

# Szakdolgozat

## Környezeti és munkahelyi zajvizsgálatok szabványos mérése és kiértékelése



Széchenyi István Egyetem

Műszaki Tudományi Kar

Jedlik Ányos Gépész, Informatikai és Villamosmérnöki Intézet

Villamosmérnöki (BSc) szak

Rádiórendszerek-szakirány

# Tartalomjegyzék

## Tartalomjegyzék.

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Bevezetés .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2. Hangtan alapjai .....</b>                                  | <b>6</b>  |
| 2.1 A hang fizikai jellemzői.....                                | 6         |
| 2.2 Szabadtéri hangterjedés .....                                | 6         |
| 2.3 Hangforrás típusok .....                                     | 6         |
| 2.4 Hangterjedés.....  | 9         |
| 2.5 A hang terjedési sebessége .....                             | 11        |
| <b>3. Az emberi hallás .....</b>                                 | <b>13</b> |
| 3.1 A fül felépítése .....                                       | 13        |
| 3.2 A hallás folyamata.....                                      | 14        |
| 3.3 Az emberi hallás jellemzői.....                              | 15        |
| 3.4 A hallásvizsgálat.....                                       | 18        |
| 3.4.1 Az audiológiai vizsgálati módok és eszközök .....          | 18        |
| 3.4.2 A lég- és csontvezetéses hallásküszöb mérése.....          | 19        |
| 3.4.3 A hallóideg kifáradása.....                                | 20        |
| 3.4.4 A beszéd észlelési és beszédértési küszöb.....             | 21        |
| <b>4. A mikrofonok.....</b>                                      | <b>22</b> |
| 4.1 Mikrofonfajták .....   | 22        |
| 4.2 A mikrofonok paraméterei .....                               | 22        |
| 4.2.1 Mikrofon iránykarakterisztikák.....                        | 22        |
| 4.3 A kondenzátor mikrofonok .....                               | 23        |
| 4.4 A mikrofonok kalibrálása.....                                | 24        |
| <b>5. A zaj és mérésének elméleti áttekintése .....</b>          | <b>25</b> |
| 5.1 A zajanalizátorok használt súlyozó görbék és üzemmódok ..... | 25        |
| 5.2 Környezeti zajok.....  | 30        |
| 5.2.1. Közlekedési eredetű zajforrások .....                     | 30        |
| 5.2.2. Ipari eredetű zajforrások .....                           | 30        |
| 5.2.3. Szabadidős tevékenységekből eredő zajok .....             | 31        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 5.3       | A zajok csoportosítása keletkezésük módja szerint .....                                      | 31        |
| 5.4       | Zajcsökkentés.....   | 31        |
| 5.4.1     | Ipari zajok csökkentése .....  | 31        |
| 5.4.1.1   | Áramlási zajok csökkentése .....   | 31        |
| 5.4.1.2   | Gépzajok csökkentése.....  | 32        |
| 5.4.2     | Közlekedési zajok csökkentése.....   | 33        |
| 5.4.2.1   | Közúti zajok csökkentése.....  | 33        |
| 5.4.2.2   | Vasúti közlekedési zajok csökkentése .....   | 33        |
| 5.4.2.3   | Légi közlekedési zajok csökkentése .....   | 33        |
| 5.5       | A zaj élettani hatása .....  | 34        |
| 5.6       | A munkahelyi és környezeti zajmérés .....  | 35        |
| 5.6.1     | A munkahelyi zajmérés .....  | 35        |
| 5.6.1.1   | A mérési terület és körülmények megismerése .....  | 35        |
| 5.6.1.2   | A munkahelyi zajmérés esetén mérendő és azokból számítandó értékek.....                      | 35        |
| 5.6.2     | Környezeti zajmérés elméleti bemutatása.....   | 36        |
| 5.6.3     | Környezeti és munkahelyi zajvédelmi ügyekben intézkedő hatóságok.....                        | 37        |
| 5.6.3.1   | A hatóságok jogkörei.....  | 37        |
| 5.6.3.2   | A hatóságok által elfogadott mérések és jegyzőkönyvek.....                                   | 37        |
| 5.6.3.3   | A hatósági intézkedések.....   | 37        |
| 5.6.3     | Brüel&Kjaer 2260-as zajanalizátor környezeti és munkahelyi zajméréshez való beállítása ..... | 38        |
| 5.6.3.1   | A zajméréshez szükséges szoftver kiválasztása .....  | 38        |
| 5.6.3.2   | A mérendő paraméterek beállítása.....  | 38        |
| 5.6.3.3   | A mérési paraméterek beállítása.....   | 38        |
| 5.6.3.4   | A mérés indítása/leállítása.....   | 39        |
| 5.6.3.5   | A mérési eredmények elmentése .....  | 39        |
| <b>6.</b> | <b>Munkahelyi zajmérés jegyzőkönyve.....</b>   | <b>40</b> |
| 6.1       | A mérés helye.....   | 40        |
| 6.2       | A mérés célja.....   | 40        |
| 6.3       | Mérés eszközei .....   | 40        |
| 6.4       | A mérési helyszín szerkezeti leírása és helyszínrajza .....                                  | 40        |
| 6.5       | A csarnokban lévő zajforrások .....  | 43        |
| 6.6       | Mérés menete .....   | 43        |
| 6.7       | Mérési pontok helyei .....   | 44        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 6.8        | A munkavállalók tevékenysége a mérési pontoknál.....                    | 44        |
| 6.9        | Mérési eredmények.....  | 44        |
| 6.10       | A mérési eredmények értékelése .....                                    | 48        |
| 6.11       | A munkáltatót érő zajexpozíció hallásvédő eszköz viselése esetén.....   | 49        |
| <b>7.</b>  | <b>Környezeti zajmérés jegyzőkönyvek .....</b>                          | <b>50</b> |
| 7.1        | A mérés helye.....  | 50        |
| 7.2        | A mérés célja.....  | 50        |
| 7.3        | A mérési környezet és az épület szerkezeti leírása .....                | 50        |
| 7.4        | Mérés eszközei .....  | 51        |
| 7.5        | Méréshez használt szabványok és kormányrendeletek .....                 | 51        |
| 7.6        | Meteorológiai körülmények a mérés ideje alatt .....                     | 51        |
| 7.7        | Zajforrások .....   | 51        |
| 7.8        | Mérés menete .....  | 52        |
| 7.9        | Mérési pontok.....  | 53        |
| 7.10       | Mérési eredmények értékelése .....                                      | 53        |
| 7.11       | Zajforrások összefoglalása.....   | 55        |
| <b>8.</b>  | <b>Éjszakai szórakozóhely környezeti zajmérésnek jegyzőkönyve .....</b> | <b>56</b> |
| 8.1        | A mérés helye.....  | 56        |
| 8.2        | A mérés célja.....  | 56        |
| 8.3        | A mérési környezet és az épület szerkezeti leírása .....                | 56        |
| 8.4        | Mérés eszközei .....  | 56        |
| 8.5        | Méréshez használt szabványok és kormányrendeletek .....                 | 57        |
| 8.6        | Meteorológiai körülmények a mérés ideje alatt .....                     | 57        |
| 8.7        | Zajforrások .....   | 57        |
| 8.8        | Mérés menete .....  | 57        |
| 8.9        | Mérési pontok.....  | 58        |
| 8.10       | Mérési eredmények értékelése .....                                      | 59        |
| 8.11       | Zajforrások összefoglalása.....   | 60        |
| <b>9.</b>  | <b>Összefoglalás.....</b>   | <b>61</b> |
| <b>10.</b> | <b>Irodalomjegyzék.....</b>   | <b>62</b> |

# 1. Bevezetés

Szagdolgozatom témája a környezeti és munkahelyi zajvizsgálatok szabványos mérése és azok kiértékelése. Munkám során három mérést végeztem, amely közül az első egy győri autópári alkatrészeket gyártó cég munkahelyi zajának, a második egy alkatrészgyártó győri üzem, a harmadik pedig egy éjszakai szórakozóhely környezeti zajának mérése és elemzése volt.

A zajmérés és annak analízise nagy hangsúlyt kapott mai életben, hiszen a kormány és az Európai Unió, a zaj káros élettani hatása miatt, olyan rendeleteket és szabályozásokat alkottak és alkotnak, amelyekkel arra törekednek, hogy az embereket érő zajexpozíció mértékét a lehető legkisebbre csökkentsék. A rendeletek értelmében minden olyan létesítménynek rendelkezni kell környezeti, és/vagy munkahelyi zajmérési jegyzőkönyvvel, ahol a munkavállalók, vagy a létesítmény környezetében tartózkodó személyek, a zajból származó kockázatnak vannak kitéve. Új létesítmények, vagy meglévők bővítésénél a várható zajkibocsátást a mért háttérterhelési adatok és számítások segítségével becsülik meg, amelyet a létesítés befejezése után mérésnek is követnie kell. Az így kapott eredmények alapján lehet eldönteni milyen zajcsökkentő módok alkalmazása szükséges. Részletezésre kerülnek a különböző eredetű zajforrások által keltett zajok csökkentésére szolgáló intézkedések és eszközök is.

A dolgozatom első felében a méréshez szükséges ismereteket foglalom össze. Bemutatom a hallásszervünket, annak felépítését, a hallás folyamatát, a fülünk mérhető jellemzőit, azok méréséhez használt eszközöket és mérési módokat. Továbbá részletezésre kerül a hang kialakulása, forrásai, terjedése szabadterben, valamint a hang hullámhosszához viszonyított kis,- és nagyméretű akadályok és rések esetén. Leírásra kerül a zajok méréséhez használt mikrofonok, műszerek jellemzői, azok kalibrálásának módszerei és készülékei.

## 2. Hangtan alapjai

### 2.1 A hang fizikai jellemzői

A hang fizikai szempontból egy rugalmas közegben létrejövő mechanikai rezgések és hullámok összessége. Attól függően, hogy ez milyen közegben keletkezik és terjed testhangot, folyadékhangot és léghangot különböztetünk meg. Az emberi fül elsősorban a léghangok érzékelésére képes, amely nyomásingadozás formájában jelentkeznek.

A nyomáskülönbséget, a hangforrás külső rezgésben lévő részecskéi által rezgésbe hozott levegő részecskék elmozdulása miatt létrejövő sűrűsödések és ritkulások okozzák. Tehát a hang az állandó légnyomásra szuperponálódott váltakozó nyomás. Ezért a tér egy adott pontján mért eredő légnyomás, a légnyomás és a hangnyomás pillanatnyi értékének összegével egyenlő. Mivel a légnyomás értéke állandó, ezért elegendő az időben változó hangnyomásértékkel foglalkozni. A hangnyomás szabványos mértékegysége 1Pa, amely  $10^5$ Pa légnyomás esetén 1Newton erőhatást jelent egy  $1\text{m}^2$ -es felületen. Gyakran a hangnyomás viszonyításként dB-ben kerül megadásra, ahol a viszonyítási 0dB-es szintet, a  $2 \times 10^{-6}$ Pa nyomású éppen hallható 1000Hz-es szinuszhang jelenti [2].

### 2.2 Szabadtéri hangterjedés

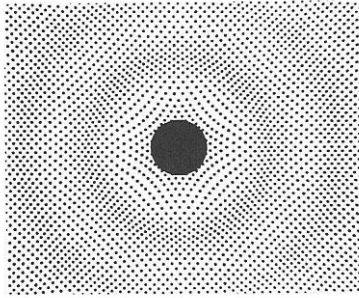
Ez egy olyan ideális eset, amikor a hangforrás által kibocsátott hullámokra nem hat semmilyen befolyásoló tényező. A hanghullámok sem elnyelő, sem visszaverő felülettel nem találkoznak. Ez egy ideális és elméletben létező tér.

### 2.3 Hangforrás típusok

Három féle elméleti hangforrást különböztetünk meg [7]:

- pontsugárzót
- vonalsugárzót
- felületsugárzót

A pontsugárzó olyan végtelen, kis átmérőjű és veszteségmentes hangforrás, amely a tér minden irányába egyenlő teljesítménnyel sugároz. Az előbb leírtakból következik, hogy a hangforrás gömbhullámokat bocsát ki, amelyek a pontsugárzó középpontjából indulnak ki. Ettől a középponttól távolodva a hangnyomás értéke is csökken, mivel a növekvő gömbfelület miatt csökken az egységnyi felületre eső hangnyomás is. Ez a csökkenés, gömbhullámok esetén a távolság négyzetével arányos. A valóságban nem létezik ilyen ideális hangforrás, de annak tekinthető az, amelyiknek mérete a hullámhosszhoz képest jóval kisebb.



**1) ábra**  
**Vibráló gömb [7]**

Pontforrás intenzitásának számítása:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$$

ahol:

- W hangteljesítmény
- r pontforrás sugara
- $\rho$  levegő fajlagos akusztikai ellenállása
- c részecske sebesség

Az eredő hangnyomás meghatározása a pontforrástól adott távolságra:

$$L_e = L_{[dB]} + 10 \log \frac{D}{4\pi r^2}$$

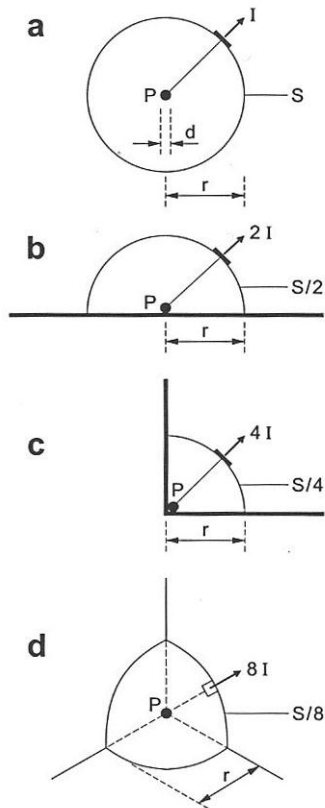
ahol:

- $L_e$  eredő légnyomás
- $L_{[dB]}$  pontforrás hangteljesítménye
- D irányítási tényező
- r vizsgálandó pont távolsága

Az irányítási tényező megmutatja, hogy ponsugárzó által kisugárzott összes teljesítmény a gömbfelület hányad részére koncentrálódik. Ennek az értéke a pontforrást határoló visszaverő felületek számától függ (2. ábra).

D értéke a visszaverő felületek számától függően [7]:

- szabadtér esetén D=1
- egy visszaverő felület esetén D=2
- két visszaverő felület esetén D=4
- három visszaverő felület esetén D=8



**3.10. ábra**

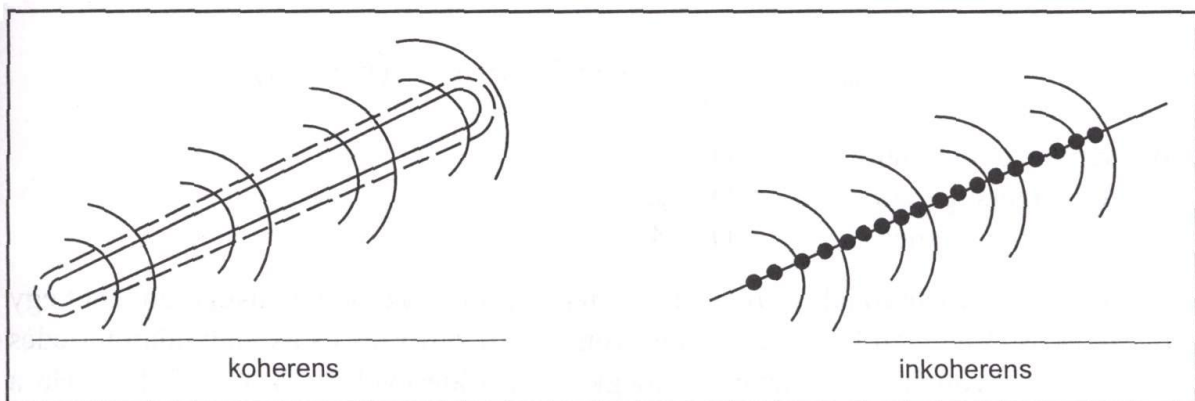
Pontszerű hangforrás által keltett hangintenzitások

- a Minden irányban szabad hangtérben
- b Szabad féltérben
- c Szabad negyed térben
- d Szabad nyolcad térben

**2) ábra**

**Az irányítási tényező változásának szemléltetése [7]**

Vonalsugárzónak nevezzük a vonal mentén elhelyezett végtelen számú pontforrás összességét. Két típusa létezik, az egyik az azonos fázisban sugárzó elemekből felépülő koherens, a másik a különböző fázisú pontforrásokból felépülő inkoherens vonalsugárzó.



**3) ábra**

**Koherens és inkoherens sugárzás [10]**

Egymástól egyenlő távolságban elhelyezkedő, független pontforrásokból álló felületet nevezük felületi sugárzónak.



## 2.4 Hangterjedés

A hangforrás által kisugárzott hanghullámok valamilyen határfelülethez vagy akadályhoz érve, különböző mértékben elhajolhatnak, behatolhatnak az árnyékokba, vagy visszaverődhetnek.

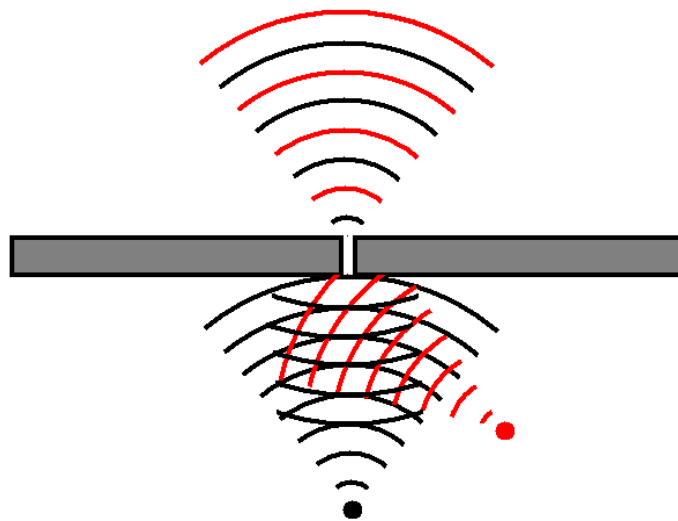
Elhajlás más néven refrakció, akkor jön létre, ha a hanghullám eltérő sűrűségű közeg határához ér. Az elhajlás szögét a két közeg egymásra vonatkoztatott törésmutatója határozza meg. Ha a beesésszög egy bizonyos értéknél, az úgynevezett határszögnél kisebb, akkor az elhajlás helyett teljes visszaverődés következik be.

Az árnyékba hatolás vagy diffrakció esetén a hanghullám behatol, a hullámhosszhoz képest kisméretű nyílással rendelkező falak vagy akadályok geometria árnyékterébe. A diffrakció mértéke az akadály méretétől és a hang frekvenciájától függő jelenség.

Reflexió magyarul visszaverődés esetén a hanghullám az általa szállított energiájának csak egy kis része nyelődik el, hatol át és alakul hővé a súrlódás következtében. Az energia nagyobb része pedig visszaverődik hullámhosszhoz képest nagyméretű és falvastagságú akadályon. Létezik a reflexiónak egy speciális esete, amit visszhangnak nevezünk. Ez a jelenség akkor hallható, amikor a hang terjedési ideje eléri a kb.50ms-os echóküszöböt. Ehhez legalább 17méteres távolságnak kell lennie hangforrás és a visszaverő felület között [1].

