

## **Műszaki akusztika és zajcsökkentés (önálló felkészülést segítő tananyag)**

Összeállította: Dr. Koscsó Gábor c. egyetemi docens (BME Áramlástan Tanszék)

12. előadás

### **Tartalom:**

12.1. Zajvédelemi bevezető (előadásvázlat)

12.2. Zajvédelmi mérőszámok (előadás vázlat)

12.3. Gyakorló feladatok

### **12.1. Zajvédelemi bevezető**

Korunk egyik széles körben elterjedt zavaró, egészségkárosító hatása a környezeti zajterhelés. Zavaró zajhatás kialakulhat lakó- és a munkahelyi környezetben, de a hallásunk számára a szabadidőben, kikapcsolódás során nagy hangerővel megszólaló zene is lehet káros hatású. A zaj zavarhatja a munkavégzést vagy a pihenést. A fokozott zajterhelés a hallószerv túlzott igénybevételét, általános fáradtságot, kritikus esetben maradandó halláskárosodást és más betegségeket okozhat. A zajterhelés személyes, fizikai és jogi körülményeit tekintve egyedi kategóriát képez, ezért az erre vonatkozó előírásokat külön zajrendeletek foglalják össze.

**Zaj jellemzői:** A zaj szónak számos különböző jelentése van. Környezetvédelmi szempontból az élő környezetet, kifejezetten az embert zavaró, a hallószervet fárasztó hangot nevezzük zajnak. Ebben az értelemben a zaj legfontosabb jellemzői a környezetszennyezési forma, a lokális és közvetlen jelleg, a civilizációs probléma, illetve az élettelen környezetben általában nem hagy nyomot.

Más környezetkárosító hatások mellett a zajkibocsátás is a környezetszennyezés egy módja. Hasonlóan, mint a levegő porral, a víz olajjal vagy a talaj vegyi anyaggal történő szennyezése. A hang túlzott jelenléte zavaró az ember számára, káros hatásának elfogadható szintre csökkentése a zajvédelem feladata, amely a környezetvédelem fontos része.

Hatósugarát tekintve a zaj többnyire lokális probléma. Épületen belül egy zajforrás hatása többnyire néhány szomszédos helyiségre, legfeljebb az érintett épülettömbre korlátozódik. Ugyanez szabad térben néhány száz méter, de igen nagy teljesítményű hangforrás esetén is csak néhány kilométer távolságra terjed a zavaró hang hatása. Evvel szemben például légszennyezés esetében a forrástól akár több száz km-es távolságban is kialakulhat környezetkárosítás.

A zaj zavaró hatása csak közvetlenül a besugárzás időtartama alatt tapasztalható. A zavaró hang nem marad meg sem az élő szervezetben, sem az élettelen környezetben. (Evvel szemben például egy tengeri olajszenyezés esetén az olaj mindaddig a vízben marad és szennyez, ameddig el nem távolítják, vagy hosszú idő után el nem bomlik, illetve enyészik.)

A zaj jellegzetes civilizációs probléma, amely az élettér összeszűkülésével, a nagy számban alkalmazott zajos, műszaki, technológiai berendezésekkel és a zaj iránti fokozott érzékenység kialakulásával hozható kapcsolatba. Városi környezetben az élettér összeszűkülése, tehát az egyes emberek, lakások közötti jellemzően kis távolság miatt, a zaj elleni védekezés egyik legfontosabb eszköze, a megfelelő védőtávolság megtartása nem teljesül.

A különböző zajos műszaki berendezések és technológiák megkönnyítik életünket (pl.: földművelés állati erővel vagy traktorral, fémmegmunkálás kézi reszelővel vagy elektromos sarokcsiszolóval), de a számunkra hasznos alaptervekenység mellett használatuk, alkalmazásuk során káros környezeti hatások, például zaj keletkezik.

Hangbesugárzást követően ritkán alakul ki maradandó, utólag is kimutatható nyom, elváltozás az élettelen környezetben. Zajesemény utólagos bizonyítása ilyen alapon nem, vagy csak egyedi esetekben végezhető el. Evvel szemben a zaj az élő szervezetben időszakos (kipihenhető, meggyógyuló) és maradandó (nem

kipihenhető, nem meggyógyuló) szubjektív (érzékszervi) és objektív (műszeres) módon egyaránt kimutatható elváltozásokat (pl.: hallásküszöb emelkedés) okozhat.

