

Környezeti zajszenyezés

Egyes kutatók szerint napjainkban a levegőszennyezés után a zajszenyezés a második legnagyobb környezeti ártalom!

Mi a zaj ?

Az angol nyelvészek két latin eredetet is adnak a *noise* szónak:

- *nausea* = „tengeri betegség” (rosszullét, hányás stb.)
- *noceo* = „bántalak” (zavarlak)

A „zaj” szó több értelemben is használatos

- köznyelvben: zavaró akusztikus (hang) hatás
- elektronikában: elektronikus zaj (feszültség, ill. áramingadozás)
pl. sístérés a rádióban, „mákos” kép a TV-n
- számítástechnikában: jelentés nélküli adatok
(véletlen hatásokra módosult adatok)
- Információ-technológiában: a zaj is információhordozó !

Hatása kommunikációban:

A zaj elfedheti, vagy módosíthatja az eredeti üzenetet!

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

1/20

Lényegében minden fizikailag mért mennyiségnek lehet „zaja”:

- hőmérséklet-ingadozás
- nyomás-ingadozás
- atomreaktorban a neutronszám-ingadozás
- stb.

A zaj frekvencia-spektruma

A zaj valamilyen fizikai mennyiség időbeli változása.

Fourier: minden (idő)függvény

összetehető harmonikus

függvényekből

(Fourier transzformáció)

$$x(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} (X_1(\omega) \cdot \sin \omega t + X_2(\omega) \cdot \cos \omega t) d\omega$$

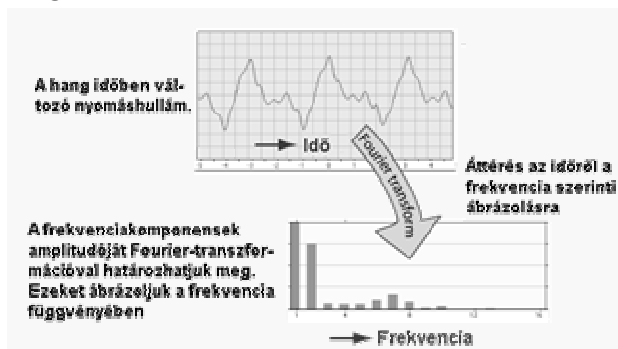
A $\Phi(\omega) = \frac{1}{2\pi} (X_1^2(\omega) + X_2^2(\omega))$ mennyiség a teljesítmény-spektrum

(Mivel a hullám teljesítménye az amplitúdó négyzetével arányos)

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

2/20

Pl. a hang

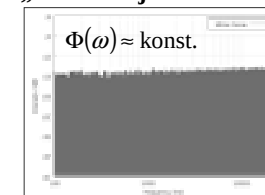


A teljesítmény-spektrum megmutatja, hogy a különböző frekvenciájú komponensek milyen súllyal vannak jelen

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

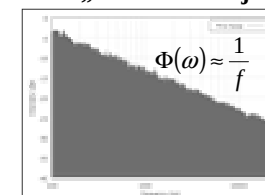
3/20

„Fehér” zaj



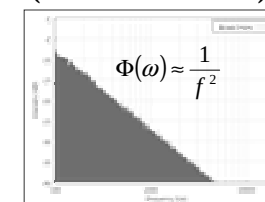
Néhány példa:

„Rózsaszín” zaj

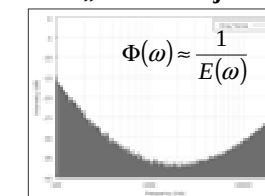


„Brown” zaj

(R. Brown 1773-1858)



„Szürke” zaj



$E(f)$ = fül frekvencia-érzékenysége

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

4/20

Gyakori a „termikus zaj”, amely a részecskék hőmozgásából ered. Ez megszabhatja, hogy egy fizikai rendszerben mi az elérhető mérési pontosság alsó határa (a „jel” elvész a „zajban”)

Pl. egy ohmikus ellenálláson a teljesítmény-ingadozás egységnyi frekvencia-tartományon:

$$\frac{\Delta W}{\Delta f} = \frac{\Delta \left(\frac{U^2}{R} \right)}{\Delta f} = 4kT \quad \text{Ebből kapjuk:} \quad \frac{\Delta U^2}{\Delta f} = 4kT \cdot R \quad (\text{fehér zaj})$$

A „zaj” sok esetben lehet hasznos is!

