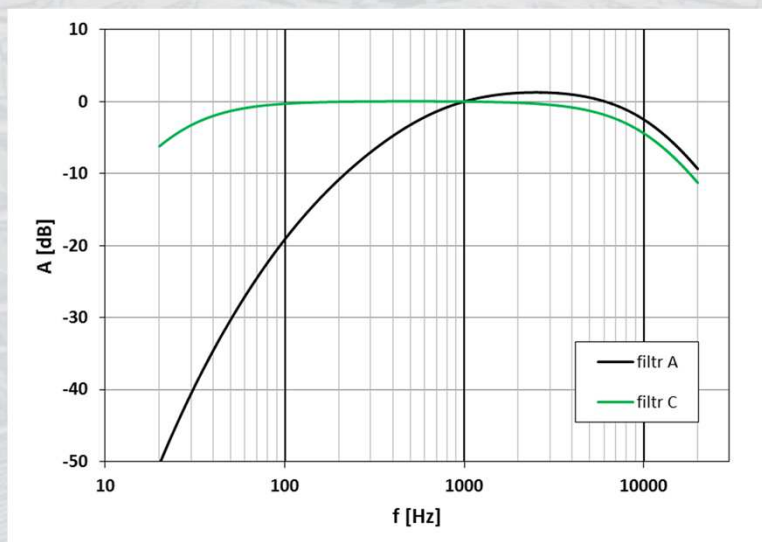
Citlivost lidského sluchu je frekvenčně a amplitudově závislá

- *Popsáno křivkami stejné hlasitosti*
- *Využití při reprodukci zvuku – úmyslné zesilování části spektra s ohledem na aktuální hladinu*
- *Při měření musíme rovněž fyziologii zohlednit*
- *Tzv. frekvenční váhování - použití filtrů viz minulá přednáška*

Úpravy měřených hladin s ohledem na sluch



Úpravy měřených hladin s ohledem na sluch



Hodnocení hluku a jeho vlivu na zdraví

Nutná objektivizace – měření

- *Měření ekvivalentních hladin – hlukové expozice*
- *Přizpůsobení fyziologii sluchu – frekvenční váhování*
- *Určení dalších deskriptorů- tónová složka, spektrum*

Určení limitů

- *Na základě dlouhodobých výzkumů*
- *Definice limitů – legislativa*
- *Nutnost sjednotit měřicí postupy – normalizace*

Legislativa v oblasti hlukových měření

Základní dokument – vyhláška 272/2011 Sb.

- *Stanoví limity hluku a vibrací v pracovním a mimopracovním prostředí*
- *Rozdělení prostorů*
- *Rozdělení činností*
- *Odkaz na další dokumenty*

Metodický pokyn NRL pro hluk

- *Národní referenční laboratoř pro hluk*
- *HEM-300-11.12.01-34065 – mimopracovní prostředí*
- *<http://www.nrl.cz/>*

Normalizace v oblasti hlukových měření

Akustická měření jsou ovlivněna mnoha faktory

- *Nutno v rámci opakovatelnosti sjednotit podmínky*
- *Normalizace měřících postupů – např. Měření hluku ČSN ISO 1996*
- *Normalizace přístrojů – zvukoměry, filtry*
- *Celá řada dalších norem – měření ak. Výkonu, prostorová akustika, hlučnost strojů atd.*

Snižování hluku

Hluk – negativní faktor

- *Vadí člověku*
- *Vadí ostatním živočichům*
- *Může mít negativní dopad na životnost zařízení a staveb*

Logicky požadavek na minimalizaci hluku a jeho vlivu

- *Různé možnosti a postupy*
- *Zamezení působení vs. zamezení vzniku a šíření*
- *Nejčastěji kombinace různých metod potlačení hluku*

Zamezení vzniku hluku

Hluk vzniká v důsledku pohybu těles (vibrace)

- *Omezení hluku = omezení vibrací součástí a strojů*
- *Optimalizace konstrukcí*
 - *Dostatečná tuhost*
 - *Dostatečné tlumení*
- *Optimalizace chodu strojů*
 - *Snížení tření*
 - *Vyvažování*
 - *Optimalizace otáček/rychlosti*
- *Optimalizace tvaru a proudění vzduchu – potlačení aerodynamického hluku*

Ochrana osob před hlukem

Ochrana konkrétní osoby

- *Nejčastěji v pracovním prostředí*
- *Osobní ochranné pomůcky – chrániče sluchu*

Omezení expozice

- *Omezení pobytu osob v hlučném prostředí*
- *Zkrácení doby pobytu, zkrácení pracovní doby*

Zabránění šíření hluku

Omezení cest šíření hluku

- Šíření zvukem
- Šíření strukturou - vibrace

Protihlukové bariéry a kryty

- *Dostatečně velké, tuhé a pevné*
- *Zvuk takovou neprochází ani ji dále nerozechvívá*
- *Izolace zdroje zvuku a vibrací od konstrukce, kterou se může šířit*

Pohlčení hluku

Speciální materiály a konstrukce

- *Pohlčení zvuku na různých principech*
- *Vláknité materiály - tření molekul vzduchu*
- *Rezonanční princip – kmitající panely, Helmholtzův rezonátor*
- *Přeměna akustické energie na teplo*

Frekvenčně závislé

- *Různé rozměry, účinnost*
- *Nejčastěji kombinace např. s krytem či stěnou*



Děkuji za pozornost