**Hang hatása az emberre:** A hang az emberi élet elválaszthatatlan része. Idesorolható a beszéd és hallás kommunikáció, a zenei élmény és a zavaró zaj, amelyek elsősorban a hallószerven keresztül fejtik ki hatásukat szervezetünkre.

A beszéd és hallás alapvető fontosságú az emberi kommunikációban. Hiányában a tanulás, a munka, a játék, általában társadalmi létünk csak nehézségek árán oldható meg. A zenélés és a zene hallgatása különleges lelki, szellemi tevékenység. A zenei élmény sok öröm forrása, és a zene szeretete, sokrétűségének köszönhetően mindenkire utat talál. Tudomásul kell azonban venni, hogy nem minden hangjelenség hasznos vagy kellemes számunkra, lesznek zavaró hangok is. Fontos leszögezni, hogy függetlenül a bennünket érő hang hasznos, kellemes, vagy zavaró jellegétől, a hallószervet, illetve általában az idegrendszert minden hangbesugárzás igénybe veszi és fárasztja. Természetesen a hasznos vagy kellemes hangoknak kedvezőbb a szubjektív megítélése, mint a zavaró hangoké. A fárasztó hatás mértékét számos objektív (hangjelenségtől függő) és szubjektív (megfigyelő személytől függő) tényező befolyásolja. Az objektív tényezők közül a legfontosabb a besugárzás hangnyomásszintje és időtartama. A szubjektív tényezők közül az éppen végzett tevékenység, élethelyzet, egészségi állapot szempontok emelhetők ki.

Az emberi szervezetet a nem hallószerven keresztül érő hanghatások, a frekvenciától, energiataralomtól függően különböző hatásmechanizmusokon keresztül fejtik ki hatásukat. Ilyenek lehetnek például a kis frekvenciájú (infrahang) besugárzás miatt a testszövetekben, szervekben kialakuló mechanikai fáradás hatására megjelenő funkciózavar, károsodás, vagy a nagy energiájú és frekvenciájú (ultrahang) besugárzás miatti termikus és kavitációs sejtstruktúra roncsolódás.

## 12.2. Zajvédelmi mérőszámok:

A zajvédelem alapvető feladata a zajterhelés nagyságának meghatározása, összehasonlítása a vonatkozó határértékkel és indokolt esetben megszüntetése, de legalább elfogadható szintre csökkentése. Ehhez a feladathoz elengedhetetlen olyan mérőszámok és értékelési módszerek bevezetése, amellyel megfelelő biztonsággal minősíthető a zajterhelés. A zajterhelés megítélését objektív, a külső környezettől függő, mérhető fizikai mennyiségek és a zajterhelést elszenvedő személy szubjektív körülményei együtt határozzák meg. Az objektív, külső környezettől függő tényezőket (pl.: hangnyomás, frekvencia, ...) a zajvédelmi mérőszám tartalmazza. A szubjektív tényezők a határértékek skálázásával vehetők figyelembe, úgy hogy a különböző tevékenységekhez, élethelyzetekhez más-más nagyságú rendelteti határérték tartozik. A jól megállapított zajvédelmi mérőszám és határérték alatti terhelés esetén adott tevékenységhez, élethelyzethez megfelelő akusztikai környezet biztosítható, illetve elkerülhető az emberi szervezet károsodása. A hallószerven keresztül kialakuló zajterhelés jellemzésére a szakirodalomban számos mennyiség található. Hasonlóan a szervezet más fizikai terheléséhez, a hallás esetében is a közepes, de időben túlzott mértékben elhúzódó terhelés és a rövid ideig tartó, de kiugróan nagy igénybevétel egyaránt veszélyes lehet. Ennek megfelelően a hallás védelmét szolgáló mérőszámok között a hosszabb ideig tartó közepes terhelésre jellemző zajexpozíció és a pillanatnyi nagy terhelésre jellemző felső hangnyomásszint korlát egyaránt megtalálható. A zajtól védett személyek tevékenységétől és élethelyzetétől függően a zaj minősítése környezeti- és munkahelyi zajterhelés esetekre bontható. A zajvédelmi mérőszámok bemutatása előtt a jellemzésükre és a meghatározási módjuk indoklására néhány fontos ismertető foglalnunk össze.