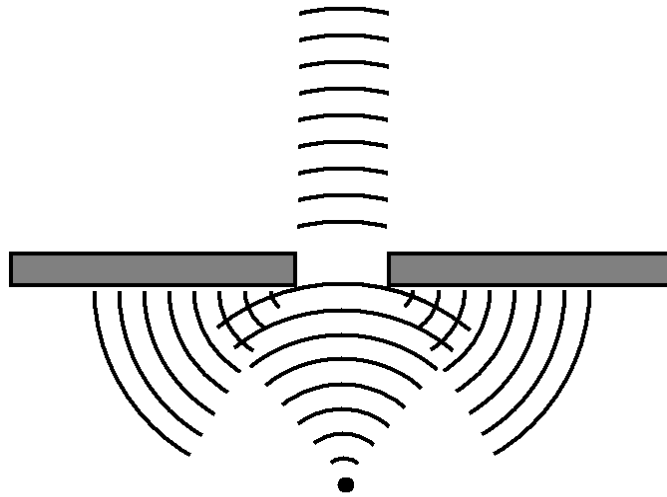
Hang akadályba ütközésének alapesetei [1]:

1. Ha a hullámhosszához képest kis nyílással rendelkező falba ütközik a hanghullám, akkor annak az energiájának nagy része reflektálódik a falról, a többi pedig a nyíláson áthaladva gömbhullámok formájában terjed tovább. A rés tehát pontforrásként viselkedik.



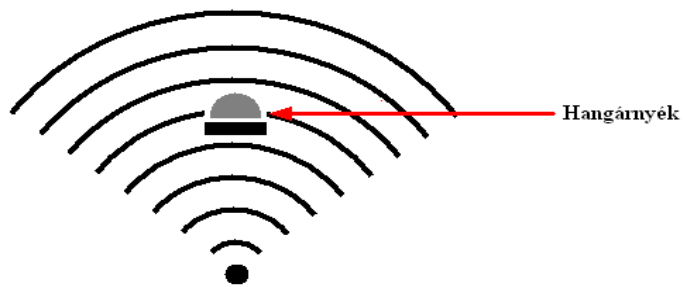
4) ábra  
Hangterjedés kis nyílás esetén

2. Nagy nyílású akadály esetén a hanghullámnak kis része reflektálódik, a nagyobb része pedig síkhullám formájában tovább terjed nyílás a túlsó oldalán.



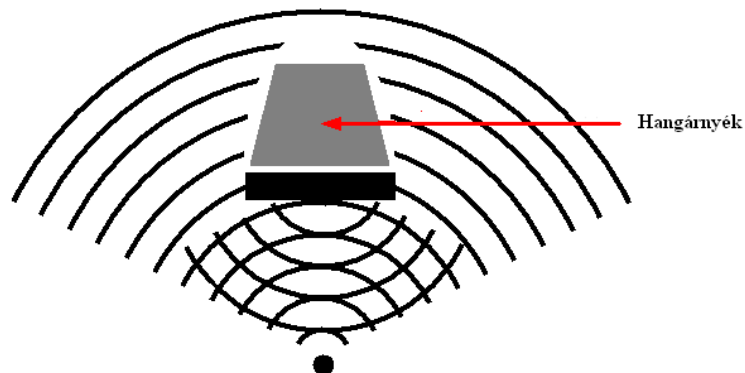
5) ábra  
Hangterjedés nagy nyílás esetén

3. Ha a hullám útjába valami kisméretű tárgy kerül, akkor a hullám kis reflexió mellett kikerüli azt.



6) ábra  
Hangterjedés kisméretű akadály esetén

4. Nagy akadály esetén a hullám reflexiója nő, a diffrakciója csökken.



7) ábra  
Hangterjedés nagy akadály esetén

## 2.5 A hang terjedési sebessége

A hang terjedési sebességét három tényező határozza meg, amelyek a következők:

- a közeg anyaga
- hőmérséklete
- sűrűsége

Ezek ismeretében a hang terjedési sebessége könnyen kiszámolható a különböző halmazállapotokhoz tartozó képletek segítségével.

A gázokban terjedő hangok sebességét a következő képlet segítségével számítható:

$$c_0 = \sqrt{\frac{1,4P_0}{\rho}} = \text{ami } 0^\circ\text{C} - \text{os levegő esetén } 332 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$c = c_0 \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$$

A szilárd testekben terjedő hangok sebességét a következő képlet segítségével számítható:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

E – Young modulus

A folyadékokban terjedő hangok sebességét a következő képlet segítségével számítható:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

K- kompresszió modulus

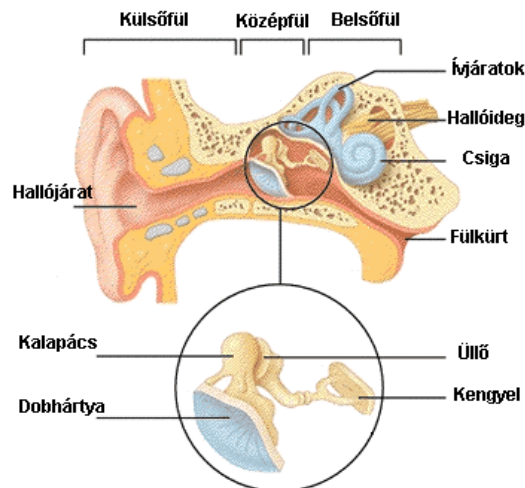
| Anyag      | Hőmérséklet (°C) | Terjedési sebesség (m/s) | Anyag          | Hőmérséklet (°C) | Terjedési sebesség (m/s) |
|------------|------------------|--------------------------|----------------|------------------|--------------------------|
| Acél       | -                | 6100                     | Víz            | 16               | 1450                     |
| Alumínium  | -                | 6260 - 6400              | Szén - dioxid  | 0                | 259                      |
| Nikkel     | -                | 5600 - 5630              | Szén - monoxid | 0                | 338                      |
| Ólom       | -                | 2160 - 2400              | Oxigén         | 0                | 316                      |
| Ón         | -                | 3320                     | Nitrogén       | 0                | 334                      |
| Vas        | -                | 5850                     | Hélium         | 0                | 965                      |
| Vörösréz   | -                | 4606 - 4700              | Hidrogén       | 0                | 1284                     |
| Bazalt     | -                | 5930                     | Kén - dioxid   | 0                | 213                      |
| Gumi       | -                | 1479                     | Metán          | 0                | 430                      |
| Keménygumi | -                | 2405                     | Ammonia        | 0                | 415                      |
| Porcelán   | -                | 6150                     | Vízgőz         | 134              | 494                      |

**1) táblázat**  
**Különböző anyagokban terjedő hang sebessége**

### 3. Az emberi hallás

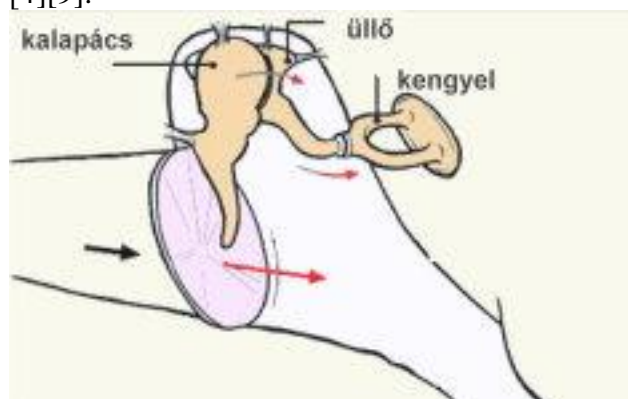
#### 3.1 A fül felépítése

Hallószervünk, a fül három fő részre, - külsőfülre, - középfülre és - belfülre osztható (8. ábra). A külsőfül a többszörösen görbült, porcból és az azt borító bőrből álló fülkagylóból, valamint a körülbelül 2,5cm hosszú és 8mm átmérőjű csőszerű hallójáratból áll [3]. A méretei miatt a rezonanciafrekvenciája 3000Hz körüli, vagyis ezen a frekvencián legnagyobb az érzékenysége. A hallójáratot a dobhártya zárja le, amely egyben a külsőfül és a középfül elválasztó vonala is [4][9].



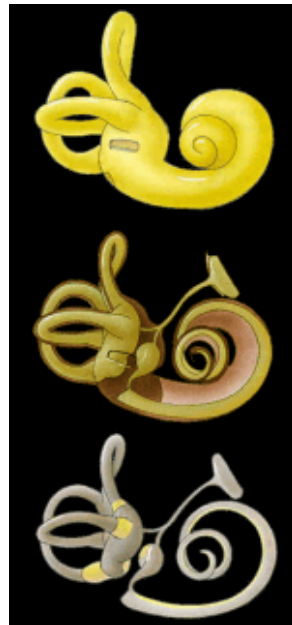
8) ábra  
Fül felépítése [9]

A középfület (9. ábra), a három hallócsontot: a kalapácsot, a kengyelt és az üllőt tartalmazó dobüreg és a fülkürt alkotja. A kalapács ízülettel kapcsolódik a dobhártyához, nyelén keresztül az üllőhöz és az ovális ablakhoz, talpán keresztül rögzülő kengyelhez. Az így kialakult hallócsontlánc feladata a dobhártya rezgéseinek az ovális ablakhoz való továbbítása. Ezen folyamat elengedhetetlen feltétele, a dobüregben lévő nyomás külsővel való kiegyenlítése, amelyet az Eustach-kürt lát el. Ha a középfület és a garatot összekötő hallókürt nem működik megfelelően, akkor a dobüregben lassan vákuum keletkezik, ami a dobhártya behúzódását eredményezi [4][9].



9) ábra  
Középfül felépítése [9]

A halántékcsontról a piramisában helyezkedik el a belsőfület alkotó folyadékkal töltött csontos labirintus (10. ábra), amely az előcsarnokból, a csontos csigából (cochlea) és az egyensúlyozáshoz szükséges három félkörös ívjáratból áll. A csontos csigán belül még található, egy a folyadékréteget kettéosztó hártyás csiga is, amelynek az alsó részét alaphártyának, a felsőt pedig Reissner-hártyának nevezünk. A hallás érzékszerve, az alaphártyának szőrrel és fedőlemezzel borított része Corti-szerv. Ez végzi a mechanikus rezgés ingerületté való átalakítását [2][4][9].



**10) ábra**  
**Belsőfül felépítése [9.]**

### **3.2 A hallás folyamata**

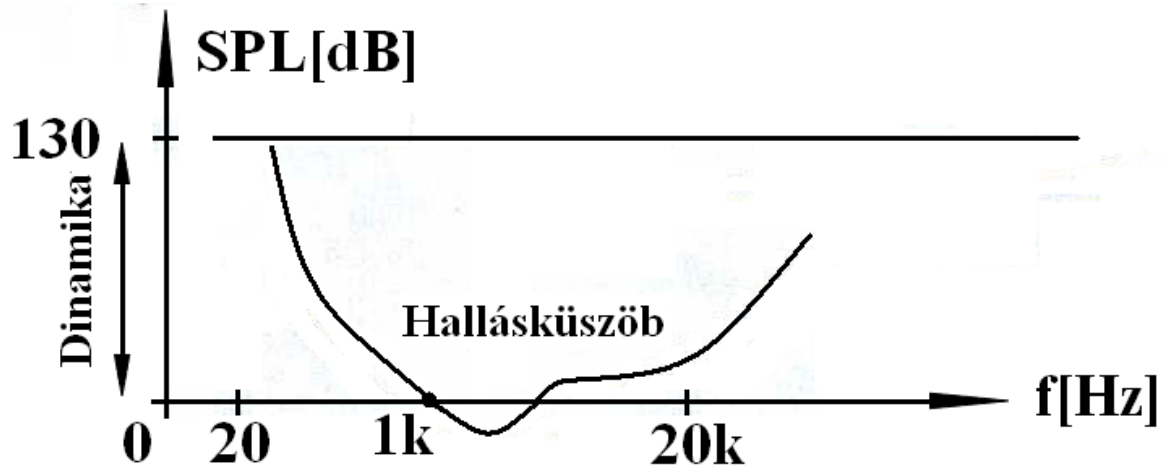
A hangforrás által keltett rezgéseket a fülkagyló összegyűjti, szűri és a dobhártyára reflektálja. A szűrés, a hallójáratral együtt alkotott negyedhullámú rezonátorral történik. A hanghullámok által keltett dobhártyarezgések, a hallócsontokon át eljut a csigáig. A rezgés ezután a csigában lévő folyadék felső részén végighalad, majd annak végére érve megfordul, és az alsó felén visszajön egészen az ovális ablakig. Ennek hatására az alapszövet és a Corti-szerv is rezgésbe jön [9].



**11) ábra**  
**Hallás folyamata [9]**

### 3.3 Az emberi hallás jellemzői

Az emberi hallás egyik legfontosabb tulajdonsága, hogy csak egy bizonyos frekvenciatartományon belül elhelyezkedő hanghullámok érzékelésére képes. A hallás frekvenciafüggősége miatt, a különböző frekvenciájú hangokat más-más hangnyomásszint felett vagyunk képesek érzékelni, vagyis minden egyes frekvenciához egy hallásküszöb érték is tartozik. A hallásküszöb nem más, mint az a legkisebb hangnyomásszint, amelyen az adott hang hangérzetet kelt. Az emberi fül hallásküszöbje (12. ábra) a 2-4kHz tartományban, a beszéd frekvenciatartományában a legalacsonyabb, majd innen a magasabb és mélyebb hangok felé haladva folyamatosan növekszik.



12) ábra  
Az emberi hallásküszöb

Az emberek hallástartománya általában 20Hz-től 20kHz-ig terjed, amely erősen kor és egyénfüggő. Az idősebb embereknél a hallástartomány felső 20kHz-es határa, akár 12-14kHz-re is lecsökkenhet. Az emberi szervezet képes a 20Hz alatti hangok érzékelésére is, csak ezeket a hangokat már nem a fülünk, hanem a csontvázunk segítségével végezzük. Ezt nevezzük csonthallásnak [1].

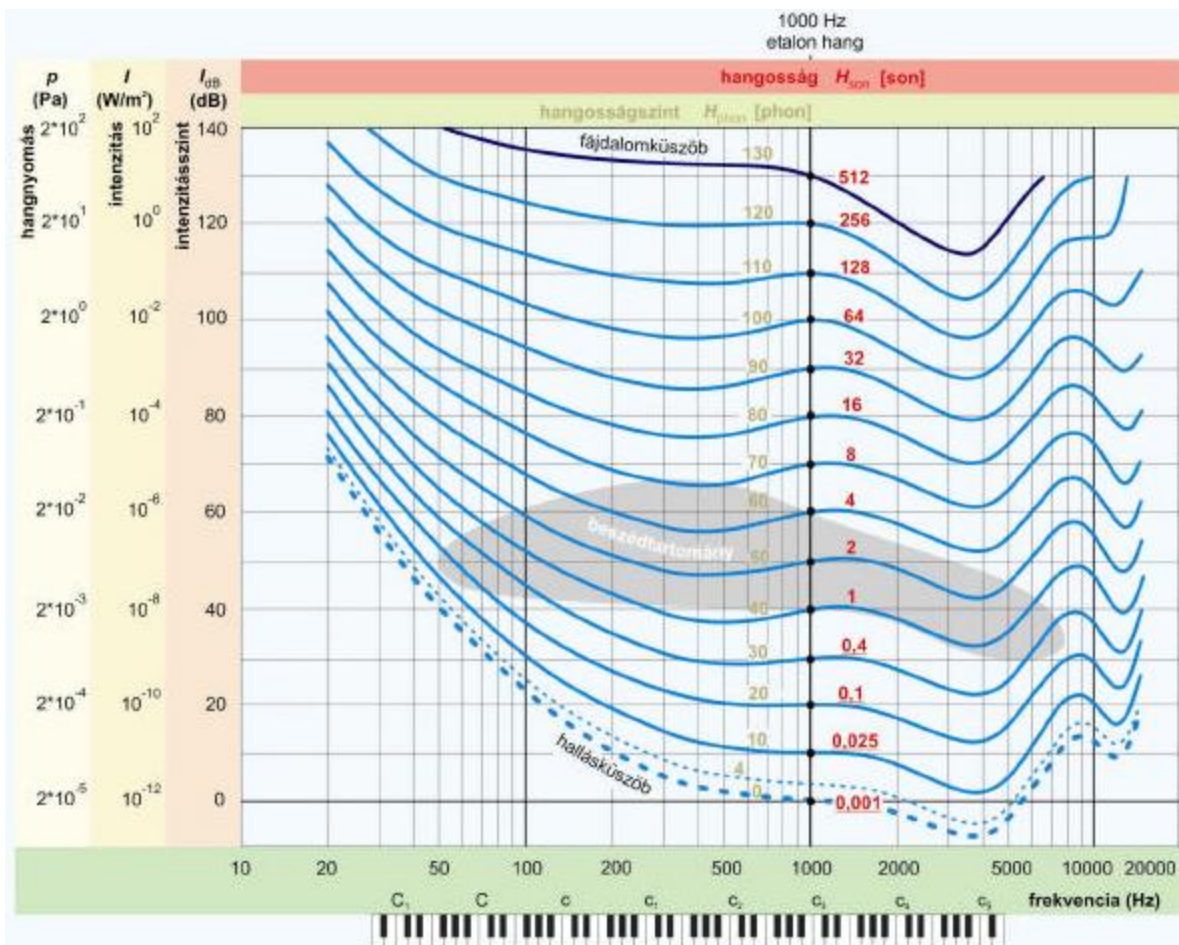
A hallásunk egy másik nagyon fontos paramétere a fájdalomküszöb. Ez gyakorlatilag az adott frekvenciájú hangnak azt a hangnyomásszintjét jelenti, amely már fájdalmat okoz az emberi szervezet számára, sőt a dobhártya beszakadásával is járhat. Ez az érték 130dB hangnyomás környékén van. A fájdalomküszöb dB-ben megadott értéke, gyakorlatilag az emberi fül dinamikájával egyenlő, ami 130dB [1][2].