Pl. a zajok analízisének alapul a diagnosztika

Diagnosztika alapelve:

A rendszert „píszkáljuk” és a válaszát értékeljük



Zajdiagnosztika: nincs szükség „kérdező” jelre, a rendszer a saját zajára „válaszol”, és ebből következtetünk az állapotára

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

5/20

Amikor környezeti zajszennyezésről beszélünk, akkor kizárólag akusztikus zajokra gondolunk.

Megjegyzés: a „zaj” szubjektív kategória is.

(Pl. dübörgő rock and roll vagy diszkó zene csak az aludni vágyó szomszédnak zaj, a bulizóknak nem zavaró, sőt...)

A hang

-Levegőben: a levegő nyomásingadozása, amely longitudinális hullámok formájában terjed tovább

- Folyadékban és szilárd testekben: longitudinális és transzverzális (vegyes) hullám formájában (is) terjed(het) .

Mindegyik hullám energiát továbbít.

Intenzitás: a hullám által felületegységre vitt teljesítmény $\frac{W}{m^2}$

A hang erősségének jellemzése: decibelekkben

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

6/20

Definíció:

$$X_{dB} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{X}{X_0} \right)$$

valamilyen „teljesítmény”
referencia-teljesítmény

A decibel logaritmikus, relatív egység. Ezért többféle definíció van, ezeket a „referencia” különbözteti meg:

- Hangintenzitás: $X_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$ (ez kb. a „hallásküszöb” levegőben)

- Hangteljesítmény: $X_0 = 10^{-12} W$ (teljesítmény $\sim p^2$)

- Hangnyomással kifejezve: $L_p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)$

A leghalkabb hang nyomása, amit egy ember még meghall:

- Levegőben: $p_0 = 20 \mu Pa = 2 \cdot 10^{-5} Pa$

- Folyadékban és szilárd testben: $p_0 = 1 \mu Pa = 10^{-6} Pa$

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

7/20

Miért logaritmikus?

Weber-Fechner törvény (általános fizikai ingerre adott válasz)
(Ernst Heinrich Weber /1795-1878/, Gustav Theodor Fechner /1801-1887/)

Az érzékelés az inger *relatív* megváltozását észleli:

$$dp = k \cdot \frac{dS}{S}$$

Inger változása
Érzékelés változása

Az egyenletet integrálva kapjuk: $p = k \cdot \ln S + C$

Legyen S_0 az érzékelési küszöb, vagyis az az inger, amelyre $p=0$

Ebből kapjuk: $0 = k \cdot \ln S_0 + C$ amiből $C = -k \cdot \ln S_0$ adódik.

Ezt visszahelyettesítve kapjuk: $p = k \cdot \ln \frac{S}{S_0}$

A legtöbb érzékünk így működik – a hallás is.

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

8/20

Hangforrás	Nyomás (Pa)	Decibel (20 μ Pa-hoz)
Fájdalomküszöb	100	134
Halláskárosodás (rövid időn belül)	20	~ 120
Sugárhajtású repülőgép (100 m-ről)	6 - 200	110 - 140
Légkalapács (1 m-ről), ill. diszko	2	~ 100
Halláskárosodás (hosszú idő alatt)	0,6	kb. 90
Autópálya 10 m-ről	0,2 - 0,6	80 - 90
Személyautó 10 m-ről	0,02 - 0,2	60 - 80
TV otthon 1 m-ről	0,02 - 0,1	~ 60
Normál beszéd 1 m-ről	0,002 - 0,02	40 - 60
Nagyon csendes szoba	0,0002 - 0,0006	20 - 30
Levélzizegés, csendes légzés	0,00006	10
Hallásküszöb 2 kHz-en	0,00002	0

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

9/20

A hang érzékelése, az emberi fül működésének fizikai alapjai

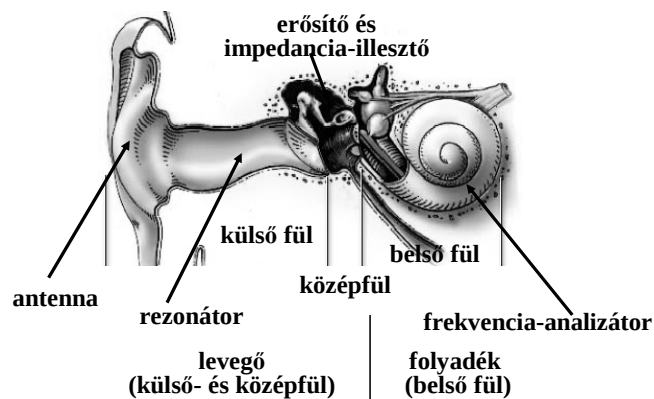
A fül feladatai nagyon sokrétűek:

- antenna (összegyűjti a hangot)
- erősítő (10^{13} -szoros dinamikus tartomány!)
- impedancia-illesztő (levegő-folyadék)
- frekvencia-analizátor
- térbeli lokátor (lokalizálja a hangforrás helyét)
- sajáthang-elnyomás
- védelem a túl erős hangok ellen (adaptáció)
- ...

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

10/20

A fül felépítése:



A környezetvédelem alapjai 14. előadás

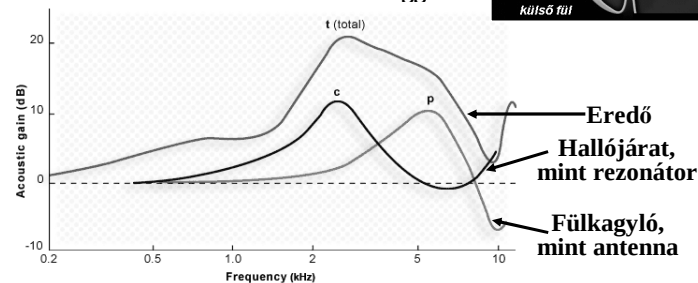
11/20

A külső fül

- egyik végén nyitott
- másik végén zárt (dobhártya)

Modell: egyik végén zárt cső
„sajátfrekvenciák”

A külső fül erősítésének frekvenciafüggése



A környezetvédelem alapjai 14. előadás

12/20

A középfül:

A dobhártya rezgéseit továbbítja a belső fül felé.

Modell: „mechanikai emelők”

Illesztő

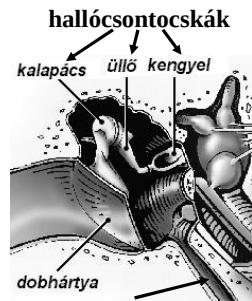
Ha a levegő nyomáshullámainak közvetlenül venné át a belső fül folyadéka, az energia 99,9%-a visszaverődne a gáz-folyadék határon !!

Erősítő

Dobhártya felülete: 0,6 cm²

Belső fül bejáratának felülete: 0,03 cm²

A hallócsontocskák „áttétele”: 1:1,3



Nyomás-
kiegyenlítés
(Eustach-kürt)

Eredő erősítés: ~26 dB

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

13/20

A belső fül:

„Frekvencia-analizátor”

A mozgást idegimpulzusokká alakítja.

Hogyan működik?

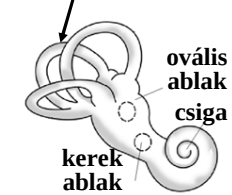
Ismert, hogy D rugóállandójú,
 M tömegű rendszer saját-

frekvenciája:

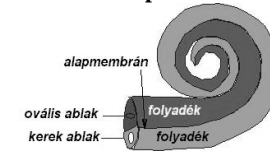
$$2\pi \cdot f_0 = \omega_0 = \sqrt{\frac{D}{M}}$$

Az alapmembrán tulajdonságai
(feszesség $/D/$, és vastagság $/M/$)
a csiga mentén változnak →
különböző helyeken más frekvenciára rezonál !

Egyensúly-szerv

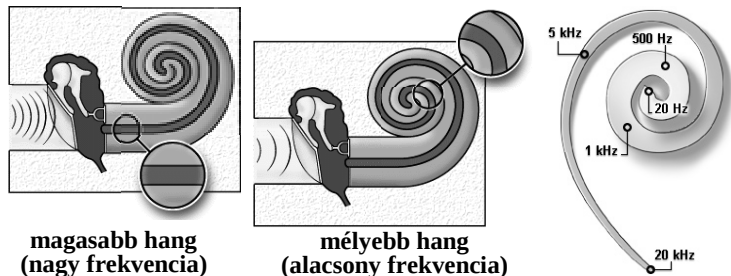


Belső felépítés

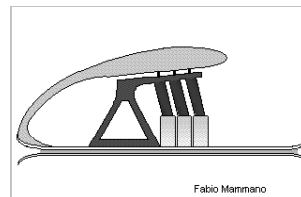


A környezetvédelem alapjai 14. előadás

14/20



A rezgő membrán pedig a „hallószőröcskéket” ingerli, amelyek az ingerületet aztán továbbítják a hallóideg(köteg)en keresztül az agyba.