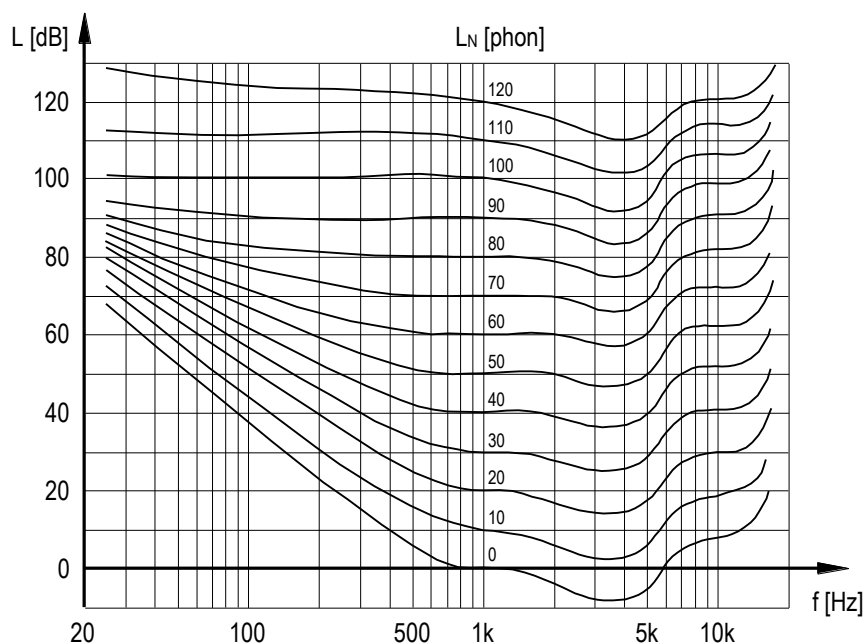
**A zajterhelés megítélését befolyásoló objektív tényezők:** Gyakorlati megfigyelés szerint a kis hangnyomásszintű rövid ideig tartó zajokkal kapcsolatban általában elfogadóbb, evvel szemben a nagy hangnyomásszintű hosszú ideig tartó zajokról inkább elmarasztaló a véleményünk. Az objektív megítélést befolyásoló két legfontosabb fizikai mennyiség a besugárzás hangnyomásszintje és a besugárzási idő, amelyek együtt a zajexpozíciót határozzák meg. Az említett két mennyiség mellett a zajterhelés megítélését befolyásoló további fizikai jellemzők a frekvencia, hangszínkép, időbeli lefutás és a háttérből való kiemelkedés mértéke.

**Zajexpozíció:** A zajexpozíció ( $\Delta W$ , más néven zajdózis) a hang által a hallószervre kifejtett fárasztó munka, a külső hallójáratba bejutó hangteljesítmény ( $P_h$ ) és besugárzási idő ( $\Delta t$ ) szorzata,

$$\Delta W = P_h \Delta t = I_a A_h \Delta t = \frac{p_{\text{eff}}^2}{\rho_0 a} A_h \Delta t = \frac{A_h}{\rho_0 a} p_{\text{eff}}^2 \Delta t \sim p_{\text{eff}}^2 \Delta t$$