Mivel a fülünk érzékenysége a hallástartomány minden egyes frekvenciáján más, ezért a különböző frekvenciájú hangok, ugyanolyan erősségű hangérzetet, más-más hangnyomásszinten keltenek. Ezért a szubjektív hangosságérzet számszerűsítésének érdekében bevezették a hangerő fogalmát. Mértékegysége phon. Ez alapján egy hang hangerőssége annyi phon, ahány dB a vele azonos hangosságérzetet keltő 1kHz-es szinuszhang hangnyomásszintje. Ha ábrázoljuk és összekötjük az azonos hangerősségű élményt nyújtó hangnyomásszinteket a frekvencia függvényében, akkor az úgynevezett Fletcher-Munson görbéket kapjuk meg. Az így kapott görbék közül, a 0 phon-os megegyezik az ember hallásküszöbjével. A phon-ban lévő értékek hátránya, hogy nem fejezik ki számszerűen, és lineárisan hangosságérzetünk változását, valamint egymással algebrailag nem összegezhetőek. Azért, hogy ez elvégezhető lehessen, szükség volt egy újabb mennyiség, a hangosság bevezetésére, amelynek jele  $L_p$ , mértékegysége sone [1]. Tehát, két különböző

phon érték összeadása, csak azok sone-ba való átváltása után, a következő képlet segítségével végezhető el:

$$L_P = 2 \frac{(L_n - 40)}{10}$$

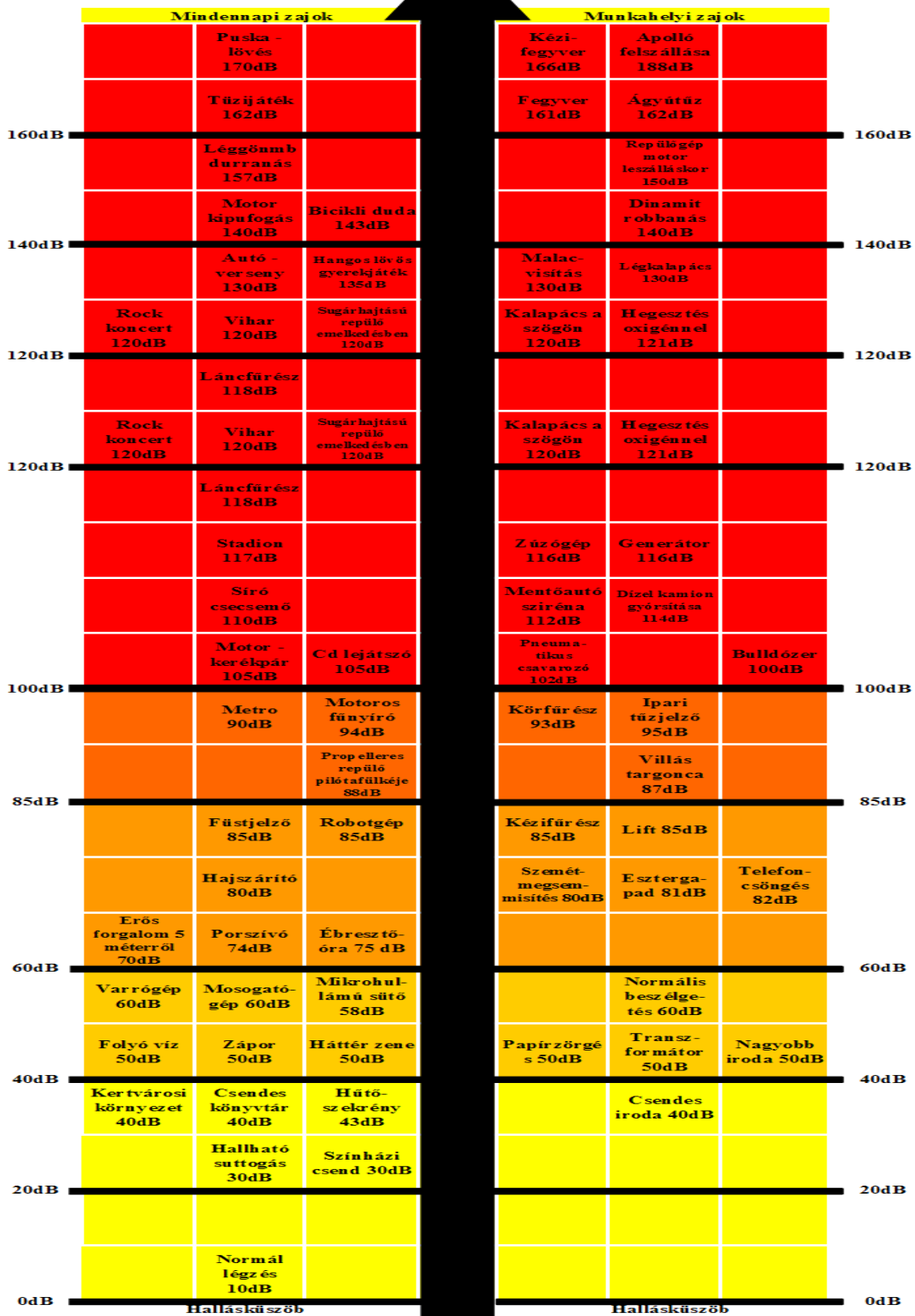
A képletből látható, hogy 1 sone 40 phone-nal egyenlő. Az is könnyen kiszámítható, hogy 10 phone növekedés kétszeres hangosságnak felel meg.



13) ábra

A hangnyomás – phon - sone átszámítása és Fletcher-Munson görbék [8]





14) ábra  
Tevékenységekhez és jelenségekhez tartozó hangnyomásszintek [28]

Az emberi hallás képes a hallott hangok alapján meghatározni a hangforrás helyét, irányát és távolságát. Ezt a képességet lokalizációnak nevezzük [1]. A hallásunk a lokalizációt csak egy bizonyos küszöb, az úgynevezett lokalizációs bizonytalanság fölött képes meghatározni. Ha a hangtér diffúz, amely akkor alakul ki, amikor a forrás helyének változása nagyon gyors, a hallásunk a lokalizációra képtelen.

### **3.4 A hallásvizsgálat**

A hallásvizsgálatokat az orvosi szűrővizsgálatokon kívül a műszaki élet számára is fontos adatok gyűjthetők a hallásunkról. Ilyen vizsgálatokkal állapítják meg az emberek különböző típusú hallásküszöbjeit, amelyek számos területen a műszaki akusztikában, fej és fülhallgatók tervezésénél, hallókészülékek fejlesztésénél használható fel. Ezeket az adatokat veszik figyelembe még a munkavédelmi és környezeti zajok küszöbértékeinek rendeletben való megállapításában. Fontos információt ad továbbá a zajok csökkentésére szolgáló építmények, építőanyagok egyéni hallásvédő eszközök kialakításában és fejlesztésében.

#### **3.4.1 Az audiológiai vizsgálati módok és eszközök**

A hallásvizsgálatnak eszközös, és eszköz nélküli vizsgálati formája létezik. Az eszköz nélkülit általában csak szűrő vagy diagnosztikai jellegű vizsgálatoknál alkalmazzák. Ezzel szemben, ha a hallásvizsgálat célja, a hallásunk akusztikai szempontból fontos küszöbértékeinek vagy paramétereinek megállapítása, akkor szinte minden esetben szükség van, a speciális erre a célra kifejlesztett berendezésekre. Ezek a készülékek ráadásul az orvosi szűrő és diagnosztikai vizsgálatokhoz is használhatók [5][26].

Az audiológiai vizsgálatoknál, a vizsgált személy együttműködésétől függően, szubjektív és objektív eljárásokat szokás megkülönböztetni. Szubjektívek esetében szükség van a páciens kapcsolattartására és kommunikációjára, hiszen az eredmények csak annak szavaiból, reakcióiból és jelzéseiből határozhatóak meg. Ha a páciens valami miatt nem tud, vagy nem akar együttműködni akkor csak objektív audiometriás mérések használhatóak. Ezt a mérési eljárást, háromévesnél kisebb gyerekeknél alkalmazzák. Az előzőekben leírtakból is jól látszik, hogy az objektív vizsgálatok minden esetben elvégezhetőek, azonban a szubjektív audiometriás mérések eredményei mindig komplexebb képet adnak a páciens állapotáról [5][26].

Ezeket a vizsgálatokat audiométerekkel végzik. A műszerek egyik fajtája pszichoakusztikai, a másik az agykéregben lejátszódó elektromos változások alapján végzi el a hallott hangok mérését. A pszichoakusztikai elven működő audiométernek két fajtáját használják leggyakrabban. Egyik a küszöbaudiométer (15. ábra), amelynek első félautomata példányát az 1930-as években a Nobel díjas Békésy György készítette el. A másik az 1960-as évek óta alkalmazott beszédaudiométer.



**15) ábra**  
**Sa-52 audiométer [29]**

Küszöbaudiométerrel határozható meg [5]:

- a lég- és csontvezetéses hallásküszöb
- MCL (Most Comfortable Level) az egyén számára legkényelmesebb hangnyomásszint
- UCL (UnComfortable Level) a kellemetlenül hangosnak észlelt hangnyomásszint

Beszédaudiométerrel határozható meg [5]:

- SAT (Speech-Awareness Threshold) vagy SDT (Speech-Detection Threshold) beszéd észlelési küszöb  
A beszédészlelési küszöb, a beszédnek azt a hangnyomásszintjét jelenti, amelynél a vizsgálati személy még észleli a teljes beszéd 50%-át.
- SRT (Speech Reception Threshold vagy Speech Recognition Threshold) beszéd érthetőségi küszöb
- A beszédértési küszöb, a beszédnek azt a hangnyomásszintjét jelenti, amelynél a vizsgálati személy a teljes beszéd 50%-át érti és vissza tudja mondani.
- MCL (Most Comfortable Level) az egyén számára legkényelmesebb hangnyomásszint
- UCL (UnComfortable Level) a kellemetlenül hangosnak észlelt hangnyomásszint

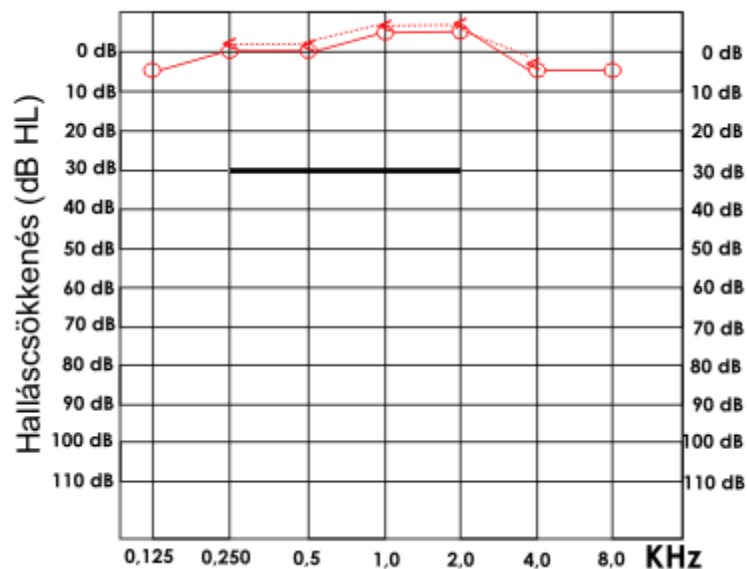
### **3.4.2 A lég- és csontvezetéses hallásküszöb mérése**

A vizsgálat menete [5][26]:

- A vizsgálandó személyt, a süketszobában elhelyezett kényelmes székre kell ültetni. Ezekkel a körülményekkel próbálunk arra törekedni, hogy a lehető legkevesebb zaj vagy zavaró tényező befolyásolja a személy koncentráció képességét.
- A légvezetéses vizsgálathoz fejhallgatót kell használni, amelyet a jelöléseknek megfelelően kell feltenni a vizsgálandó személy fejére. Ennél a vizsgálatnál a

fejhallgató membránja által keltett rezgések a levegő közvetítésével jutnak el a dobhártyán keresztül a hallócsontokig.

- Először az 1000Hz-hez tartozó hallásküszöböt kell meghatározni. Ez úgy történik, hogy az 1000Hz-es hang hangnyomásszintjét 10dB-ről kezdve 5dB-vel növelve megkeressük azt a szintet ahol a vizsgálandó személy meghalja a vizsgáló hangot. Mivel nem biztos, hogy a szint a hallásküszöb, ezért az előző lépéseket addig ismételjük, ameddig kétszer ugyanazon a hangnyomásszinten nem hallja meg a hangot.
- A vizsgálatot 125; 500; 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 6000; 8000Hz-en is el kell végezni.
- A légvezetési adatok mindkét fülre való felvétele után, a csontvezetési hallásküszöböt kell meghatározni. Ennél a mérési eljárásnál a rezgéseket a koponyacsont juttatja el a Corti-szervbe, ezért a fejhallgató helyett a fül mögé helyezendő csontvezetési hallgatót kell a műszerhez csatlakoztatni.
- Ezután be kell állítani a maszkolás paramétereit, annak érdekében, hogy elkerüljük a két fül közötti áthallást. Az áthallás értéke 40dB és 60dB között szokott lenni, ami azt jelenti, hogy az egyik fülbe beadott hangot, ennyivel kisebb hangnyomásszinten halljuk meg, mint a másikban. Ez akkor okoz zavart, ha nagy különbség van a két fül hallásküszöbe között.
- A mérés többi lépése megegyezik a légvezetési hallásküszöbnél leírtakkal.



16) ábra  
Az ép hallás audiogramja [11]

### 3.4.3 A hallóideg kifáradása

A hallóideg kifáradása esetén, a hosszabb ideig hallgatott hanghoz tartozó hallásküszöb megemelkedik. Ez az idő egészséges hallás esetén több mint 90másodperc. Tehát, a vizsgálat során a hangnyomásszint helyett az időtartamot kell mérni. A vizsgálatot 2kHz-es hallásküszöbvel megegyező hangnyomásszintű hanggal kell elkezdni. Ha a vizsgálandó személy kevesebb, mint 90s-on belül jelzi, hogy már nem hallja a hangot, meg kell növelni a

hangnyomásszintet. A szintet maximum 25dB-lel lehet megnövelni, valamint a vizsgálati idő sem tarthat tovább 7 percnél [5].

#### **3.4.4 A beszéd észlelési és beszédértési küszöb**

A két vizsgálat menete gyakorlatilag megegyezik a hallásküszöb vizsgálatánál leírtakkal. Az egyetlen különbség az, hogy a vizsgálójelek különböző szótaghosszúságú szavak. A vizsgálat két 10 darabos tesztszekvenciára osztható, amely közül az első mindegyike 10 több szótagú, a második mindegyike pedig 20 két szótagú szóból áll. Az így hallott szavak 50%-át a beszédészlelési küszöbnél észlelni, míg a beszédértési küszöbnél azokat vissza is kell mondani. A külső forrásból származó szavak hangnyomásának beállításához 1kHz-es 0 dB HL referenciahangot kell használni [5].

## 4. A mikrofonok

A mikrofonok a zajanalizátorok és zajmérések egyik legkritikusabb pontja. A minőségén kívül az is fontos, hogy az adott feladat elvégzéséhez a legmegfelelőbb mikrofont használjunk. Tudnunk kell, hogy a méréshez milyen frekvenciamenetű, érzékenységgű, méretű mikrofonra van szükség. Ehhez szeretnék a következőkben néhány támpontot adni.

### 4.1 Mikrofonfajták

A mikrofonok olyan elektromos eszközök, amelyek a levegő hangnyomás változásait, annak megfelelő elektromos jellé alakítják. Attól függően, hogy ez az átalakítás milyen elven történik, beszélhetünk szén, dinamikus vagy kondenzátor mikrofonról. Mivel az előbb felsorolt típusok közül csak a kondenzátor mikrofonok alkalmasak zajmérési célokra, ezért a dolgozatomban csak ezek kerülnek bemutatásra.

### 4.2 A mikrofonok paraméterei

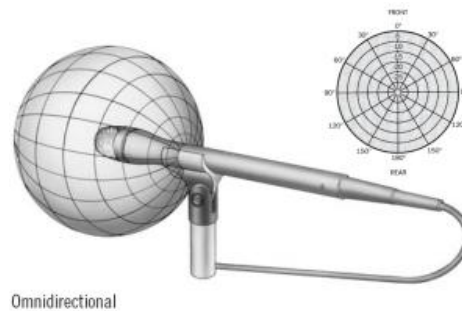
A kondenzátor mikrofonok legfontosabb paraméterei [2]:

- érzékenység
- iránykarakterisztika
- maximális elviselhető hangnyomásszint
- kimeneti impedancia
- membrán mérete
- saját zaja
- tápforrás

#### 4.2.1 Mikrofon iránykarakterisztikák

1. A Gömbkarakterisztikájú mikrofonok (17. ábra) [1]:

Az ilyen karakterisztikával rendelkező mikrofonokat irányfüggetleneknek is nevezik, mivel a tér bármely pontjából érkező hangokat azonosan érzékelik. Ezen tulajdonsága miatt környezeti zajok és hangok rögzítésére a legalkalmasabbak. Tipikusan a nyomásmikrofonok rendelkeznek ilyen iránykarakterisztikával.



17) ábra

Gömb iránykarakterisztika [12]

2. Kardiodoid vagy vese karakterisztikájú mikrofonok (18. ábra) [1]:  
Nevét az emberi vese alakjára hasonlító iránykarakterisztikája miatt kapta. Érzékenysége elől a legnagyobb, hátul pedig a legkisebb.



**18) ábra**

### **Kardiodoid iránykarakterisztika [12]**

3. Nyolccas karakterisztika [1]:  
Stúdiókban interjúk, párbeszéd felvételére használják, mivel a kettős gömb karakterisztikával rendelkező mikrofonok, a rájuk merőlegesen érkező hangokat, minkét irányból maximális érzékenységgel, az oldalról érkezőket pedig nulla érzékenységgel veszi.

## **4.3 A kondenzátor mikrofonok**

A kondenzátor mikrofonok a hangok által keltett nyomásváltozásokat kapacitív módon alakítja át elektromos jellé. Ehhez egy úgynevezett lötyögő fegyverzetű kondenzátort használnak, amely egy mozgó negatív és tőle nyugalmi helyzetben  $10\mu\text{m}$  távolságban lévő rögzített pozitív fegyverzetből áll. A közöttük lévő távolsággal együtt a kondenzátor kapacitása is változik, amikor a membránként használt negatív fegyverzet mozgásba jön a hang hatására. Ezért ha a mikrofon DC feszültségre van kötve, akkor annak kimenetén a hangnyomással arányos feszültségváltozás jön létre, amely a nagy impedancia miatt igen kicsi. Ahhoz, hogy ez a jel feldolgozható lehessen, szükség van annak erősítésére, amelyet a nyélbe épített erősítő végez. Tehát, a DC feszültség, amely néhány voltól 48V-ig terjed, nemcsak az előfeszítést, hanem az erősítő táplálását is ellátja [1][2].

A kondenzátor mikrofonok fontos paraméterei közül az érzékenység-, a frekvencia- és a dinamikatartományt a membrán mérete határozza meg. A membrán méretének növelésével nő a mikrofon érzékenységtartománya, és a dinamikatartománnak alsó-felső határa, míg a frekvenciatartománya csökken.

## 4.4 A mikrofonok kalibrálása

A mikrofonok adott feladathoz való alkalmassága a működési tartománya alapján dönthető el. Ezt a kalibrálási eljárás során megmért adott frekvenciához tartozó érzékenységből vagy adott amplitúdó szinthez tartozó nyomásérzékenység frekvenciamenetéből határozható meg. A paraméterek megmérése három féle ismert kalibrálási eljárással: a reciprocitás, az összehasonlítás és a transzfer metódus ismert hangforrással lehetséges.

A reciprocitás módszere egy referencia hangforrás nélküli nagy pontosságú kalibrálási eljárás, amelyhez egy csőre és mikrofonokra van szükség. A módszer lényege az, hogy a cső ténylegteréből és a benne egymással szemben elhelyezett adó mikrofon áramból, és vevő feszültségéből felírható a két mikrofon érzékenységének a szorzata [1]. Azonban ahhoz, hogy az egyes érzékenységek meghatározhatók lehessenek, szükség van egy harmadik mikrofonra is. Ezt betéve egyszer az egyik, majd a másik mikrofon helyébe felírható a három szorzat, amelyből már kiszámíthatók az érzékenységek.