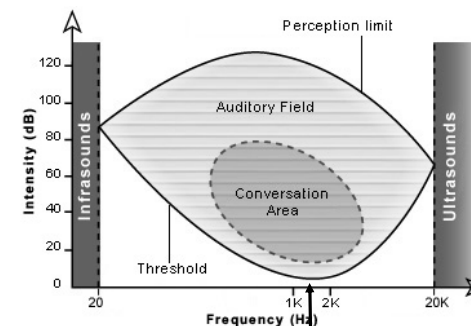


Fabio Marimano

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

15/20

Végeredményben a hallás érzékenysége a különböző frekvenciákon



Békésy György
(1899-1972)
Nobel-díj 1961
„A belső fül működésére vonatkozó kutatásaiért”

Itt a legérzékenyebb a fül

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

16/20

Zajszenyezés

Legfontosabb zajforrások:

- Közlekedési eszközök:
közút
repülés
vasút



- Ipari, munkahelyi zaj
Nagyteljesítményű szerszámok, gépek
(légalapács, flex, körfűrész, útfúró stb..)
Irodai gépek (nyomtató, másoló stb.)
- fényforrások zaja („neon-csővek”)
- szórakoztató elektronika
(walkman, discman, autórádió, TV, CD, DVD, házimozi...)
- üdülőhelyeken a szórakozást szolgáló járművek (pl. quad)
- ...

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

17/20

Közúti zaj

Külső zaj
függ

Belső zaj

Az utazók kevésbé
érzékenyek a jármű
zajára

- a járművek sebességétől
- a motor típusától (hibrid járművek!)
- a gumik minőségétől
- az úttest minőségétől (beton a legkevésbé zajos)
- a gépjárművek típusától (személygk, kamion, busz...)
- az út geometriájától és a környező tereptárgyaktól
(„árnyékolás” és visszaverődés kettős hatása)
- mikrometeorológiai viszonyoktól
(a hang visszaverődhet egy inverziós rétegen)



Zajmérő eszköz

Védekezés: árnyékoló falak, sebességkorlátozás, nyomvonal jó
kiválasztása, járműpark, burkolat modernizálása, stb...

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

18/20

Egészségügyi hatások

Halláskárosodás

(az iparosodott országok lakosságának kb. 10%-a halláskárosodott)

Első téveszme: „csak nagyon hangos zaj károsít”

Újabban kimutatták, hogy hosszú időn (éveken) át tartó,
közepes erősségű (~ 70 dB) hang is okoz halláskárosodást

Második téveszme: „az öregedés nagyobb hatású, mint a zaj”

Azok, akik életük során tartósan zajos környezetben éltek,
kevésbé jól hallanak, mint a csendes környezetben élők.

A nem-iparosodott országok lakói között alig van hallás-
károsodott!

Szív- és érrendszeri betegségek

Erős hanghatás megnöveli az adrenalin-szintet (disco !)

Ez szűkíti az ereket és emeli a vérnyomást. Ha ez tartós, érrendszeri
betegségekhez vezet.

Egyéb hatások

Fejfájás, fáradtság, gyomorfekély, magzat fejlődési rendellenességek

Nagyon erős hanghatás halált is okozhat („hangfegyver”)

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

19/20

Pszichológiai hatások

Milyen zajt tartanak „zavarónak”? (szubjektivitás)

Függ:

- a zaj erősségétől (tipikusan 40-60 dB-tól kezdve)
- látható-e a zaj forrása
- állandó-e, vagy löktető
- megfelel-e az adott környezetnek
- kontrollálható-e az egyén által
- kontrollálható-e más által (pl. rendőrség)
- akadályoz-e valamilyen cselekvést (pl. alvást)
- milyen napszakban hallatszik (éjjel érzékenyebbek vagyunk)

Tartós zajban élőknel gyakoribbak

- álmatlanság,
- agresszivitás,
- mentális zavarok (üldözési mánia, paranoia, depresszió)
- gyerekeknél kommunikációs zavarok

A hallás egyik legfontosabb érzékszervünk.

Vigyázzunk saját hallásunkra, és legyünk tekintettel másokra is!

Mérsékeljük a zajszenyezést !

A környezetvédelem alapjai 14. előadás

20/20