A külső hallójáratba bejutó hangteljesítmény a besugárzó hangintenzitás ( $I_a$ ) és a külső hallójárat keresztmetszet ( $A_h$ ) szorzata. Feltételezve, hogy a hallószervhez elérő hang egy szabadon terjedő síkhullám, az intenzitás az effektív hangnyomás ( $p_{\text{eff}}$ ) négyzet, illetve az egyensúlyi sűrűség ( $\rho_0$ ) és a hangsebesség ( $a$ ) szorzatának hányadosa. A hangot közvetítő közeg általában (technikai) normál állapotú ( $p_0 = 1 \text{ bar}$ ,  $t_0 = 20 \text{ °C}$ ) levegő, továbbá az egyes emberek külső hallójáratának keresztmetszete nagyjából egyforma, ezért az  $(A_h/\rho_0 a)$  hányados értéke jó közelítéssel állandó. Praktikus megfontolásból az effektív hangnyomást (illetve annak négyzetét) szintben fejezzük ki. Így a zajvédelmi gyakorlatban a zajexpozíciót meghatározó két mennyiség a hangnyomásszint, pontosabban az adott időtartamra vonatkozó idővel súlyozott átlagos hangnyomásszint (az egyenértékű hangnyomásszint, ld.: később) és a besugárzási idő. A zajexpozíció jelentése analóg a fényképezésnél használt megvilágítottság, vagy fényexpozíció fogalmával.

**Frekvenciafüggés:** Az átlagos, egészséges, emberi hallás érzékelési tartománya közelítőleg 20...20000Hz. Ezen a sávon belül a hallás érzékenysége a frekvencia függvényében változik. Az érzékenység változása azt jelenti, hogy ugyanolyan hangerő érzet kialakításához változó hangnyomásszint szükséges. Az emberi hallás érzékenységének frekvencia függését jól jellemzik a Harvey Fletcher és Wilden A. Munson amerikai mérnök-fizikusok által 1933-ban publikált „Fletcher-Munson” azonos hangosságú görbék (ld. ábra). Egy adott hang hangosságú szintje a vele megegyező 1kHz frekvenciájú tiszta hang hangnyomásszintjével egyenlő. A hangosságú szint szubjektív akusztikai mérőszám, jele  $L_N$ , mértékegysége a phon.

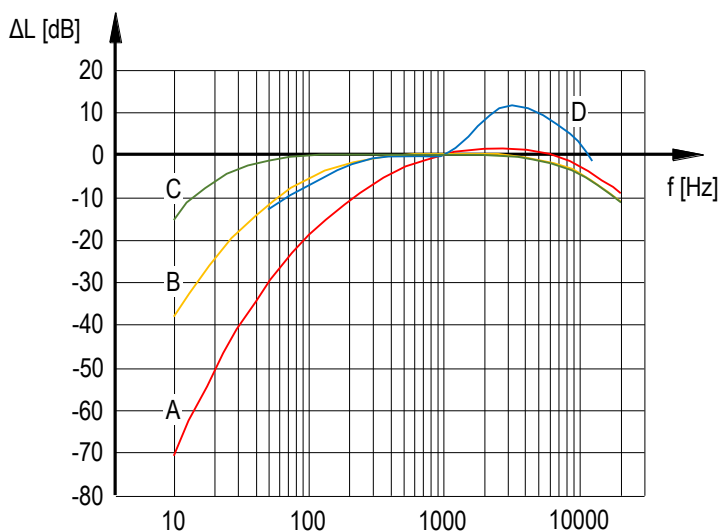


Azonos hangosságú görbék

Az ábrán bemutatott görbesereg az állandó hangosságú szint (állandó hangerő érzet) létrehozásához szükséges hangnyomásszinteket mutatja a frekvencia függvényében. Így például az 1 kHz frekvencián 40 dB hangnyomásszintű, azaz 40 phon hangosságú tisztahanggal megegyező hangosság eléréséhez 80 Hz frekvencián közelítőleg 65 dB hangnyomásszint szükséges. Az azonos hangosságú görbék meghatározását tisztahangokkal, szabadtéri környezetben, kétfülű érzékeléssel, időben kitartott (állandó) hangokkal végezték el. Összegzésük nehézkes, nem követi sem az algebrai, sem a szintösszegzés szabályait. Az 1933-ban publikált azonos hangosságú görbék meghatározását azóta pontosabb mérési módszerekkel megismételték. A

vizsgálatok eredményét „ISO 226:2003 Acoustics - Normal equal-loudness-level contours” nemzetközi szabvány tartalmazza. Az azonos hangosságú görbék megmutatják, hogy az emberi hallás legérzékenyebb tartománya hozzávetőleg 500...5000 Hz közé esik. Ennél kisebb és nagyobb frekvenciákon a hallásunk érzékenysége folyamatosan csökken az érzékelési határokig. A hangosságú növekedésével az érzékenység frekvenciafüggése egyenletesebb lesz. A sok alkalmazási feltétel és a matematikai műveletekkel kapcsolatos nehézségek miatt a hangosságú használata a gyakorlatban zajterhelések minősítéséhez nem terjedt el.