A méréshez használt összefüggés:

$$S_1 S_2 = \frac{U}{IZ_{akusztikai}}$$

Az összehasonlítási eljárással való érzékenység meghatározásához mindössze egy ismert érzékenységű mikrofonra van szükség. Az ismeretlen érzékenység a mikrofonok azonos hangnyomáson mért kimeneti feszültségéből és az ismert érzékenységből határozható meg a következő képlet segítségével:

$$S_{ismeretlen} = S_0 \frac{U_{ismeretlen}}{U_{ismert}}$$

Az ismeretlen mikrofon frekvenciamenetének felvétele közvetlenül számolás nélkül is elvégezhető, ha a kalibrálás során használt mikrofon egyenes frekvenciamenetű.

Az első két módszernél a szabadterben végzett kalibrációnál a mért érzékenységet korrigálni kell a mikrofonhoz adott free-field görbe segítségével. Erre azért van szükség, mert a mikrofon membránja a nagyobb frekvenciák felé haladva egyre jobban zavarja a teret, ami miatt nagyobb nyomás mérhető a membránon.

A transzfer módszernél, egy adott frekvenciájú és hangnyomású eszközzel a kalibráció gyorsan és egyszerűen elvégezhető. Ezt a kisméretű elemes kalibráló készüléket, amely szabványos 94dB-es 1000Hz-es szinuszhangot bocsát ki pisztonfonnak nevezzük. Ezen módszer hátránya az, hogy a mérés tartalmazza a mikrofon előerősítőjének kapacitásából származó veszteséget. Ennek elkerülése érdekében a kalibrálást, úgy kell elvégezni, hogy a mikrofont beletesszük egy ismert hangnyomású üregbe és lemérjük annak kimeneti feszültségét. Ezután leállítjuk a hangforrást, de a mikrofon kapszulát nem vesszük ki az üregből. Utána, a forrás frekvenciájával megegyező feszültséget kapcsolunk rá, amelynek szintjét addig állítjuk, ameddig nem kapunk a mért értékkel megegyező mikrofon kimeneti feszültséget. A kapott feszültség értékét, a hangnyomással elosztva, megkapjuk az üresjárat érzékenységet [1].



## 5. A zaj és mérésének elméleti áttekintése

### 5.1 A zajanalizátorok használt súlyozó görbék és üzemmódok

A zajanalizátorok különböző szűrési módokat tartalmaznak, amelyek arra szolgálnak, hogy a műszer a zajmérést, a hallásunk tulajdonságainak figyelembevételével végezze el. Az egyik ilyen tulajdonsága az, hogy az érzékenysége a középfrekvenciáktól az alacsony és magasabb frekvenciák felé haladva folyamatosan csökken. A másik az, hogy ez az érzékenység csökkenés egyre kisebb mértékű a hangnyomásszintek emelkedésével.

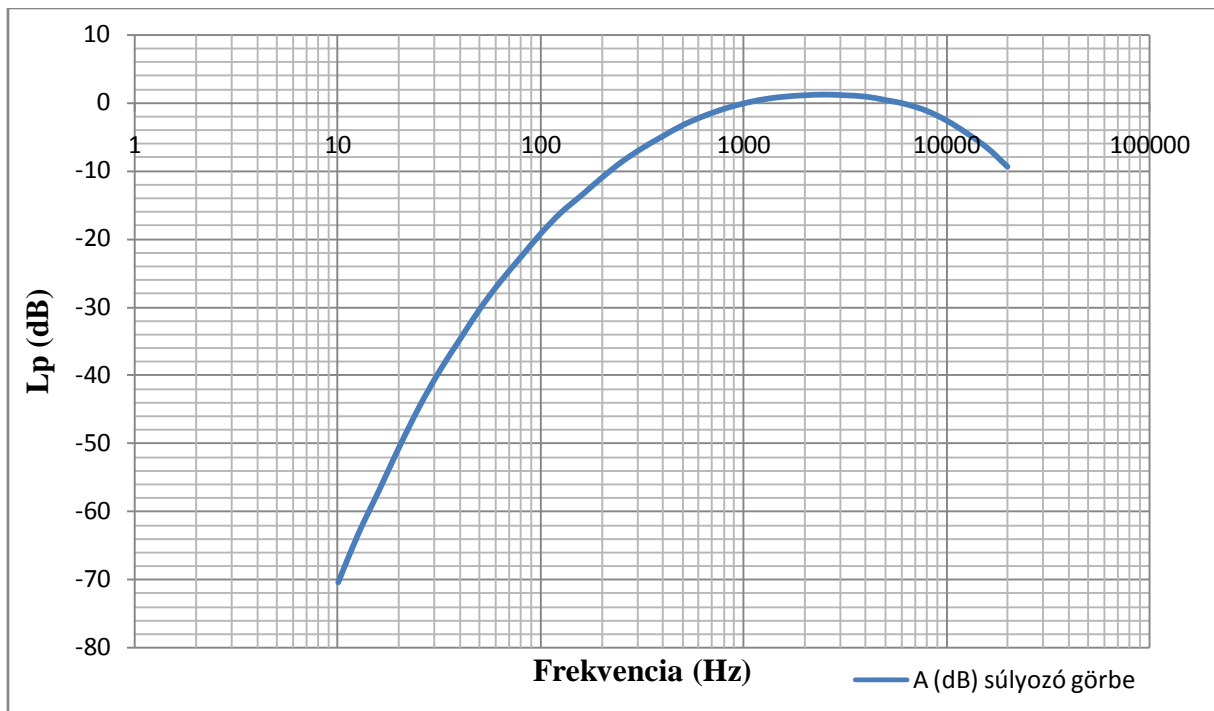
A műszer négy alapvető szűrési módja [1]:

1. A lineáris, egy frekvenciasúlyozás nélküli műszer üzemmódot jelent, amely a mikrofonon mért hangnyomásszinteket változtatások nélkül, dB formában jelzik ki.
2. A következőkben leírt három szabványban meghatározott súlyozó görbék teszik lehetővé, hogy a műszer érzékenysége a hallásával azonos módon változzon a frekvencia függvényében. A görbék mindegyike tulajdonképpen egy-egy szűrő átviteli karakterisztikáját jelenti, amelyek közül az dB(A) súlyozó görbét (19. ábra) szinte minden mérésnél használni kell. Ezen szűrő, a mélyfrekvenciák felé haladva egyre nagyobb csillapítással rendelkezik. Kis hangnyomásszintek esetén használhatóak.

| Frekvencia (Hz) | L <sub>p</sub> (dB) | Frekvencia (Hz) | L <sub>p</sub> (dB) | Frekvencia (Hz) | L <sub>p</sub> (dB) |
|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| 10              | -70,4               | 160             | -13,4               | 2500            | 1,3                 |
| 12,5            | -63,4               | 200             | -10,9               | 3150            | 1,2                 |
| 16              | -56,7               | 250             | -8,6                | 4000            | 1                   |
| 20              | -50,5               | 315             | -6,6                | 5000            | 0,5                 |
| 25              | -44,7               | 400             | -4,8                | 6300            | -0,1                |
| 31,5            | -39,4               | 500             | -3,2                | 8000            | -1,1                |
| 40              | -34,6               | 630             | -1,9                | 10000           | -2,5                |
| 50              | -30,2               | 800             | -0,8                | 12500           | -4,3                |
| 63              | -26,2               | 1000            | 0                   | 16000           | -6,6                |
| 80              | -22,5               | 1250            | 0,6                 | 20000           | -9,3                |
| 100             | -19,1               | 1600            | 1                   |                 |                     |
| 125             | -16,1               | 2000            | 1,2                 |                 |                     |

2) táblázat

A (dB) súlyozó görbe frekvencia – csillapítás táblázata

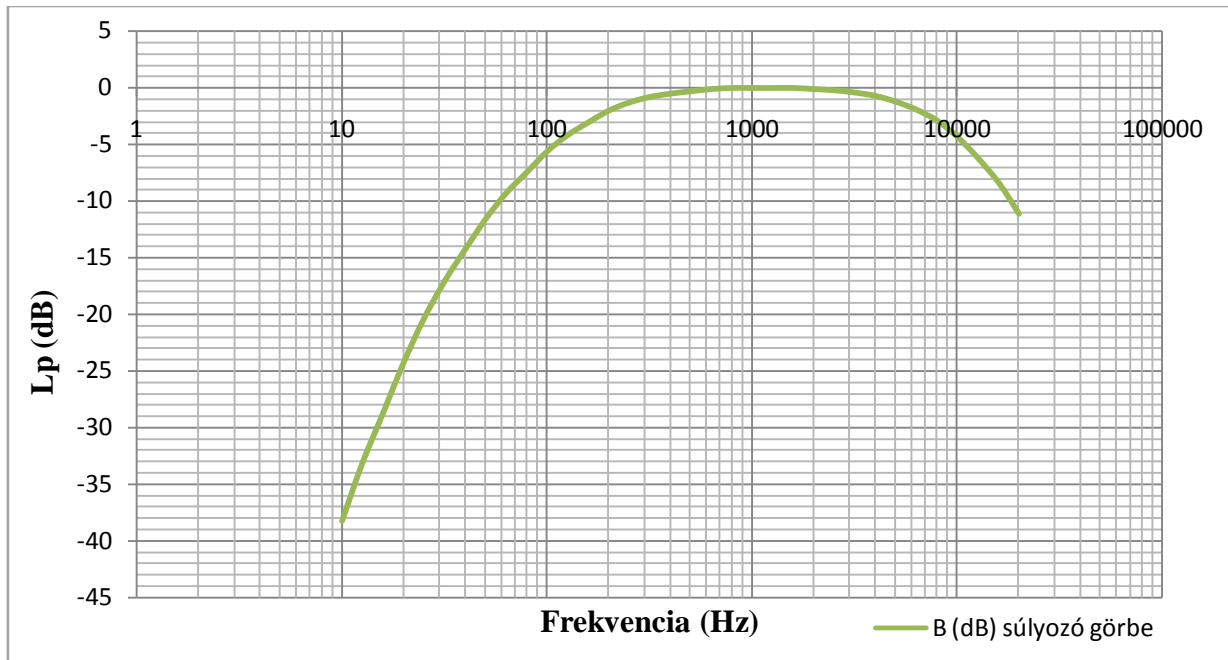


**19) ábra**  
**A (dB) súlyozó görbe**

3. A közepes hangnyomásszintek mérésénél dB(B) súlyozó görbét (20. ábra) szokás használni. A görbe lefutása nem sokban tér el az előzőtől.

| Frekvencia (Hz) | $L_p$ (dB) | Frekvencia (Hz) | $L_p$ (dB) | Frekvencia (Hz) | $L_p$ (dB) |
|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| 10              | -38,2      | 160             | -3         | 2500            | -0,2       |
| 12,5            | -33,2      | 200             | -2         | 3150            | -0,4       |
| 16              | -28,5      | 250             | -1,3       | 4000            | -0,7       |
| 20              | -24,2      | 315             | -0,8       | 5000            | -1,2       |
| 25              | -20,4      | 400             | -0,5       | 6300            | -1,9       |
| 31,5            | -17,1      | 500             | -0,3       | 8000            | -2,9       |
| 40              | -14,2      | 630             | -0,1       | 10000           | -4,3       |
| 50              | -11,6      | 800             | 0          | 12500           | -6,1       |
| 63              | -9,3       | 1000            | 0          | 16000           | -8,4       |
| 80              | -7,4       | 1250            | 0          | 20000           | -11,1      |
| 100             | -5,6       | 1600            | 0          |                 |            |
| 125             | -4,2       | 2000            | -0,1       |                 |            |

**3) táblázat**  
**B (dB) súlyozó görbe frekvencia – csillapítás táblázata**

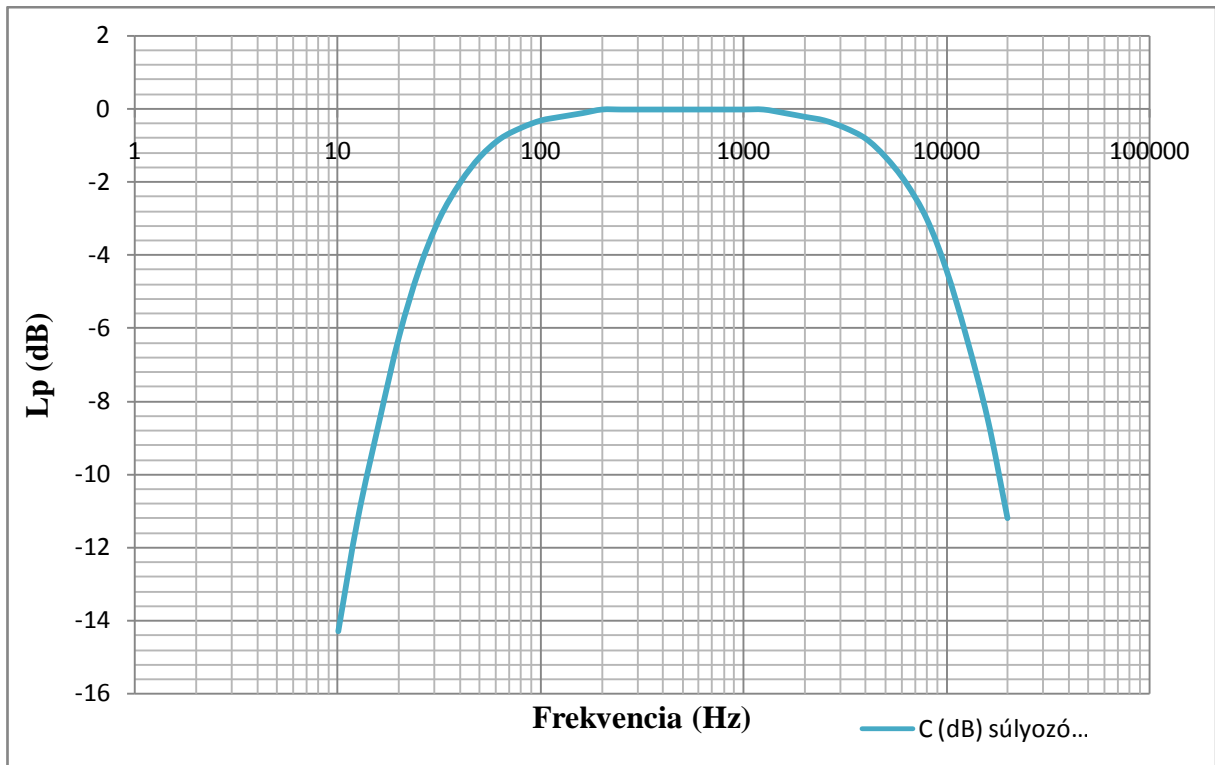


**20) ábra**  
**B (dB) súlyozó görbe**

4. A harmadik súlyozó görbe (21. ábra), a nagy hangnyomásszintű, azonos hangosságú görbék közelítésére használatos, ezért ezt a görbét kimondottan nagyszintű zajok (Munkahelyi zajok) mérésénél alkalmazzuk. A három súlyozó görbén kívül még létezik egy negyedik D (dB) is, amely kifejezetten nagyon nagy hangnyomásszintű zajok mérésére szolgál. Ez ritkán használatos, mert ilyen hangnyomásszintek ritkán fordulnak elő a hétköznapi életben.

| Frekvencia (Hz) | L <sub>p</sub> (dB) | Frekvencia (Hz) | L <sub>p</sub> (dB) | Frekvencia (Hz) | L <sub>p</sub> (dB) |
|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| 10              | -14,3               | 160             | -0,1                | 2500            | -0,3                |
| 12,5            | -11,2               | 200             | 0                   | 3150            | -0,5                |
| 16              | -8,5                | 250             | 0                   | 4000            | -0,8                |
| 20              | -6,2                | 315             | 0                   | 5000            | -1,3                |
| 25              | -4,4                | 400             | 0                   | 6300            | -2                  |
| 31,5            | -3                  | 500             | 0                   | 8000            | -3                  |
| 40              | -2                  | 630             | 0                   | 10000           | -4,4                |
| 50              | -1,3                | 800             | 0                   | 12500           | -6,2                |
| 63              | -0,8                | 1000            | 0                   | 16000           | -8,5                |
| 80              | -0,5                | 1250            | 0                   | 20000           | -11,2               |
| 100             | -0,3                | 1600            | -0,1                |                 |                     |
| 125             | -0,2                | 2000            | -0,2                |                 |                     |

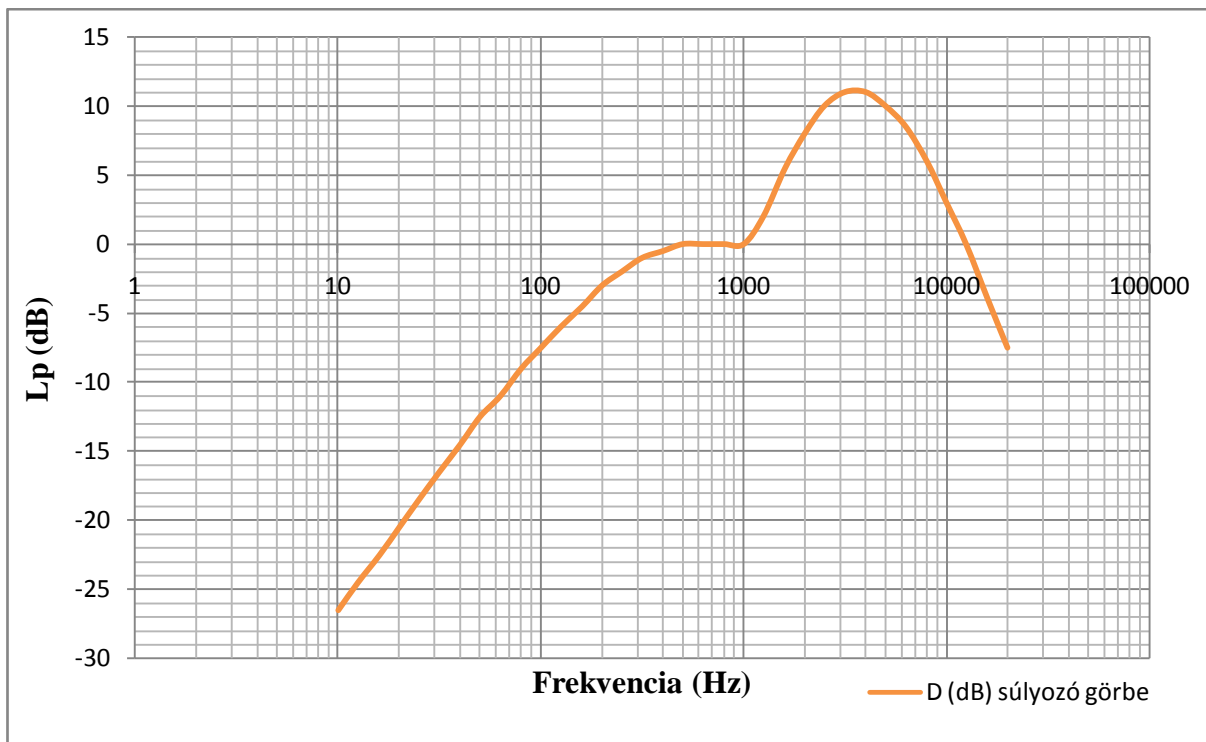
**4) táblázat**  
**C (dB) súlyozó görbe frekvencia – csillapítás táblázata**



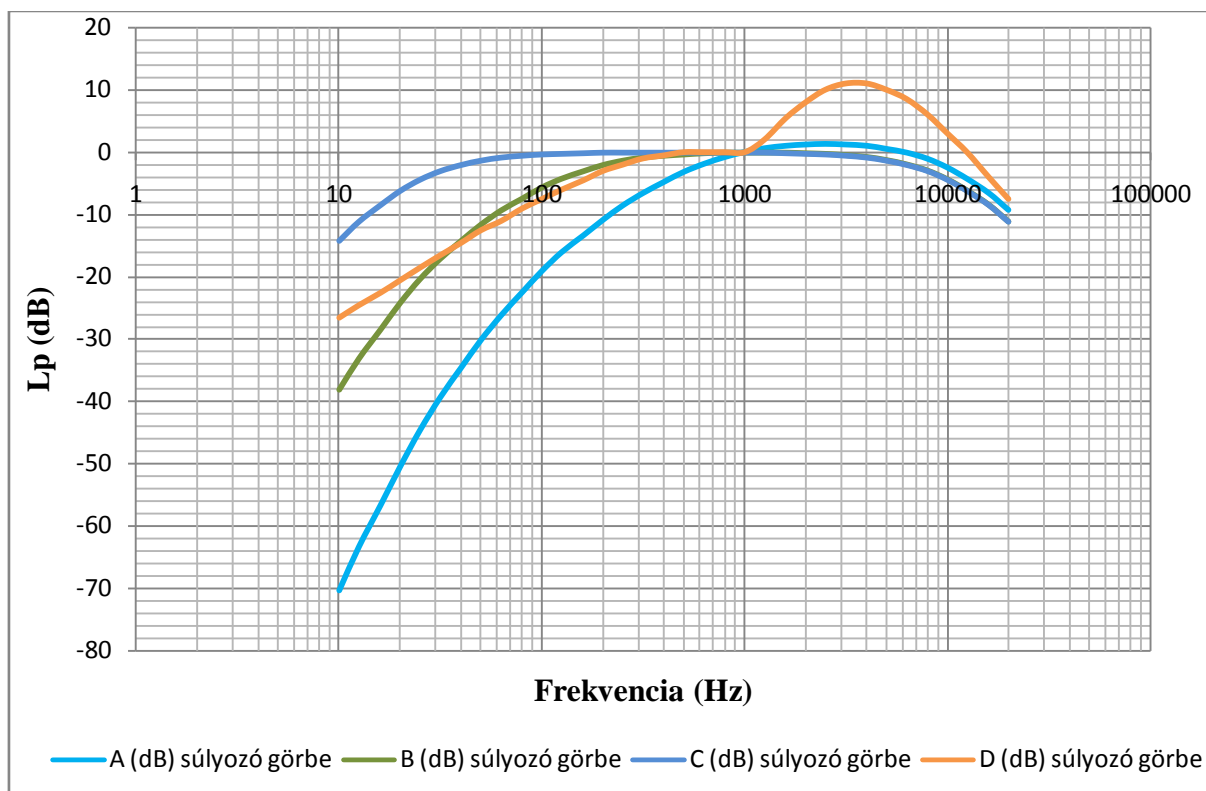
21) ábra  
C (dB) súlyozó görbe

| Frekvencia (Hz) | L <sub>p</sub> (dB) | Frekvencia (Hz) | L <sub>p</sub> (dB) | Frekvencia (Hz) | L <sub>p</sub> (dB) |
|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| 10              | -26,5               | 160             | -4,5                | 2500            | 10                  |
| 12,5            | -24,5               | 200             | -3                  | 3150            | 11                  |
| 16              | -22,5               | 250             | -2                  | 4000            | 11                  |
| 20              | -20,5               | 315             | -1                  | 5000            | 10                  |
| 25              | -18,5               | 400             | -0,5                | 6300            | 8,5                 |
| 31,5            | -16,5               | 500             | 0                   | 8000            | 6                   |
| 40              | -14,5               | 630             | 0                   | 10000           | 3                   |
| 50              | -12,5               | 800             | 0                   | 12500           | 0                   |
| 63              | -11                 | 1000            | 0                   | 16000           | -4                  |
| 80              | -9                  | 1250            | 2                   | 20000           | -7,5                |
| 100             | -7,5                | 1600            | 5,5                 |                 |                     |
| 125             | -6                  | 2000            | 8                   |                 |                     |

5) táblázat  
D (dB) súlyozó görbe frekvencia – csillapítás táblázata



22) ábra  
D (dB) súlyozó görbe



23) ábra  
A súlyozó görbék összehasonlítása

A zajanalizátorok másik nagyon fontos beállítási lehetősége a mérés átlagolási idejének a beállítása. Ezek a következők [1]:

- Slow: 1 másodperces időintervallumokra végzi el az átlagolást.
- Fast: az átlagolást 125ms-os időtartományokra végzi. Ezt a beállítást lassan változó jelek esetében érdemes alkalmazni, mivel gyorsan változó jelek esetén a kijelzett értékek nehezen olvashatók le a gyors változás miatt.
- Impulse: 1 másodpercnél rövidebb jelek mérésre használható ez a 35ms-os időállandójú beállítási mód. Ebben a beállításban a műszer megjegyzi és kiírja a rövid jel ideje alatt mérhető legnagyobb hangnyomásszintet.

## 5.2 Környezeti zajok

A zaj, az emberi szervezet számára kellemetlen hangok összességét jelenti, amely a mai rohanó és iparosodó élet minden területén jelen van. A legnagyobb problémát, a környezeti zaj jelenti. A környezeti zajforrások három fő osztályba sorolhatóak, attól függően, hogy milyen emberi tevékenységből erednek.

A környezeti zajforrások három fő osztálya [15]:

- Közlekedési eredetű zajok:
  - Közúti közlekedés
  - Légi közlekedés
  - Vasúti közlekedés
- Ipari eredetű
- Szabadidős tevékenység során keletkező zajok

### 5.2.1. Közlekedési eredetű zajforrások

- A szinte mindenkit érintő közúti közlekedés zaját, a járművek motorjának, kipufogójának rezgése és a gumiabroncsainak súrlódása kelti. A zajszintet számos befolyásoló tényező, mint például a járművek sebessége, az úttól mért távolsága, a forgalom nagysága, az útburkolat minősége, a kamionok és a személykocsik aránya és a növényzet határozza meg [15].
- A légi közlekedésből származó zaj kevesebb embert érintő, de időszakonként igen magas zajterheléssel járó közlekedési forma. Ez a nagy zajszint a repülőtér forgalmának korlátozása miatt ritkábban, de éjszaka is jelen van, ami az ott élők számára alvászavart okozhat. A légi közlekedés zajában a repülőgépek hajtóműve által keltetett zaj dominál [15].
- A vasút a legkisebb zajjal járó közlekedés eszköze. A vasútvonalak az utakhoz hasonlóan vonalforrásoknak tekinthetők [15].

### 5.2.2. Ipari eredetű zajforrások

Az iparban a rezgő mozgás következtében fellépő mechanikai eredetű zajokon kívül, áramlástechnikai eredetű zajok is keletkeznek, amelyek a gyártás során használt pneumatikus szerszámoktól, valamint az épületek szellőztetését végző ventillátoroktól erednek.

### 5.2.3. Szabadidős tevékenységekből eredő zajok

Az emberek kikapcsolódása pihenése során végzett tevékenységek által létrehozott zajok.

## 5.3 A zajok csoportosítása keletkezésük módja szerint

- Léghanggerjesztésű [15]: áramlástechnikai zajok tartoznak ide  
Típusai:
  - Aerodinamikus
  - Termodinamikus
  - Aeropulzív
- Testhanggerjesztésű [15]: mechanikai eredetű zajok sorolhatók ide  
Típusai:
  - Öngerjesztésű
  - Erőgerjesztésű
  - Sebességgerjesztésű

## 5.4 Zajcsökkentés

Az előzőekben leírt különböző eredetű zajok mindegyike az emberi tevékenységek során keletkezik. Ezeket sajnos teljesen megszüntetni nem, csak csökkenteni lehet. Mivel már a hosszú ideig ható alacsony hangnyomásszintű zajok is károsak lehetnek az emberi szervezet számára, ezért a káros zajkibocsátást és az embereket érő zajexpozíció szintjére törvényi szabályozások vonatkoznak. A szabályozásokban megadott határértékeknek való megfelelés érdekében zajvédelmi eszközök és módok alkalmazására és beépítésére van szükség káros zajt kibocsátó létesítmények esetében. Ezeket már célszerű a tervezés során figyelembe venni, és számításokkal, majd mérésekkel igazolni azok zajcsökkentő hatását.

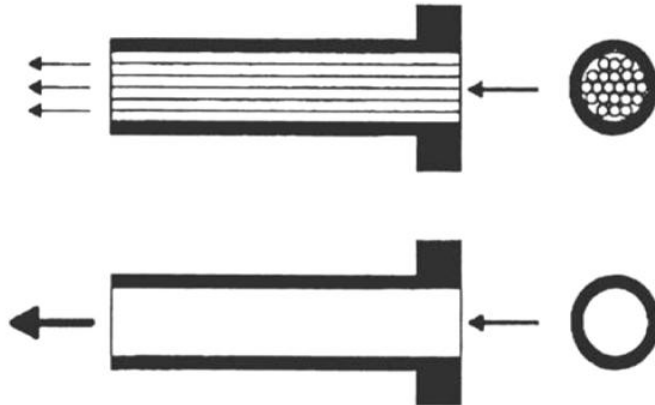
### 5.4.1 Ipari zajok csökkentése

#### 5.4.1.1 Áramlási zajok csökkentése

A folyadékok vagy levegő, csövekben történő szállítása során keletkező áramlási zajok csökkentésének módjai [14][19]:

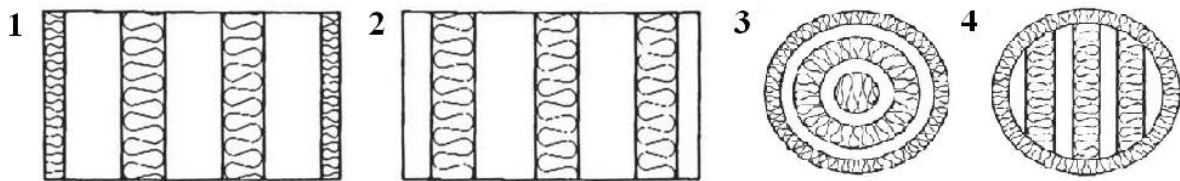
- A folyadékok egy nagy helyett, több kisebb átmérőjű csőben való szállításával (24. ábra).
- A légcsatorna párhuzamos csatornákra osztása, abszorpciós anyagok felhasználásával (25. ábra). Az ilyen módon kialakított zajcsökkentőt kulisszás zajtompítónak nevezzük. Hátránya a keresztmetszet csökkenés valamint a rendszeres tisztítás a szennyeződés miatt.
- A légcsatornán reflexiós hangtompítóval bélelt kamrák kialakításával. Hátrány nyomáscsökkenés és frekvenciafüggőség.
- Nyomáskiegyenlítők használata, a hirtelen nyomásváltozások elkerülése érdekében.
- Nagyobb átmérőjű ventilátorlapát alkalmazásával csökkenthető az áramlási sebesség, a változatlan légszállítási kapacitás megtartása mellett.

- Az új áramlástechnikai gépek, a már meglévő rendszerhez való megfelelő illesztésével.
- Aktív hűtést igénylő gépet, levegő helyett vízzel való hűtésével.
- Villamos kéziszerszámok használata a pneumatikus szerszámok helyett, (ha lehetséges).



24) ábra

Áramlási zajcsökkentő a csövek több kisebbre való felosztásával [19]



25) ábra

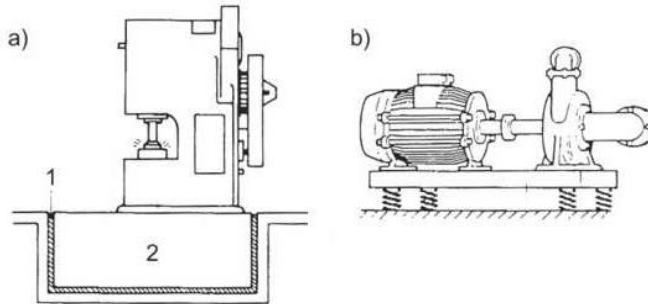
Kulisszás zajtompítók keresztmetszeti képei [19]

#### 5.4.1.2 Gépzajok csökkentése

Mechanikai zajok csökkentésének lehetőségei [14][19]:

- Rezgéscsillapító kötőelemek alkalmazásával.
- Gyártó által ajánlott szervizelési, kenési és alkatrész cserélési időtartam betartásával.
- Nagyméretű rezgő lemezfelületek esetén merevítéssel, más anyagokkal való helyettesítésével, ha lehetséges a felület méretének csökkentésével.
- A gépek vasbeton alapjának, rezgéscsillapító anyaggal való elválasztásával az épület alapjától (26. ábra).
- A gépek abszorpciós vagy reflexiós zajtompító anyaggal bélelt tokkal való körbeépítésével.





**26) ábra**  
**Rezgéscsökkentés rugalmas gépalap alkalmazása [19]**

## 5.4.2 Közlekedési zajok csökkentése

### 5.4.2.1 Közúti zajok csökkentése

Közúti zajok csökkentésének módjai [15][19]:

- A teherforgalom csökkentése az átmenő forgalom korlátozásával.
- Elkerülő utak építésével.
- Az út mellé épített zajvédő falakkal, vagy fák és bokrok ültetésével.
- Forgalomirányító lámpák, forgalomhoz illeszkedő beállításával.
- Megfelelő minőségű útburkolat építésével.
- Sebességkorlátozással.
- Emberek tömegközlekedési eszközök használatának ösztönzésére.

### 5.4.2.2 Vasúti közlekedési zajok csökkentése

Vasúti közlekedési zajok csökkentésének lehetőségei [15][19]:

- Zajvédő falak, töltések építésével és zajvédő erdősávok ültetésével.
- Vasúti kocsik karbantartásával.
- Napi teherforgalom megfelelő elosztásával.
- A szerelvények városon belüli sebességének korlátozásával.
- Síndarabok összehegesztésével.
- Sínpálya megfelelő vonalvezetésének kialakításával.
- Villanymozdonyok használatával dízel helyett.

### 5.4.2.3 Légi közlekedési zajok csökkentése

Légi közlekedési zajok csökkentésének módjai [15][19]:

- Zajvédő falak és övezetek kialakításával.
- Éjszakai repülési korlátozásokkal.
- Megfelelő fel és leszállási technikákkal.
- Zajelnyelő alkatrészek repülőgépekbe való beépítése.

## 5.5 A zaj élettani hatása

A kellemetlen érzeten kívül, különböző élettani változásokat is eredményezhet az emberi szervezetben. Ez lehet hallásszervi, vegetatív idegrendszeri vagy pszichikai károsodás. Az elváltozás típusa és annak mértéke a zaj frekvenciájától, hangnyomásszintjétől, időtartamától, valamint az emberek nemétől és korától függően alakulhat ki.

A hallásunk a zaj szintjétől és behatási idejétől függően ideiglenesen, vagy maradandóan károsodhat. Ideiglenes károsodás a hallásunk természetes védekező mechanizmusa esetén létrejövő hallásküszöb eltolódás. Ebben az esetben, a hallásunk néhány óra elteltével visszanyeri eredeti állapotát. Ha ez a hallásküszöb eltolódás (TTS – temporary treshold shift) többször lép fel vagy túlzottan nagyszintű zaj éri a fület maradandó halláskárosodás (PTS – permanent treshold shift) lép fel. A zaj nem csak a hallásunkat, hanem a központi és vegetatív idegrendszert is zavarhatja, amely pszichés károsodáshoz vezet. Ez ingerlékenységben, munkaképesség csökkenésben vagy alvászavar formájában nyilvánul meg. Hosszabb ideig tartó pszichés zavar esetén, szív és érrendszeri valamint emésztési zavarok is kialakulhatnak.

A zajokat az emberi szervezetre gyakorolt hatásai alapján öt zajkategóriába soroljuk, amelyek a következők [27]:

0. szint: 0 – 30 dB(A) Az ilyen alacsony szintű hangokat általában nem érzékeljük, mivel ez csak a hétköznapi életben ritkán előforduló csendes környezetben lehetséges. Zavart esetleg az impulzusszerű hangok okoznak.
1. szint: 30 – 65 dB(A) Beszélgetés és alvás szempontjából zavaró lehet, viszont még nem okoz halláskárosodást.
2. szint: 65 -90 dB(A) Szív és érrendszeri problémák jelentkezhetnek. A hallásszervek számára az utolsó 10dB-es tartomány lehet veszélyes, amely hosszabb ideig tartó behatás esetén hallásküszöb emelkedés formájában nyilvánulhat meg.
3. szint 90-120 dB(A) Az előző szint problémáin kívül, hosszabb behatás esetén maradandó halláskárosodás is felléphet a Corti-szervben történő visszafordíthatatlan elváltozások bekövetkezése miatt.
4. szint >120 dB(A) A tartomány már olyan hangnyomásszintű hangokat tartalmaz, amely megközelíti vagy eléri az emberek fájdalomküszöbét. Ezért, itt a védekezési reflexeken kívül, amivel a hallásunkat próbáljuk védeni, mozgás és egyensúlyzavar is megfigyelhető. A maradandó halláskárosodás rövid időn belül bekövetkezhet.

| dB(A) | Idő (perc) | dB(A) | Idő (perc) |
|-------|------------|-------|------------|
| 86    | 381        | 99    | 19         |
| 87    | 303        | 100   | 15         |
| 88    | 240        | 101   | 12         |
| 89    | 191        | 102   | 10         |
| 90    | 152        | 103   | 7,5        |
| 91    | 120        | 104   | 6          |
| 92    | 117        | 105   | 5          |
| 93    | 76         | 106   | 3,7        |
| 94    | 60         | 107   | 3          |
| 95    | 48         | 108   | 2,5        |
| 96    | 38         | 109   | 2          |
| 97    | 30         | 110   | 1,5        |
| 98    | 24         | 111   | 0,7        |

**6) táblázat**

**Hangnyomásszintek és azok megengedett hatásidői a TSS elkerüléséhez**

## **5.6 A munkahelyi és környezeti zajmérés**

### **5.6.1 A munkahelyi zajmérés**

#### **5.6.1.1 A mérési terület és körülmények megismerése**

A méréshez mérési stratégiát kell készíteni, amelyet a helyszíni szemlén, valamint a munkáltató és munkavállaló megkérdezése során gyűjtött információk alapján végezhető el. Ilyen információk:

- a cég által végzett tevékenység
- az épület szerkezeti felépítése
- épület méretei
- a gyártási folyamat
- gyártásnál használt gépek száma
- a munkavállalók száma
- a pihenési idő hossza

#### **5.6.1.2 A munkahelyi zajmérés esetén mérendő és azokból számítandó értékek**

A munkahelyi zaj mérésénél, minden kijelölt mérési ponton, három értéket kell mérni. A modern zajanalizátorok már képesek ezek egyszerre történő mérésére és kijelzésére. Ahhoz, hogy a mért értékek tükrözzék a valóságot, a mérés idejét a zaj jellegének megfelelően kell megválasztani. Állandó zaj esetén rövid, változó zaj esetén minimum 10 perc mérési idő szükséges. A mérést a mérendő személy fülének magasságában és attól maximum 50cm-er távolságban [25].