Fontos kiemelni, ahol kevésbé érzékeny a hallásunk, ott ugyanolyan hangnyomásszint kisebb hangosság érzetet, és így kisebb fárasztó hatást hoz létre. Ezért a hallás frekvenciafüggő érzékenységét a zaj szubjektív megítélésénél figyelembe kell venni. Ehhez a hangosságú megszorításait nem tartalmazó, a szintekkel végzett műveletek szabályaihoz alkalmazkodó, A, B, C és D súlyozott hangnyomásszinteket használjuk. A súlyozott hangnyomásszint meghatározásához a zajt a frekvencia mentén oktáv- vagy tercsávokra bontjuk. A hallás érzékenységével összhangban, kis és nagy frekvencia tartományban a sávszinteket negatív súlyozó érték hozzáadásával csökkentjük, a két tartomány között a súlyozó érték 0 dB, vagy kis pozitív súlyozó értékekkel enyhén kiemeljük a sávszinteket. A súlyozott sávszintek összegzését követően kapott eredő súlyozott hangnyomásszint a vizsgált zajra és annak hallószervünkre kifejtett fárasztó hatására egyaránt jellemző egymérőszámú mennyiség. Kis hangosságú tartományban A-súlyozást, növekvő hangosság esetén rendre B, C és D szűrőket használunk. Az A, B, C és D súlyozó szűrők frekvencia menetét a következő ábra mutatja.



Az A, B, C és D súlyozó szűrők karakterisztikája a frekvencia függvényében

Az A, B, C és D súlyozással meghatározott hangnyomásszintek az A-, B-, C- és D-hangnyomásszintek ( $L_A$ ,  $L_B$ ,  $L_C$  és  $L_D$ ), mértékegységük rendre dB(A), dB(B), dB(C) és dB(D). A magyar és a nemzetközi szabályozást áttekintve, a különböző súlyozott hangnyomásszintek közül a környezeti zajrendeletben az A-hangnyomásszint, illetve a munkahelyi zajrendeletben az A- és C-hangnyomásszintek szerepelnek. (A D-hangnyomásszintet sugárhajtású repülőgépek által okozott zaj értékelésére használjuk, a B-hangnyomásszint gyakorlati jelentősége napjainkra megszűnt.) Az A-hangnyomásszint ( $L_A$ ) oktávsváros felbontásban a következő összefüggés alapján számolható.

$$L_A = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{okt i} + \Delta L_{Aokt i})} \quad [\text{dB(A)}]$$

A különböző oktávsváros-középfrekvenciákhoz tartozó A-súlyozó értékeket ( $\Delta L_{Aokt}$ ) a következő táblázat tartalmazza. Az A-hangnyomásszint tercsávós felbontásban, illetve a B-, C- és D hangnyomásszintek oktáv- és tercsávós felbontásban ehhez hasonlóan számíthatók, az A, B, C és D súlyozó értékeket akusztikai szabványok, illetve szakkönyvek tartalmazzák. Az A- és C-hangnyomásszintek mérését általában már az alapszintű hangmérőknél is hozzáférhető A- és C-súlyozó szűrő bekapcsolásával közvetlenül elvégezhetjük.

$f_{\text{okt}}$ [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
$\Delta L_{\text{Aokt}}$ [dB]	-39,2	-26,1	-16	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,5

A-súlyozás relatív szintek az oktávsvá-középfrekvencia függvényében ( $\Delta L_{\text{Aokt}}$ )

**Spektrum:** Zajok szubjektív megítélését befolyásoló további tényező a zajspektrum vagy hangszínek alakja. Egy zavaró zaj spektrumával kapcsolatban megállapítható, hogy ugyanolyan zajexpozíció esetén a tiszta hangú (tonális), azaz kiemelkedő frekvencia összetevőt tartalmazó (búgó, füttyülő jellegű) zaj szubjektív megítélése kedvezőtlenebb, mint a szélessávú, tisztahangú összetevőt nem tartalmazó (vízcso bogás, szélfúvás) zajé. A tonális összetevő miatt kialakuló többlet zavaró hatást a környezeti zajok esetében keskenysávú korrekció alkalmazásával vehetjük figyelembe, a jelenleg érvényes munkahelyi zajrendelet ilyen korrekciót nem tartalmaz.