A mérendő értékek a következők:

- A zajterhelés, amely a munkahelyen keletkező zaj egyenértékű A-hangnyomásszintjével ( $L_{Aeq}$ ) egyenlő.
- A hangnyomás csúcserő, a műszak ideje alatt előforduló legnagyobb hangnyomásszint. Méréséhez C súlyozó szűrőt és peak időállandót kell használni.
- $L_{Ceq}$  C-egyenértékű hangnyomásszint.

Az  $L_{Aeq}$  értékekből számítható ki az értékelési idő alatt emberekre ható zajexpozíció értékét. Az értékelési időt a műszak hossza és a végzendő munkafolyamatok ismétlődési idejétől. Nyolc órás munkaidő és naponta ismétlődő munkafolyamat esetén a munkavállalóra ható zajexpozíciót a következő képlettel lehet kiszámolni:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \cdot \left( \frac{\tau}{T} \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq}} \right)$$

$\tau$  értékelési idő s-ban

$T = 28800$  s a megítélési idő

Abban az esetben, ha a munkavállaló a hét különböző napjain eltérő munkafolyamatokat végez, ezért az őket éri zajterhelés is eltérő. Ilyenkor az összes eltérő zaj lemerése és a napi zajexpozíciók kiszámítása után, a munkáltatót érő zajexpozíciót egy hétre vonatkoztatva kell megadni. Ezt a következő képlet segítségével lehet kiszámítani:

$$L_{EX,8h} = 10 \log \cdot \left( \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \cdot 10^{0,1 \cdot L_{EX,8h,i}} \right)$$

Az  $L_{Ceq}$  értékkel akkor kell számításokat végezni, ha a számított  $L_{EX,8h}$  vagy a mért csúcserő meghaladja a rendeletben megadott alsó ( $L_{EX,8h} = 80\text{dB(A)}$  illetve  $L_{MAX} = 135\text{dB(C)}$ ) vagy a felső ( $L_{EX,8h} = 85\text{dB(A)}$  illetve  $L_{MAX} = 13\text{dB(C)}$ ) beavatkozási határértéket. Ebben az esetben meg kell adni a dolgozót élő zajexpozíciót egyéni hallásvédő eszköz esetén, mivel alsó beavatkozási határérték fölött lehetővé, felső beavatkozási határérték esetén pedig kötelezővé kell tenni a védőeszköz használatát. Az egyéni védőeszköz viselése esetén munkavállalót érő zajexpozíciót a következő képlettel lehet kiszámolni:

$$L_{am} = L_{Ceq} - \text{SNR}$$

SNR az egyéni hallásvédő eszköz csillapítása

## 5.6.2 Környezeti zajmérés elméleti bemutatása

Környezeti zajmérésnél a zajforráshoz tartozó hatásterületet kell megadni, amely azt jelenti, hogy a létesítmény körül meg kell keresni azokat a pontokat, ahol a rendeletben megadott, adott övezetbe és napszakhoz meghatározott zajkibocsátási határértékek (27/2008. (XII. 3.) Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium – Egészségügyi Minisztérium együttes rendeletének 1-4 melléklete tartalmazza) teljesülnek. A mérést nyitott nyílászáróknál és a többi zajforrást kiküszöbölve kell elvégezni. Az így kapott pontokat összekötve megkapjuk a

hatásterületet. Nagyon fontos hogy a mérést eső vagy 5m/s-ot meghaladó sebességű szél esetén nem lehet mérést végezni [20, 21, 22, 23, 24].

### **5.6.3 Környezeti és munkahelyi zajvédelmi ügyekben intézkedő hatóságok**

Zajvédelmi ügyekben hatósági jogkörrel rendelkeznek a települések jegyzői, Budapest esetében a kerületek jegyzői, a Munkavédelmi és Munkaügyi felügyelőség, Környezet és Vízügyi felügyelőség és a Közép-Tiszavidéki Környezetvédelmi és Vízügyi felügyelőség.

#### **5.6.3.1 A hatóságok jogkörei**

A jegyzők a városon belül elhelyezkedő sport, kulturális, művészeti és szabadidős tevékenységek végzésére szolgáló létesítményekkel, városon belüli mindenféle építkezésekkel, valamint szállás és vendéglátóipari egységekkel kapcsolatos zajvédelmi ügyekben elsőfokú hatósági jogkörrel rendelkeznek.

A Munkavédelmi és Munkaügyi felügyelőség a munkahelyi zajjal kapcsolatos ügyekben illetékes.

Közép-Tiszavidéki Környezetvédelmi és Vízügyi felügyelőség a honvédelmi vagy katonai létesítményekkel kapcsolatos zajvédelmi problémák esetében elsőfokú hatóságként járhat el.

Környezetvédelmi és Vízügyi felügyelőség elsőfokú hatósági jogkörrel rendelkezik az előzőekben fel nem sorolt ügyekben. Ezenkívül, másodfokú hatóságként járhat el a jegyzők hatáskörébe tartozó ügyekben.

#### **5.6.3.2 A hatóságok által elfogadott mérések és jegyzőkönyvek**


A hatóságok a kötelezően elvégzendő vagy elrendelt környezeti és munkahelyi zajmérések jegyzőkönyvei közül, csak azokat fogadja el, amelyeket akkreditált laboratóriumok munkatársai mértek és készítettek. Természetesen, a hatóságok bármelyik jegyzőkönyv eredményeit mérésekkel ellenőrizheti. Győrben az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Nyugat-dunántúli Regionális Intézete rendelkezik akkreditált Zaj- és rezgésvizsgáló laboratóriummal.


#### **5.6.3.3 A hatósági intézkedések**

Abban az esetben, ha a környezeti zajmérés során kiderül, hogy a létesítmény zajkibocsátása meghaladja a rendeletben megadott határértéket, akkor a hatóság a létesítmény üzemeltetőjét intézkedési terv készítésére kötelezi. Ebben le kell írni, a csökkentésre vonatkozó intézkedéseket, azok befejezésének időpontját, valamint a zajcsökkentés mértékére vonatkozó előzetes számításokat. A hatóságok a megadott határidő letelte után ellenőrzik az intézkedési tervben leírtak teljesülését. Ha azt tapasztalják, hogy az intézkedési tervben megadott intézkedések nem készültek el, vagy a zaj ennek ellenére is meghaladja a határértékeket, akkor a határérték túllépésének mértékétől függően felfüggeszthetik, korlátozhatják, vagy megtilthatják a létesítményben végzet tevékenységeket.

## 5.6.3 Brüel&Kjaer 2260-as zajanalizátor környezeti és munkahelyi zajméréshez való beállítása

### 5.6.3.1 A zajméréshez szükséges szoftver kiválasztása

A készülék a  bekapcsoló gomb megnyomása után elkezd a műszerre telepített szoftverek közül betölteni azt, amelyik utoljára volt használva, miközben a képernyőjén a Brüel&Kjær embléma látható. A műszerben két szoftver közül lehet választani az egyik a Sound Analysis SW, a másik a Reverberation time. A zajok méréséhez Sound Analysis SW-t kell használni.

Ennek beállításához meg kell nyomni a  gombot, amely után a készüléken a dátum és idő beállítása jelenik meg. A dátumot és időt beállítva, válaszuk ki a <System Menu> -t, majd azon belül az <Applications> -t. Ekkor a kijelzőn a most futó és a készülékre telepített szoftverek olvashatóak. Abban az esetben, ha a Reverberation time van beállítva, nyomjuk meg a kijelző oldalánál lévő gombok közül a <Change Applic> mellett, és a nyílak segítségével válaszuk ki a Sound Analysis SW-t. Ezt az <OK> -val való megerősítés után, a műszer elkezd betölteni, miközben a képernyőn Brüel&Kjær logó látható. Ezek után következhet a paraméterek beállítása.

### 5.6.3.2 A mérendő paraméterek beállítása


A készülék képernyője egyszerre hat tetszőlegesen beállított paraméter kijelzésére képes. A menüsört a nyíllal lefelé léptetve megkeressük az <Edit Display> menüt. Ebbe belépve, a nyílak segítségével ki kell választani azt a paramétersort, amelyiket beállítani kívánunk. A megfelelő sor kiválasztását követően, az <Edit Fild> menübe kell lépni, ahol a készülék által mért összes paraméter megjelenik. Ezek közül a kiválasztott, és az <OK> gombbal megerősített, megjelenik az adott sorban. A többi sor beállítását is, így kell elvégezni.

Az első sor esetében, amit a készülék Főparaméternek nevez, lehetőség van, a <Main Param> gomb megnyomásával az előre bejelölt paraméterek közötti lépegetésre. Ez akár mérés közben, annak leállítása nélkül is megtehető. A paraméterek bejelölése vagy annak törlése az <Edit Field > menüben lévő <Select/Diselect>paranccsal végezhető el. A kiválasztást egy csillag jelzi. Azonban, a Főparaméter <Edit Field> menüjében, az A vagy C súlyozó szűrős több paraméterpár közül, egyszerre csak a páros egyik tagja jelenik meg. Ezek között a <Freq Weight> paranccsal lehet váltogatni.


Az előbbieken részletezett módon kell beállítani a munkahelyi zajméréshez szükséges  $L_{Aeq}$ ,  $L_{Ceq}$  és  $L_{cpk}$  paramétert, valamint az Elapsed time-ot, amely a mérés elindítása óta eltelt időt mutatja.

Környezeti zajmérésnél csak az  $L_{Aeq}$  paraméterre lesz szükség.

### 5.6.3.3 A mérési paraméterek beállítása

Az összes mérési paraméter a  gomb megnyomása után megjelenő menüben elvégezhető, a nyílak segítségével.

A megfelelő méréshatár beállítását közvetlenül annak menüjében is megtehetjük, amelyet a

 gombbal nyithatunk meg.

Beállítás környezeti zajmérés esetén:

- Range: 29,6 – 109,6dB
- Bandwith: 1/3oct.
- **Time Weight:**
  - Broad-Stat.: Slow
  - Spectrum Meas.: Slow
- **Freq. Weight:**
  - Broad-band Meas.: A&C
  - Broad-band Stat.: A
  - Spectrum Meas.: L

Beállítás környezeti zajmérés esetén:

- Range: 49,6 – 129,6dB
- Bandwith: 1/3oct.
- **Time Weight:**
  - Broad-Stat.: Slow
  - Spectrum Meas.: Slow
- **Freq. Weight:**
  - Broad-band Meas.: A&C
  - Broad-band Stat.: A
  - Spectrum Meas.: L

A beállítást a <Save>-vel menteni kell. A készülék kész van a mérésre.

#### 5.6.3.4 A mérés indítása/leállítása



A mérés indítása. Mérés közben megnyomva új mérést kezd el, és nullázza az Elapsed time-ot.



A mérés megállítása és újra indítása. Itt nincs időnullázás.




A kijelzett menü sor megnyitása/bezárása.

#### 5.6.3.5 A mérési eredmények elmentése

A műszerben lehetőség van arra, hogy eltároljuk a mérés eredményit. Ehhez nyomjuk meg a



gombot, majd válaszuk ki a mentés helyét. A mappák között a nyilakkal lépkedhetünk, meghajtót pedig, a <Change Drive> -val válthatunk. A megfelelő mentési hely kiválasztása után, az eredményeket a <Save>-vel menthetjük. Lehetőség van új könyvtár létrehozására is, amelyet a <Creat Dir>-rel tehetünk meg.

A betöltéséhez nyomjuk meg a  gombot, majd keressük meg azt a fájlt, amit meg szeretnénk nyitni. Miután megtaláltuk, válasszuk az <OK>-t, amely után betöltődnek a fájlba mentett mérési eredmények.

## **6. Munkahelyi zajmérés jegyzőkönyve**

### **6.1 A mérés helye**

A munkahelyi zaj mérését 40főt foglalkoztató autóalkatrészt gyártó, győri cégnél végeztem. Itt nyolc órás munkaidőben dolgoznak, amely egy darab 30perces pihenőt is tartalmaz. Az üzemben naponta ismétlődő munkafolyamat részeket ugyanazok a személyek végzik, ezért mindig ugyanannak a változó zajoknak vannak kitéve.

### **6.2 A mérés célja**

A mérés célja, a munkavállalók részére zajvédelmi szempontból egészséges és biztonságos munkahelyi körülmények ellenőrzése és kialakítása, az elkészített zajtérkép alapján. A mérési eredmények ismeretében a munkáltató intézkedhet az esetleges káros zajkibocsátás csökkentéséről.

### **6.3 Mérés eszközei**

- Brüel&Kjaer 2260 zajanalizátor
- Brüel&Kjaer UA0801-es állvány
- Brüel&Kjaer 4231 kalibrátor
- 66/2005. (XII.22.) EüM rendelet

### **6.4 A mérési helyszín szerkezeti leírása és helyszínrajza**

A munkahelyi zaj mérését vasbeton tartószerkezetű ipari csarnokban végeztem (27. ábra). A külső és belső falak hőszigetelt vasbetonból és úgynevezett szendvicspanelből készültek. Utóbbi, két festett lemez között elhelyezett szigetelő habból áll. Az épület külső falán egy 4,0x6,0m és egy 3,0x3,0m-es felhúzható szigetelt acéllemezkapu, több kisméretű acéllemezkapu valamint egy 1,2m magas hőszigetelt üvegezésű, műanyagkeretes ablak sor található (28. ábra). Az üzemcsarnok padozata műgyanta bevonatú simított beton. Mennyezete pedig hőszigetelt trapézmintás acéllemez.

Az üzemcsarnok méretei:

- szélessége: 40m
- hosszúsága: 54m
- magassága: 8m

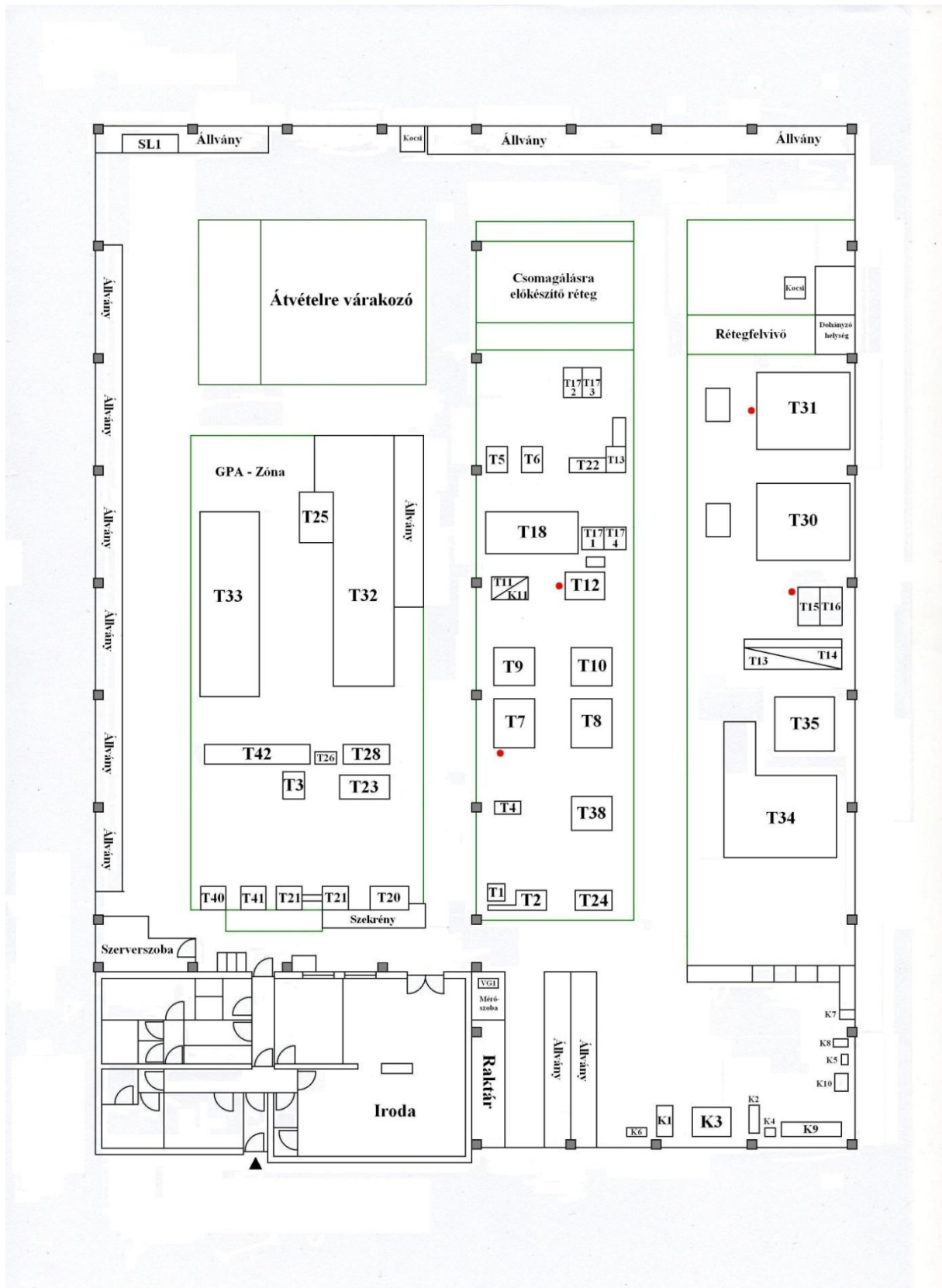




**27) ábra**  
**A csarnok belső képe**



**28) ábra**  
**A csarnok ablaksorral beépített oldalfalának képe**



29) ábra

Helyszínrajz

## 6.5 A csarnokban lévő zajforrások

- 9db menetmángorlógép (Azonosító számaik: T1, T2, T3, T5, T6, T20, T21, T23, T24);
- 2 db szegecselőgép (Azonosító számaik: T4, T25);
- 2 db excenter prés gép (Azonosító számaik: T7, T8);
- 3 db hidraulikus prés gép (Azonosító számaik: T9, T10, T38);
- 1 db keménységellenőrző gép (Azonosító szám: T11);
- 3 db körasztalos szegecselőgép (Azonosító számaik: T12, T18, T28);
- 1 db rugóellenőrző gép (Azonosító szám: T15);
- 1 db rugóbeszerelő asztal (Azonosító szám: T16);
- 1 db szerelő berendezés (Azonosító szám: T22);
- 1 db pneumatikus prés gép (Azonosító szám: T29);
- 2 db CNC megmunkáló központ (Azonosító számaik: T30, T31);
- 1 db 200 tonnás prés gép (Azonosító szám: T32);
- 1 db 50 tonnás prés gép (Azonosító szám: T33);
- 1 db mosóberendezés (Azonosító szám: T34);
- 1 db koptatógép (Azonosító szám: T35);
- 2 db hegesztőgép (Azonosító számaik: T40, T41);
- 1 db SHUNT prés gép (Azonosító szám: T42);
- 2 db kompresszor;
- 2 db síndaru;
- Levegős lefúvató pisztolyok;

## 6.6 Mérés menete

- A mérést megelőző napokban tájékoztam a cég vezetőjénél a méréshez szükséges adatokról.(gyártási technológia, dolgozók száma, pihenőidő és munkaidő hossza, épület szerkezete és méretei, gépek száma). Összeszereltem a műszert a megfelelő működés ellenőrzése érdekében.
- Beállítottam a dátumot, időt és a mérni kívánt paramétereket.
- A helyszínen a mérés megkezdése előtt megkérdeztem a munkáltatót és a munkavállalókat az esetleges tapasztalataikról vagy észrevételeikről. Ezután, kalibráltam és beállítottam a műszert, majd felerősítettem a tartóállványra.
- Minden egyes mérési ponton a mérés megkezdése előtt tájékoztattam az ott dolgozó munkavállalót. Az állvány helyét és magasságát minden egyes munkahelyen úgy próbáltam beállítani, hogy a munkavégzést ne zavarja, valamint a műszer mikrofonja a lehető legközelebb, de legalább 50 cm-en belül helyezkedjen el az ott dolgozó személy fülétől. Ha a munkavállaló munkavégzése helyváltoztatással járt, akkor a műszert az állványnál fogva igyekeztem követni.
- A mérési eredményeket a későbbi visszakereshetőség érdekében elmentettem a műszer memóriájába, valamint rögzítettem írásos formában is.
- A mérések befejezése után elkészítettem a helyszín vázlatos rajzát, bejelölve rajta a mérési pontokat.

## 6.7 Mérési pontok helyei

- T7-es azonosító számú excenter présgép (30. ábra);
- T12-es azonosító számú körasztalos szegecslőgép (32. ábra);
- T15-ös azonosító számú rúgóellenőrző gép;
- T31-es azonosító számú CNC megmunkáló központ (33. ábra), levegős lefúvató pisztoly és pneumatikus csavarozó;

## 6.8 A munkavállalók tevékenysége a mérési pontoknál

### T7-es azonosító számú excenter présgép

A dolgozó a megfelelő alakúra hajlított lemezalkatrészek furataiba műanyag perselyeket helyezett, majd a présgépben egymáshoz illesztve elvégezte a préselést. Az így elkészült alkatrészt felrakta a futószalagra.

### T12-es azonosító számú körasztalos szegecslőgép

A vizsgált helyen az előre elkészített fémalkatrészek összeszegecslése történt.

### T15-ös azonosító számú rúgóellenőrző gép

A dolgozó a rugók behelyezése és ellenőrzése után dobozokba csomagolta a kész alkatrészeket.

### T31-es azonosító számú CNC megmunkáló központ, levegős lefúvató pisztoly és pneumatikus csavarozó

A mérési helyen az előre legyártott fém fűlek pontos méretre alakítása történt. Ehhez a dolgozó az alkatrészeket pneumatikus csavarozó segítségével rögzítette a CNC gép erre a célra kialakított tartójába. Ezután elindította a marási folyamatot, amely körülbelül négy percig tartott. Az így elkészült alkatrészek levegős pisztollyal való letakarítása és kicsavarozása után következett a méretek ellenőrzése.

## 6.9 Mérési eredmények

- a) T7-es azonosító számú présgépnél végzett mérés eredményei

|           |           |
|-----------|-----------|
| $L_{Aeq}$ | 86,5dB(A) |
| $L_{Ceq}$ | 86,3dB(C) |
| $L_{cpk}$ | 116,3dB   |
| $T_m$     | 676s      |

7) táblázat



**30) ábra**  
**Présgép**



**31) ábra**  
**Zajanalizátor mérés közben**

b) T12-es azonosító számú körasztalos szegecselő-gépnél végzett mérés eredményei

|           |           |
|-----------|-----------|
| $L_{Aeq}$ | 79,1dB(A) |
| $L_{Ceq}$ | 81,1dB(C) |
| $L_{cpk}$ | 110dB     |
| $T_m$     | 249s      |

**8) táblázat**



**32) ábra**  
**Szegecselőgép**

c) T15-ös azonosító számú rúgóellenőrző-gépnél végzett mérés eredményei

|           |            |
|-----------|------------|
| $L_{Aeq}$ | 81dB(A)    |
| $L_{Ceq}$ | 82,5 dB(C) |
| $L_{cpk}$ | 113,8 dB   |
| $T_m$     | 632s       |

**9) táblázat**

d) T31-es CNC megmunkáló központnál végzett mérés eredményei, amely alatt levegős lefűvató pisztolyt és pneumatikus csavarozót is használtak

|           |            |
|-----------|------------|
| $L_{Aeq}$ | 81,8dB(A)  |
| $L_{Ceq}$ | 82,8 dB(C) |
| $L_{cpk}$ | 111,3 dB   |
| $T_m$     | 701s       |

**10) táblázat**



**33) ábra**  
**CNC megmunkáló központ**

A mért  $L_{Aeq}$  értékekből a kormányrendeletben megadott számítási módok alapján meghatároztam a munkaidőre vonatkoztatott zajexpozíció mértékét. A számításnál figyelembe vettem a fél órás pihenő időt is, amely alatt 60dB egyenértékű A-hangnyomásszint éri a dolgozót.

- a) T7-es azonosító számú prés gép kezelőjét érő zajexpozíció

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left( \frac{27000s}{28800s} 10^{0,1 \times 86,5} + \frac{1800s}{28800s} 10^{0,1 \times 60} \right) = 86,22dB$$

- b) T12-es azonosító számú körasztalos szegecselő gép kezelőjét érő zajexpozíció

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left( \frac{27000s}{28800s} 10^{0,1 \times 79,1} + \frac{1800s}{28800s} 10^{0,1 \times 60} \right) = 78,82dB$$

- c) T15-ös azonosító számú rúgóellenőrző-gép kezelőjét érő zajexpozíció

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left( \frac{27000s}{28800s} 10^{0,1 \times 81} + \frac{1800s}{28800s} 10^{0,1 \times 60} \right) = 80,72dB$$

- d) T31-es CNC megmunkáló központot, levegős lefúvató pisztolyt és pneumatikus csavarozó kezelőjét érő zajexpozíció

$$L_{EX,8h} = 10 \log \left( \frac{27000s}{28800s} 10^{0,1 \times 81,8} + \frac{1800s}{28800s} 10^{0,1 \times 60} \right) = 81,52dB$$

## 6.10 A mérési eredmények értékelése

Rendeletben megadott napi zajexpozíciós értékek:

- zajexpozíciós határértékek:

$$L_{EX,8h} = 87 \text{ dB(A) illetve}$$

$$P_{csúcs} [L_{max}] = 200 \text{ Pa [140dB(C)]}$$

- felső beavatkozási határérték:

$$L_{EX,8h} = 85 \text{ dB(A), illetve}$$

$$P_{csúcs} = 140 \text{ Pa [137dB(C)]}$$

- alsó beavatkozási határérték:

$$L_{EX,8h} = 80 \text{ dB(A), illetve}$$

$$P_{csúcs} = 112 \text{ Pa [135 dB(C)]}$$

**Nem felelt meg:** 85dB(A)-t meghaladó zajexpozíció esetén egyéni hallásvédő eszköz használata kötelező. Az eszközök megfelelő használatának ellenőrzése is szükséges.

**80dB(A)-ra nem felelt meg:** 80dB(A)-nél nagyobb és 85dB(A)-nél kisebb zajexpozíció esetén lehetővé kell tenni egyéni hallásvédő eszköz viselésének a lehetőségét.

**Megfelelt:** ha a zajexpozíció értéke nem éri el az alsó beavatkozási határértéket.

| T7-es azonosító számú présgépet kezelő személyt érő zajexpozíció és legnagyobb hangnyomásszint   |             |                                  |
|--|-------------|----------------------------------|
| $L_{EX,8h}$  | 86,22 dB    | <b>nem felelt meg</b>            |
| $L_{cpk}$  | 116,3 dB(C) | <b>megfelelt</b>                 |
| T12-es azonosító számú körasztalos szegecselő gépet kezelő személyt érő zajexpozíció és legnagyobb hangnyomásszint                                   |             |                                  |
| $L_{EX,8h}$  | 78,82 dB    | <b>megfelelt</b>                 |
| $L_{cpk}$  | 110 dB(C)   | <b>megfelelt</b>                 |
| T15-ös azonosító számú rúgóellenőrző-gépet kezelő személyt érő zajexpozíció és legnagyobb hangnyomásszint  |             |                                  |
| $L_{EX,8h}$  | 81,52 dB    | <b>80dB(A)-ra nem felelt meg</b> |
| $L_{cpk}$  | 113,8 dB(C) | <b>megfelelt</b>                 |
| T31-es CNC megmunkáló központot, levegős lefúvató pisztolyt és pneumatikus csavarozót kezelő személyt érő zajexpozíció és legnagyobb hangnyomásszint |             |                                  |
| $L_{EX,8h}$  | 81,52 dB    | <b>80dB(A)-ra nem felelt meg</b> |
| $L_{cpk}$  | 111,3 dB(C) | <b>megfelelt</b>                 |

11) táblázat

**A mérési pontokhoz tartozó csúcs és nyolc órára vonatkoztatott zajexpozíciós értékek összegzése és értékelése**



A kormányrendeletben megadott zajexpozíciós határértéket egyik számított érték sem lépte túl. A zajvédelmi eszköz használatát kötelezővé kell tenni a T7-es azonosító számú présgépnél dolgozó személy számára, mivel a számított érték meghaladja a felső beavatkozási határértéket. A többi mérési helyen a T12-es kivétellel az alsó beavatkozási határérték túllépése miatt lehetővé kell tenni egyéni hallásvédő eszköz használatát.

## 6.11 A munkáltatót érő zajexpozíció hallásvédő eszköz viselése esetén

Hallásvédő eszközök:

- 1) Peltor next solar fül dugó SNR = 36dB
- 2) Peltor H520A hallásvédő SNR = 31dB



34) ábra  
Peltor egyéni hallásvédő eszközök

- a) T7-es azonosító számú présgép kezelőjét érő zajexpozíció egyéni hallásvédő eszköz viselése közben:
  - 1)  $L_{Ceq} - SNR = 86,3 \text{ dB} - 36 \text{ dB} = 50,3 \text{ dB(C)}$
  - 2)  $L_{Ceq} - SNR = 86,3 \text{ dB} - 31 \text{ dB} = 55,3 \text{ dB(C)}$
- b) T12-es azonosító számú körasztalos szegecselőgép kezelőjét érő zajexpozíció  
**Az értékek határérték alattiak.**
- c) T15-ös azonosító számú rúgóellenőrző-gép kezelőjét érő zajexpozíció
  - 1)  $L_{Ceq} - SNR = 82,5 \text{ dB} - 36 \text{ dB} = 46,5 \text{ dB(C)}$
  - 2)  $L_{Ceq} - SNR = 82,5 \text{ dB} - 31 \text{ dB} = 51,5 \text{ dB(C)}$
- d) T31-es CNC megmunkáló központot, levegős lefűvató pisztolyt és pneumatikus csavarozó kezelőjét érő zajexpozíció
  - 1)  $L_{Ceq} - SNR = 82,8 \text{ dB} - 36 \text{ dB} = 46,8 \text{ dB(C)}$
  - 2)  $L_{Ceq} - SNR = 82,8 \text{ dB} - 31 \text{ dB} = 51,8 \text{ dB(C)}$

## 7. Környezeti zajmérés jegyzőkönyvek

### 7.1 A mérés helye

A környezeti zajt egy 75 embert foglalkoztató fémmegmunkáló tevékenységet végző, győri ipari parkban lévő cégnél mértem meg. A gyártást két nyolc órás műszakban végzik. A dolgozók naponta ciklikusan ismétlődő munkafolyamatokat végeznek.

### 7.2 A mérés célja

A mérés célja a rendeletben meghatározott adott területre és napszakra vonatkozó zajkibocsátási és zajterhelési határértékek teljesülésének ellenőrzése a vizsgált üzem esetén. Ezek a mérés során felrajzolt hatásterület alapján ellenőrizhetők.

### 7.3 A mérési környezet és az épület szerkezeti leírása

A mérést az ipari parkban dróthálóval körbekerített területen fekvő vasbeton szerkezetű három üzemcsarnok környezetében végeztem. A telket észak-nyugatról egy másik gépgyártó, egy szállítmányozó, egy villamossági és egy műanyag-technikai, délkeleten egy világítás-technikai és észak-keleten egy építőipai cég telephelye, valamint egy beépítetlen terület határolja. Ez a beépítetlen telek választja el a vasúti felüljárón áthaladó közutat az üzem területétől. A vasútvonal a mérendő terület észak-nyugati oldalán lévő, a cég megközelítésére szolgáló úttest, és az ott elhelyezkedő park túlsó oldalán található.

Az épületek külső és belső oldalfalai a vasbeton tartópillérek közé helyezett vasbetonból vagy a két lemez között elhelyezett szigetelőanyagból álló úgynevezett szendvicspanelből került kialakításra. Az ilyen módon kialakított három üzemcsarnok közül a hátsó különállót egy fedett udvar köti össze a két összeépített csarnokkal. A fedett udvar az épületek tetejéhez hasonlóan trapézmintás acéllemezzel van lefedve. Az oldalfalakon 4db 4,0x6,0m-es és 1db 3,0x3,0m-es függőlegesen felhúzható lemezkapu, valamint 1,2m magasan műanyag ablakkeretes hőszigetelt üvegezésű, nyitható ablaksorok lettek kialakítva.

#### Az üzemcsarnokok és az üzemterület méretei:

##### Z<sub>1</sub>-es üzemcsarnok méretei:

- hosszúsága : 54,0 m
- szélessége : 40,0m
- magassága : 8,0m

##### Z<sub>2</sub>-es üzemcsarnok méretei:

- hosszúsága : 54,0 m
- szélessége : 22,2m
- magassága : 8,0m

##### Z<sub>3</sub>-es üzemcsarnok méretei:

- hosszúsága : 31,7 m
- szélessége : 62,2m
- magassága : 8,0m

#### **Az üzem terület méretei:**

- hosszúsága : 124,54m
- szélessége : 81,2m

### **7.4 Mérés eszközei**

- Brüel&Kjaer 2260 zajanalizátor
- Brüel&Kjaer UA0801-es állvány
- Brüel&Kjaer 4231 kalibrátor
- Hitelesített 20m-es mérőszalag
- Szélsebességmérő

### **7.5 Méréshez használt szabványok és kormányrendeletek**

- **MSZ–13–111–85 Magyar szabvány:** Üzemek és építkezések zajkibocsátásának vizsgálata és a zajkibocsátási határérték meghatározása
- **MSZ 18150-1 Magyar szabvány:** A környezeti zaj vizsgálata és értékelése
- **284/2007. (X.29.) Kormányrendelet:** A környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól
- **93/2007. (XII.18.) Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztériumi rendelet:** A zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés-kibocsátás ellenőrzésének módjáról
- **27/2008. (XII. 3.) Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium – Egészségügyi Minisztérium együttes rendelete:** A környezeti zaj és rezgésterhelési határértékek megállapításáról

### **7.6 Meteorológiai körülmények a mérés ideje alatt**

- **Szélsebesség:** 1 m/s-nál kisebb, enyhe légmozgás
- **Hőmérséklet:** 14°C
- **Csapadékviszony:** Borult, de száraz környezet.

### **7.7 Zajforrások**

#### **Z<sub>1</sub>-ben lévő zajforrások:**

- 2 db CNC megmunkáló központ
- 2 db szegecslőgép
- 2 db kompresszor
- 9 db prés gép
- 2 db síndaru

- 5 db levegős lefűvató pisztoly
- 3 db pneumatikus csavározó
- 1 db koptatógép
- 3 db zömítőgép
- 1 db szerelő berendezés
- 1 db keménységvizsgáló gép
- 2 db hegesztőgép
- 9 db menetmángorlógép
- 1 db mosóberendezés

**Z<sub>2</sub>-ben lévő zajforrások:**

- 6 db présgép
- 2 db síndaru

**Z<sub>3</sub>-ban lévő zajforrások:**

- 8 db présgép
- 1 db síndaru

**Külső zajforrások:**

- 2 db klíma (Z<sub>4</sub>, Z<sub>5</sub>)
- 1 db síndaru (Z<sub>6</sub>)
- 2 db szellőzőnyílás (Z<sub>7</sub>, Z<sub>8</sub>)

**Külső és belső zajforrások:**

- 4 db targonca

A termelés a fél órás pihenőidő kivételével folyamatos a nyolc órás műszak során. A üzemben használt berendezések mindegyike szakaszos működésű. Az általuk kibocsátott zaj szintje a működésük alatt az állandó zajkibocsátású síndaruk és klímák kivételével változó jellegű.

## 7.8 Mérés menete

- A mérést megelőző napokban a mérendő cég vezetőjén kívül a szomszédos cégek vezetőivel is egyeztettem a mérés időpontját. Ezen kívül megbeszéltem velük, amennyiben lehetséges kapcsoltsák ki az általuk üzemeltetett zajforrásokat a mérés idejére. Összeszereltem a műszert és ellenőriztem annak megfelelő működését, valamint az elemek állapotát.
- A mérni kívánt paraméteren kívül a dátum és az idő beállítását is elvégezte
- A mérés helyszínén a mérés előtt megmértem a szélességet és a hőmérsékletet, majd feljegyeztem azokat. ( A mérést csak száraz időben és 5m/s -nál kisebb szél esetén szabad elvégezni.
- A cég vezetőjét megkértem, hogy nyitassa ki az üzem nyílászáróit a mérés idejére.
- A műszer, a kalibrálást és beállítást követően felerősített a megfelelő magasságra állított állványra.

- A hatásterület felrajzolásához az épület homlokzata mentén, több helyen is megkerestem azokat a pontokat, ahol a zajszint 55dB. Ezeket a pontokat, az épület falától, arra merőleges irányba távolodva, a műszer folyamatos figyelése közben kerestem meg. Mivel az üzem környezetében vasúti és közúti forgalom is van ezért a mérésnél mindig megvártam, míg a nagy zajt keltő járművek elhaladnak és csak utána folytattam a mérést.
- A kapott mérési pontok üzemsarnok falától való távolságának, mérőszalaggal való lemérése és lejegyzése után, bejelöltem a pontokat a helyszínrajzon.

## 7.9 Mérési pontok

A mérési pontok távolságát az épület oldalfalától mértem meg. A mérés teljes leterheltségnél és nyitott nyílászáróknál történt.