**Időbeli lefutás:** A zajexpozíció és a frekvencia mellett a szubjektív megítélést nagymértékben befolyásolja a zaj időbeli lefutása. Általános megfigyelés, hogy ugyanolyan zajexpozíció mellett az időben hirtelen felnövekedő, majd lecsökkenő, impulzusszerű (dörrenés, csattanás), illetve periodikusan ingadozó (megkülönböztetett jelzést használó jármű hangja, hangtani lebegés) zajok megítélése kedvezőtlen. Evvel szemben a lassan változó és a kitartott zajokkal kapcsolatban elfogadóbb ítéletet alkotunk. Az impulzusos zajok által okozott többlet fárasztó hatást környezeti zajok minősítésénél impulzuskorrekcióval, a munkahelyi zajok esetében a csúcs időállandóval mért legnagyobb C-hangnyomásszint határértékkel vesszük figyelembe. A periodikusan modulált zajok fokozott zavaró hatásának minősítésére a jelenleg érvényes zajrendeletek egyike sem ad értékelési módszert.

**Kiemelkedés a háttérből:** A zajok szubjektív megítélését befolyásoló tényezők között említést kell tenni még a háttérzajból való kiemelkedés mértékére. Mindenki számára ismerős, hogy a konyhai vízcsap csepegésének zaja nappal általában nem feltűnő, hangja fedésben van a megemelkedett környezeti háttérzajban. Éjszaka, a háttérzaj csökkenését követően a csepegés hangja jól észlelhetővé válik, és zaj iránti némi érzékenység esetén akár zavaró is lehet. Számos nehezen kezelhető környezeti zaj probléma okozója olyan háttérzajból kiemelkedő zavaró zaj, amelynél a zavaró zaj és a háttérzaj együttes terhelése határtérték alatt adódik. Így a környezeti zavaró zaj úgy van jelen, hogy közben a rendeleti előírás teljesül. Például egy csendes lakóépület legfelső szintjén a tetőventilátor közelében található hálószobában, ahol éjszakai időszakban a ventilátor és az alapzaj együttes zajterhelése 29 dB(A), a határérték 30 dB(A), az alapzaj 21 dB(A). Az alapzaj levonását követően a ventilátor zajterhelése egészen kerekítve 28 dB(A), nem sérti a rendeletet, evvel szemben a 7 dB(A) háttérből való kiemelkedés jól érzékelhető és zaj iránti átlagos érzékenység esetén is zavaró. A környezeti háttérből kiemelkedő zajok minősítésére jelenleg egyetlen hatályos zajvédelmi előírás sem ad útmutatást.

**Egyenértékű hangnyomásszint:** A gyakorlatban a zajok többsége időben változó jellegű. Az időben változó (instacioner) zajok egymérőszámú jellemzője az egyenértékű hangnyomásszint ( $L_{\text{Aeq}}$ ), vagy az A-hangnyomásszint esetében az egyenértékű A-hangnyomásszint ( $L_{\text{Aeq}}$ ). Meghatározás szerint egy időben változó zaj hallásra kifejtett fárasztó hatása megegyezik az időben kitartott egyenértékű hangnyomásszintje által, ugyanakkora időtartamon okozott fárasztó hatással. Egy időben változó zaj egyenértékű hangnyomásszintjét a hangnyomásszint idő függvény idővel súlyozott energia átlagával határozzuk meg. Az A-hangnyomásszint időfüggvény ( $L_A(t)$ ) ismeretében a  $t_m$  mérési időre vonatkozó egyenértékű A-hangnyomásszint ( $L_{\text{Aeq}}$ ) a következő összefüggéssel számítható,

$$L_{\text{Aeq}} = 10 \lg \left( \frac{1}{t_m} \int_0^{t_m} 10^{0,1L_A} dt \right) \quad [\text{dB(A)}]$$

Az egyenértékű hangnyomásszint a belépő szintű műszereknél a megfelelő funkció bekapcsolását követően közvetlenül mérhető. Sok esetben a hosszú ideig tartó zajok időben lépcsőzetesen változnak, és így az egyes szakaszokon belül a zajterhelés közelítőleg állandó. Például egy munkahelyi zajterhelés vizsgálatnál, amelynél a mérési idő, a munkaidő hosszával megegyező 8 óra, jellemző tevékenységekre (eligazítás az irodába, munka

a beosztási helyen, pihenőidő, ...) és így közel állandó zajterhelésű szakaszokra bontható. Ilyenkor felesleges a teljes időtartamon folyamatos mérést végezni, az egyenértékű A-hangnyomásszint az egyes zajterhelési szakaszokra jellemző A-hangnyomásszint ( $L_{Ai}$ ), és a zajterhelés rész-időtartam ( $\Delta t_i$ ) ismeretében, a következő összefüggés szerinti idővel súlyozott átlaggal is meghatározható.

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left( \frac{1}{t_m} \sum_{i=1}^n \Delta t_i 10^{0,1 L_{Ai}} \right) \quad [\text{dB(A)}]$$

Az összefüggésben ( $n$ ) a teljes megítélési időtartam során a különböző zajterhelésű rész-időszakok száma. Egy adott időben változó zajra vonatkozó egyenértékű hangnyomásszint és a besugárzási idő együtt a zajexpozíció értékét fejezi ki. Az egyenértékű A-hangnyomásszint és a besugárzási idő együtt az adott zaj hallószervre kifejtett fárasztó hatásának zajexpozíciója a hallás frekvenciafüggésének figyelembe vételével.

**Megítélési hangnyomásszint:** Környezeti zajok minősítését a megítélési hangnyomásszint ( $L_{AM}$ ) nagysága alapján végezzük el. A megítélési hangnyomásszint az egyenértékű A-hangnyomásszint és négy korrekciós tényező összege. Az egyenértékű A-hangnyomásszinthez tartozó megítélési idő üzemi zajforrások esetén nappal a legnagyobb megítélési szintet adó folyamatos 8 óra, éjszaka a legnagyobb megítélési szintet adó folyamatos 30 perc, illetve közlekedési zajforrások esetén a teljes nappali 16 óra és éjszakai 8 óra időtartam. (Az egyenértékű A-hangnyomásszint és a megítélési idő együtt a zajexpozíció.) A korrekciós értékek rendre: alapzaj korrekció ( $K_a$ ), berendezetlen helyiség miatti korrekció ( $K_b$ ), tonális (keskenysávú) korrekció ( $K_t$ ) és impulzus korrekció ( $K_i$ ).

$$L_{AM} = L_{Aeq} + K_a + K_b + K_t + K_i \quad [\text{dB(A)}]$$

**Alapzajkorrekció:** A helyszíni mérések során a vizsgált üzemi berendezés zaját általában a környező részekről származó alapzaj (háttérzaj) jelenlétében lehet elvégezni, így közvetlenül az üzemi zaj helyett az alapzaj és az üzemi zaj együttes hangnyomásszintje mérhető. Ha lehetőség nyílik a vizsgált üzemi berendezés kikapcsolásra az alapzaj hangnyomásszint önmagában megmérhető. Az alapzajkorrekció az alapzaj és üzemi zaj együttes hangnyomásszint, illetve az üzemi zaj hangnyomásszint algebrai különbsége. Az alapzajkorrekció értéke az alapzaj és üzemi zaj együttes hangnyomásszint, illetve az alapzaj hangnyomásszint algebrai különbsége alapján a szabványban közölt módszerrel meghatározható. Természetesen az üzemi zaj hangnyomásszint az alapzaj és üzemi zaj együttes érték, illetve az alapzaj szintkülönbsége alapján is kiszámolható.