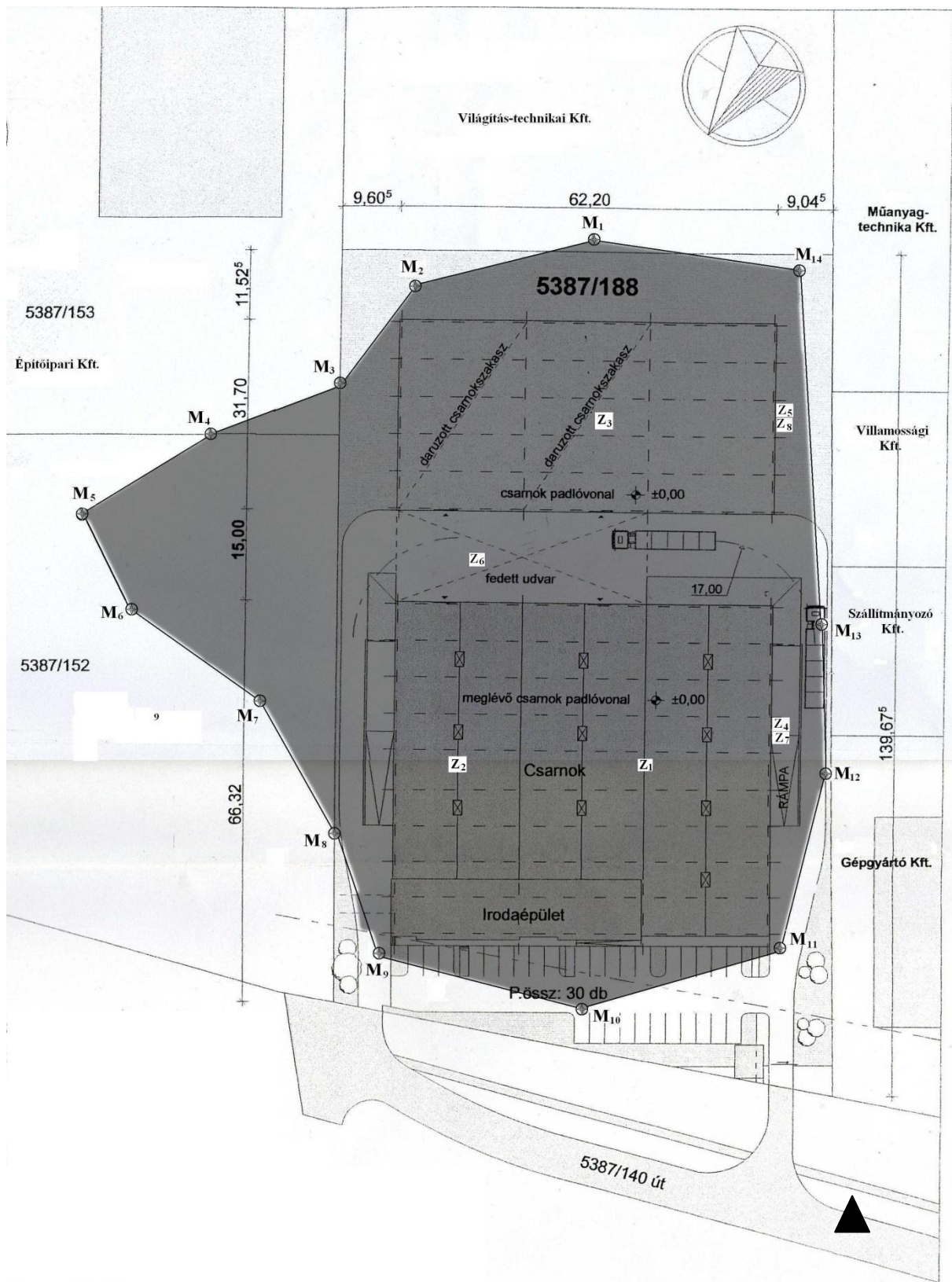
| Mérési pont jele | Mérési pont távolsága | Mérési pont helye |
|------------------|-----------------------|-------------------|
| M <sub>1</sub>   | 13,5m                 | D-K               |
| M <sub>2</sub>   | 6,0m                  | D-K               |
| M <sub>3</sub>   | 9,4m                  | É-K               |
| M <sub>4</sub>   | 37,9m                 | É-K               |
| M <sub>5</sub>   | 44,7m                 | É-K               |
| M <sub>6</sub>   | 36,7m                 | É-K               |
| M <sub>7</sub>   | 23,0m                 | É-K               |
| M <sub>8</sub>   | 10,2m                 | É-K               |
| M <sub>9</sub>   | 4,2m                  | É-NY              |
| M <sub>10</sub>  | 12,8m                 | É-NY              |
| M <sub>11</sub>  | 2,4m                  | D-NY              |
| M <sub>12</sub>  | 10,0m                 | D-NY              |
| M <sub>13</sub>  | 3,0m                  | D-NY              |
| M <sub>14</sub>  | 8,9m                  | D-K               |

12) táblázat

A mérési pontok üzemsarnoktól mért távolsága és égtájak szerinti elhelyezkedése

## 7.10 Mérési eredmények értékelése

A mérési pontok összekötésével kapott hatásterületen nincsenek védendő épületek vagy övezetek, ezért a zajkibocsátás megfelel a rendeletben megadottaknak.



35) ábra  
Helyszínrajza a bejelölt hatásterülettel és mérési pontokkal

## 7.11 Zajforrások összefoglalása

| Zajforrás megnevezése       | Működési idő | Zajkibocsátás jellege       | Működési helye              |
|-----------------------------|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| CNC megmunkáló központok    | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Szegecselőgépek             | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Kompresszorok               | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Présgépek                   | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Síndaruk                    | 8h           | Állandó szintű és szakaszos | Épületben és épületen kívül |
| Levegős lefúvató pisztolyok | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Pneumatikus csavarozók      | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Koptatógépek                | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Zömítőgépek                 | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Szerelő berendezések        | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Keményésgvizsgáló gépek     | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Hegesztőgépek               | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Menetmángorlógépek          | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Mosóberendezések            | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben                   |
| Targoncák                   | 8h           | Változó szintű és szakaszos | Épületben és épületen kívül |
| Klímák                      | 24h          | Állandó szintű és szakaszos | Épületen kívül              |
| Szellőzőnyílás              | 24h          | Változó szintű és szakaszos | Épületen kívül              |

**13) táblázat**  
**Zajforrások jellemző adatainak összefoglaló táblázata**

## **8. Éjszakai szórakozóhely környezeti zajmérésnek jegyzőkönyve**

### **8.1 A mérés helye**

A környezeti zaj mérését a győri egyetem területén található éjszakai szórakozóhely környezetében végeztem. A vizsgált szabadidős létesítményben a zenei műsor este 23órákor kezdődik és másnap hajnal 02óráig tart.

### **8.2 A mérés célja**

Az oktatási területen, és védendő épületek környezetében lévő létesítményre, és adott napszakra vonatkozó, rendeletben meghatározott határértékek teljesülésének ellenőrzése, a mérés során felvett és megrajzolt hatásterület alapján.

### **8.3 A mérési környezet és az épület szerkezeti leírása**

A környezeti zaj mérését egy kétszintes, előre gyártott vasbeton panelekből épített lapos tetős épület környezetében végeztem. Az épület földemjei T alakú vasbeton gerendákból állnak, amelyet a tető esetében bitumenes szigetelőlemez borít. A tetőn található a szellőzőrendszert működtető három nagyteljesítményű ventilátor, valamint a négy klímaberendezés is. Az épületen alumínium keretes hőszigetelt üvegezésű nyílászárók vannak.

Az épület méretei:

- hosszúsága : 46,8 m
- szélessége : 27,8m
- magassága : 8,0m

### **8.4 Mérés eszközei**

- Brüel&Kjaer 2260 zajanalizátor
- Brüel&Kjaer UA0801-es állvány
- Brüel&Kjaer 4231 kalibrátor
- Hitelesített 20m-es mérőszalag
- Szélsebességmérő



## 8.5 Méréshez használt szabványok és kormányrendeletek

- **MSZ-13-111-85 Magyar szabvány:** Üzemek és építkezések zajkibocsátásának vizsgálata és a zajkibocsátási határérték meghatározása
- **MSZ 18150-1 Magyar szabvány:** A környezeti zaj vizsgálata és értékelése
- **284/2007. (X.29.) Kormányrendelet:** A környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól
- **93/2007. (XII.18.) Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztériumi rendelet:** A zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés kibocsátás ellenőrzésének módjáról
- **27/2008. (XII. 3.) Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium – Egészségügyi Minisztérium együttes rendelete:** A környezeti zaj és rezgésterhelési határértékek megállapításáról

## 8.6 Meteorológiai körülmények a mérés ideje alatt

- **Szélsebesség:** 1 m/s-nál kisebb, enyhe légmozgás
- **Hőmérséklet:** 15°C
- **Csapadékviszony:** Felhőtlen, száraz idő

## 8.7 Zajforrások

### Külső zajforrások:

- 4 db klíma ( $Z_1$ ) (a négy klíma egymás mellett van)
- 3 db szellőzőventillátor ( $Z_2; Z_3; Z_4$ )

### Belső zajforrások:

- 4db mély hangdoboz
- 2db magas hangdoboz

A belső folyamatos, a külső szakaszos működésű zajforrások által kibocsátott zaj, változó jellegű.

## 8.8 Mérés menete

- A mérést megelőző napokban a mérendő létesítmény üzemeltetőjével egyeztettem a mérés időpontját. Összeszereltem a műszert és ellenőriztem annak megfelelő működését, valamint az elemek állapotát.
- A mérni kívánt paraméteren kívül, a dátum és az idő beállítását is elvégeztem.
- A mérés helyszínén a mérés előtt megmértem a szélsebességet és a hőmérsékletet, majd feljegyeztem azokat. ( A mérést csak száraz időben és 5m/s -nál kisebb szél esetén szabad elvégezni).
- A szórakozóhely üzemeltetőjét megkértem, hogy nyitassa ki a létesítmény nyílászáróit a mérés idejére.

- A műszert, a kalibrálást és a beállítást követően, felerősítettem a megfelelő magasságra állított állványra.
- A hatásterület felrajzolásához az épület homlokzata mentén, több helyen is megkerestem azokat a pontokat, ahol a zajszint 40dB. Ezeket a pontokat, az épület falától, arra merőleges irányba távolodva, a műszer folyamatos figyelése közben kerestem meg. Mivel a létesítmény környezetében közúti és gyalogos forgalom is volt, ezért a mérésnél mindig megvártam, hogy az autók és a gyalogosok elhaladjanak.
- A kapott mérési pontok a szórakozóhely épületének falától való távolságának, mérőszalaggal való lemérése és lejegyzése után, bejelöltem a pontokat a helyszínrajzon.

## 8.9 Mérési pontok

A mérési pontok távolságát az épület oldalfalától mértem meg. A mérés teljes leterheltségnél és nyitott nyílászáróknál történt.

| Mérési pont jele | Mérési pont távolsága | Mérési pont helye |
|------------------|-----------------------|-------------------|
| M <sub>1</sub>   | 65m                   | É-NY              |
| M <sub>2</sub>   | 61,2m                 | É-NY              |
| M <sub>3</sub>   | 59,4m                 | É-NY              |
| M <sub>4</sub>   | 70,2m                 | NY                |
| M <sub>5</sub>   | 68,4m                 | NY                |
| M <sub>6</sub>   | 66,6m                 | D-NY              |
| M <sub>7</sub>   | 57,6m                 | D                 |
| M <sub>8</sub>   | 41,4m                 | D                 |
| M <sub>9</sub>   | 30,6m                 | D-K               |
| M <sub>10</sub>  | 29m                   | D-K               |
| M <sub>11</sub>  | 17,1m                 | K                 |
| M <sub>12</sub>  | 20m                   | K                 |
| M <sub>13</sub>  | 25,2m                 | É-K               |
| M <sub>14</sub>  | 21,6m                 | É-K               |

**14) táblázat**

**A mérési pontok a szórakozóhely épületének falától mért távolsága és égtájak szerinti elhelyezkedése**



36) ábra  
Helyszínrajz

## 8.10 Mérési eredmények értékelése

A mérési pontok összekötésével kapott hatásterület helyszínrajzon V-vel jelöl védendő épületegyüttest tartalmaz. Ezért, az épületegyüttes zajforráshoz legközelebb eső homlokzata előtt 2m-re, a talajszint felett 1,5-re megmértem az egyenértékű A-hangnyomásszintet a többi zaj kiiktatása mellett. A kapott  $L_{Aeq}=39,2\text{dB}$  érték a 27/2008.( XII.3.) KvVM-EÜM együttes rendeletének 1. számú mellékletének 2. pontjában megadott 40dB határérték alatt van, ezért a zajkibocsátás megfelel a rendeletben leírtaknak.

| Mérési pont jele | Nappal/Éjjel | A zaj jelleg | Egyenértékű a hangnyomásszint |       | $L_{AM}(\text{dB})$ |
|------------------|--------------|--------------|-------------------------------|-------|---------------------|
|                  |              |              | $L_{Aeq}(\text{dB})$          | t (h) |                     |
| V <sub>1</sub>   | -            | -            | -                             | -     | -                   |
|                  | Éjjel        | Változó      | 39,2                          | 0,5   | 39                  |

15) táblázat

## 8.11 Zajforrások összefoglalása

| Zajforrás megnevezése | Működési idő | Zajkibocsátás jellege        | Működési helye |
|-----------------------|--------------|------------------------------|----------------|
| Klímák                | 24h          | Változó szintű és szakaszos  | Épületen kívül |
| Szellőzőventillátorok | 24h          | Változó szintű és szakaszos  | Épületen kívül |
| Mély hangdoboz        | 8h           | Változó szintű és folyamatos | Épületben      |
| Magas hangdoboz       | 8h           | Változó szintű és folyamatos | Épületben      |

**16) táblázat**

## 9. Összefoglalás

A zajmérés igen széles körű ismeretet igényel. A mérések és az ahhoz szükséges jegyzőkönyvek készítése során akusztikai,- matematikai,- és méréstechnikai- ismeretek szükségesek, valamint a decibel fogalmának megértése és az azzal való számítások megfelelő elvégzése.

A zajmérés nagyon fontos és időigés részét képezi, annak előkészítése és a mérés időpontjának egyeztetése. Ez elsősorban környezeti zajmérés szempontjából lényeges, hiszen a mérés időpontját, a mérendő létesítmény vagy üzem vezetőjén kívül, a közelében lévő létesítmények vagy üzemek vezetőivel is meg kell tenni, annak érdekében, hogy az általuk üzemeltett zajforrások üzemeltetését a mérés idejére függesszék fel. Ennek ellenére, mégis előfordulhatnak előre nem látható, mérést befolyásoló vagy akadályozó körülmények. Ilyen körülmény a második mérés során fordult elő. A helyszínre érkezésemkor tapasztaltam, hogy a mérendő üzem környezetében fűnyírást végeztek. Szerencsére, kérésemre szüneteltették a munkavégzést a mérés idejére.

A mérések során sok szakmai tapasztalatra tettem szert, amelyet remélem, a későbbi munkám során tudom majd hasznosítani.

## 10. Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Wersényi György - Műszaki akusztika
- [2] Dr. Wersényi György - Stúdiótechnika
- [3] <http://www.danavox.hu/anatomia.html>
- [4] [http://jgypk-gyp.suexid.hu/jegyzet/anat\\_szigo/26.doc](http://jgypk-gyp.suexid.hu/jegyzet/anat_szigo/26.doc)
- [5] [http://alpha.tmit.bme.hu/speech/docs/education/beszeddiag\\_01gyak.pdf](http://alpha.tmit.bme.hu/speech/docs/education/beszeddiag_01gyak.pdf)
- [6] Budó Ágoston – Kísérleti fizika I.
- [7] [http://www.fonor.hu/files/letoltesek/Markus\\_Miklos\\_-\\_Munkahelyi\\_zajterkep\\_elmeleti\\_alapjai\\_es\\_forrasadatai.doc](http://www.fonor.hu/files/letoltesek/Markus_Miklos_-_Munkahelyi_zajterkep_elmeleti_alapjai_es_forrasadatai.doc)
- [8] [http://image.hotdog.hu/\\_data/members2/238/15238/doksi/aoskpylxmlb.pdf](http://image.hotdog.hu/_data/members2/238/15238/doksi/aoskpylxmlb.pdf)
- [9] <http://www.fulspecialista.hu/index.php?page=content&method=static&id=58>
- [10] [http://www.agr.unideb.hu/ktvbsc/dl2.php?dl=29/10\\_eloadas.ppt](http://www.agr.unideb.hu/ktvbsc/dl2.php?dl=29/10_eloadas.ppt)
- [11] [http://www.protone.hu/index.php?option=com\\_content&task=view&id=48&Itemid=127](http://www.protone.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=48&Itemid=127)
- [12] <http://www.hangaruhaz.hu/cms/mi-az-hogy-kardioid-kezdoknek>
- [13] [http://www.oktopus.hu/index.php?WG\\_NODE=WebOldal&WG\\_PARENT\\_OID=PAFf\\_887f10b&WG\\_OID=PAGf\\_dd9910e](http://www.oktopus.hu/index.php?WG_NODE=WebOldal&WG_PARENT_OID=PAFf_887f10b&WG_OID=PAGf_dd9910e)
- [14] Koren Edit – Zajvédelem 5 <http://gyorijegyzet.uw.hu/zajvedelem5.ppt>
- [15] [http://weblaboratorium.hu/kornyezetvedelem/korny\\_termved/10.doc](http://weblaboratorium.hu/kornyezetvedelem/korny_termved/10.doc)
- [16] Oktopus Multimédia Intézet  
[http://www.oktopus.hu/index.php?WG\\_NODE=WebOldal&WG\\_PARENT\\_OID=PAFf\\_887f10b&WG\\_OID=PAGf\\_dd9910e](http://www.oktopus.hu/index.php?WG_NODE=WebOldal&WG_PARENT_OID=PAFf_887f10b&WG_OID=PAGf_dd9910e)
- [17] <http://ion.elte.hu/kornyezet/kornyfiz/zaj/zaj.pdf>
- [18] Szag és zajterhelés -  
[http://zeus.nyf.hu/~jmg/letolt/kornymernok\\_ism/szag\\_zajterheles.pdf](http://zeus.nyf.hu/~jmg/letolt/kornymernok_ism/szag_zajterheles.pdf)
- [19] Zajvédelem - [http://www.unimiskolc.hu/home/web/wwwkoh/www/hun/kemiai\\_int/kollegak/o\\_banhidi/2009/zajvedelem.pdf](http://www.unimiskolc.hu/home/web/wwwkoh/www/hun/kemiai_int/kollegak/o_banhidi/2009/zajvedelem.pdf)

[20] **MSZ-13-111-85 Magyar szabvány:** Üzemek és építkezések zajkibocsátásának vizsgálata és a zajkibocsátási határérték meghatározása

[21] **MSZ 18150-1 Magyar szabvány:** A környezeti zaj vizsgálata és értékelése

[22] **284/2007. (X.29.) Kormányrendelet:** A környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól

[23] **93/2007. (XII.18.) Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztériumi rendelet:** A zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés kibocsátás ellenőrzésének módjáról

[24] **27/2008. (XII. 3.) Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium – Egészségügyi Minisztérium együttes rendelete:** A környezeti zaj és rezgésterhelési határértékek megállapításáról

[25] **66/2005. (XII.22.) EüM rendelet**

[26] <http://gyp.xhost.ro/data/licenz/hs/04.doc>

[27] Dr. Wersényi György - Zajártalom vizsgálatok a közlekedésben és mobil zenekészülékek alkalmazásában

[28] <http://www.mvkepviselo.hu/uzlet/hallasvedelem.pdf>

[29] [http://www.shp.hu/hpc/userfiles/6mikron/sa\\_52\\_prospektus\\_uj.pdf](http://www.shp.hu/hpc/userfiles/6mikron/sa_52_prospektus_uj.pdf)