**Berendezetlen helyiség miatti korrekció:** Épületek használatba vétele előtt, az engedélyezési eljárás általában zajvizsgálatot is tartalmaz. Ebben az állapotban a helyiségek még nincsenek berendezve. A berendezési tárgyak közül számos hangelnyelő tulajdonságú, így az előzetes mérések során a megemelkedett visszavert hangtér miatt a mért zajszintek általában magasabbak a későbbi, berendezett állapothoz képest. Az eltérés a berendezetlen helyiség miatti korrekcióval javítható. A korrekció értéke a berendezetlen helyiségben mérhető utózengési időből számolt hangelnyelés és a vonatkozó szabvány által megadott referencia hangelnyelés értékek alapján határozható meg.

**Tonális korrekció:** A vizsgált zajban jelenlévő tisztahangú összetevő miatt kialakuló többlet zavaró hatást tonális korrekcióval vesszük figyelembe. A tonális korrekció a zaj tercsávós spektrumában kimutatott tisztahangú összetevővel szomszédos sávokhoz képest mérhető kiemelkedés nagysága alapján a szabvány által megadott értékelési módszerrel számolható.

**Impulzuskorrekció:** Az időben hirtelen felnövekvő, majd lecsökkenő hangesemény miatt kialakuló többlet zavaró hatást impulzus korrekcióval vesszük figyelembe. Az impulzuskorrekció az impulzus- és lassú időállandóval mért legnagyobb A-hangnyomásszintek különbsége alapján a szabványban részletezett értékelési módszerrel számolható.

Az alapzaj- és a berendezetlen helyiség miatti korrekciót mérés technikai, a tonális és az impulzuskorrekciót a zaj szubjektív megítélésével kapcsolatos szempontok indokolják. A korrekciós tényezők számításának pontos részleteit szabvány tartalmazza. Egy zajterhelés minősítése során a méréssel vagy számítással meghatározott

megítélési hangnyomásszint ( $L_{AM}$ ) értéket a zajvédelmi rendeletekben előírt zajterhelési határértékkel ( $L_{TH}$ ) hasonlítjuk össze.

### 12.3. Gyakorló feladatok:

Gy.1. Mi a zaj, és foglalja össze a legfontosabb sajátosságait és az élettani hatásait! (ld.: előadás vázlat)

Gy.2. Helyszíni mérés során egy zaj oktávsávós spektrumát határoztuk meg. Számolja ki a zaj A-hangnyomásszintjét! A sávhangnyomásszintek ( $L_{okt}$ ) és az A-súlyozás relatív szintek ( $\Delta L_{Aokt}$ ) az oktávsáv középfrekvenciák ( $f_{okt}$ ) függvényében a következő táblázatban található.

$f_{okt}$ [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
$L_{okt}$ [dB]	80	90	90	80	70	60	60	50	50	40
$\Delta L_{Aokt}$ [dB]	-39,2	-26,1	-16	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	-6,5

Megoldás:

$f_{okt}$ [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
$L_{okt} + \Delta L_{Aokt}$ [dB]	40,8	63,9	74	71,4	66,8	60	61,2	51	48,9	33,5

$$L_A = 10 \lg(10^{4,08} + 10^{6,39} + 10^{7,4} + 10^{7,14} + 10^{6,68} + 10^6 + 10^{6,12} + 10^{5,1} + 10^{4,89} + 10^{3,35}) \approx 76,9 \text{ [dB(A)]}$$

Gy.3. Írja le a környezeti zajterhelés minősítésére szolgáló megítélési hangnyomásszint összefüggését, nevezze meg a benne szereplő változókat! (ld.: előadás vázlat)

Gy.4. Egy dolgozót munkahelyi feladatainak teljesítése során ért zaj besugárzás 3 óra 65dB(A), 1 óra 70dB(A) és 4 óra 55dB(A) időtartam és egyenértékű A-hangnyomásszint zajterhelés szakaszokra bontható. Határozza meg a dolgozót érő 8 óra megítélési időre vonatkozó zajexpozíció ( $L_{EX,8h}$ ) értékét!

Megoldás:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left( (1/8) \sum_{i=1}^n \Delta t_i 10^{0,1 L_{Aeqi}} \right) = 10 \lg \left( (1/8) (3 \cdot 10^{6,5} + 10^7 + 4 \cdot 10^{5,5}) \right) = 64,1 \text{ dB(A)}$$

-----