

## Megoldási példa a Középületek akusztikai tervezés tárgy házi feladatához

2019. december 21.

Nagy Attila Balázs (anagy@epsz.bme.hu)

### 1. feladat: Gépészeti berendezések által létrehozott zajterhelés számítása

Két gépészeti berendezés egyidejű működése mellett előálló zajterhelést kell kiszámítani. A berendezések zajteljesítményszintjét a gyártói adatlapról kell leolvasni. A berendezések adott koordinátájú pontokban helyezkednek el, ehhez képest egy harmadik pontban kell meghatározni az előálló hangnyomásszintet. Mindkét berendezés a talajon áll (azaz merev, hangvisszaverő felületen).

A számításhoz nem kell figyelembe venni a levegő csillapítását és semmiféle egyéb hangterjedést befolyásoló akadályt, jelenséget. A berendezéseket pontforrás-moddal kell közelíteni. A berendezésekre az érzékelési pontból szabad rálátás nyílik.

A berendezés hangteljesítményszintje ( $L_w$ ) és a létrehozott hangnyomásszint ( $L_p$ ) közötti egyszerűsített összefüggés (MSZ 15036:2002 alapján):

$$L_p = L_w + K_\Omega - K_d$$

ahol:

- $K_\Omega$ : az irányítási tényező, értéke pedig 0 / +3 / +6 / +9 dB attól függően, hogy a forrás rendre a szabad térben, egy hangvisszaverő felület fölött, két egymásra merőleges felület előtt, vagy három egymásra merőleges sík előtt helyezkedik el (és ennek megfelelően az adott térrészbe lesugárzott hangenergia a szabadtéri sugárzáshoz képest 1-szeres, 2-szeres, 4-szeres vagy 8-szoros).
- $K_d$ : a távolságtól függő tényező.

Értéke a távolság kétszereződésével 6 dB, általánosságban pedig:

$$K_d = 10 \lg\left(4\pi \cdot \frac{s_t^2}{s_0^2}\right) = 20 \lg(s_t/s_0) + 11 \text{ dB}$$

ahol  $s_0$  a referenciatávolság (jellemzően 1 m, illetve a berendezés adatlapján szereplő érték),  $s_t$  pedig az észlelési pont távolsága, az lg pedig tízes alapú logaritmust jelöl.

### Megoldás

Az Aermec berendezéseknél 3+7 adat szerepel minden egyes típushoz. Az első oszlopban az A-súlyozott eredő hangteljesítményszint, a 2. oszlopban a 10 m távolságra, a 3. oszlopban pedig az 1 m távolságra mért A-súlyozott hangnyomásszint. A 4-10. oszlopokban az egyes frekvenciasávokra vonatkozó teljesítményszintek találhatók – ráadásul A-súlyozással, de ezt most nem magyarázom el.

A Daikin katalógusban 8 oktávsávra adják meg az 1 m távolságban mért hangnyomásszinteket, majd az eredő A-súlyozott hangnyomásszintet és az A-súlyozott hangteljesítményszintet is.

Ha csak az eredő A-súlyozott szintekkel akarunk számolni, akkor minden adott, ha frekvenciasávonként, akkor a Daikin hangnyomásszint-adatait át kell számolni hangteljesítményszintre:

Az  $L_p = L_w + K_\Omega - K_d$  egyenletet átrendezve kiszámítható a hangteljesítményszint ( $L_w$ ).

A hangnyomásszintet a fejléc szerint 1 m távolságra mérték, tehát  $K_d = 11$  dB-lel számolhatunk. Az irányítási tényezőről nincs adatunk, de feltételezhetjük, hogy félszabad hangtérben mérték, azaz a berendezés egy reflektáló síkon állt, ezért  $K_\Omega = 3$  dB.

Az érzékelési pontban kialakuló zajterheléshez a berendezés és az érzékelési pont távolságát kell meghatározni, ez középiskolai matematikai tanulmányok alapján megtehető.

A távolságok alapján meghatározható a  $K_d$ , az irányítási tényező pedig 3 dB, mert a feladatlírásban az szerepel, hogy mindkét berendezés a talajon áll.

A külön-külön meghatározott hangnyomásszintekből energia-alapú összegzéssel kell meghatározni az eredő zajszintet.

## 2. feladat: Utózengési idő számítása

Egy adott méretű és befogadóképességű teremben várható utózengési idő értékét (T) kell meghatározni a 125 Hz és 4000 Hz közötti frekvenciatartományra, oktávsvonként, valamint a közepes utózengési idő értékét ( $T_m$ ). A számításhoz a Sabine-képlet használható. Akit érdekel, Norris-Eyring képlettel is számolhat.

A számításhoz egy Excel táblát kell készíteni, amelyben a felületek mérete és elnyelési képességeik alapján történik a számítás.

A terem egyik hosszanti falán 80 cm parapetmagasság felett teljes hosszon ablak található, a falak és a burkolatlan mennyezet festett beton felületek, a padló parketta borítású.

Az utózengési időket az alábbi esetekre kell meghatározni:

- az üres, burkolatlan teremre,
- a telt, burkolatlan teremre,
- az üres, teljes mennyezetén hangelnyelő álmennyezettel ellátott teremre, és
- a telt, teljes mennyezetén hangelnyelő álmennyezettel ellátott teremre.

A Sabine-képletben a levegő elnyelésének hatását is érdemes figyelembe venni, illetve megvizsgálni. A bútorzattal és az emberek által elfoglalt térfogat hatásával nem kell foglalkozni.

A számításhoz a következő táblázatban szereplő elnyelési tényezőket és elnyelési felületeket használhatjátok – az álmennyezethez gyártót és típust kaptok, és az interneten kell megkeresni az adatokat.

1. táblázat: Adatok a feladathoz: Hangelnyelési tényezők, elnyelési felületek, és a levegő csillapítása.

| frekvencia (Hz)                                    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
|----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Különböző felületek hangelnyelési tényezője</b> |      |      |      |      |      |      |
| sima beton, vakolt tégl                            | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.03 |
| parketta, linóleum                                 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.06 |
| üveg (ablak)                                       | 0.08 | 0.04 | 0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.02 |

|                                                             |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Emberek becsült egyenértéke felülete (m<sup>2</sup>)</b> |      |      |      |      |      |      |
| álló ember                                                  | 0.05 | 0.16 | 0.25 | 0.58 | 0.86 | 1.03 |

|                                                      |        |        |        |        |        |        |
|------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Levegő teljesítménycsillapítási tényezője (m)</b> |        |        |        |        |        |        |
| 20 fok, 30-50% páratartalom esetén                   | 0.0001 | 0.0003 | 0.0006 | 0.0010 | 0.0019 | 0.0058 |

## Megoldás

Az Excel táblában az egyes felületek méreteit kell meghatározni, majd ezekkel a méretekkel az egyes felületekre jellemző elnyelési tényezőt megszorozva adódik az adott felület elnyelési felülete (elnyelési képessége).

Az elnyelési felületek összegéhez hozzá kell még számítani a levegő elnyelését és az emberek elnyelési felületét, az eredő elnyelési felületből a Sabine-képlettel meghatározható az utózengési idő a különböző esetekre.

Az emberek eredő elnyelési felülete az emberek száma szorozva egy ember elnyelési felületével. Az órán elhangzott, hogy egy ember elnyelési felülete kb  $0,5 \text{ m}^2$ , de itt most oktávsvávonként rendelkezésre állt a pontosabb adat.

A befogadóképességet  $\text{m}^2/\text{fő}$ -ben fejeztük ki, ami megadja, hogy egy ember hány négyzetmétert foglal el. Sokan ezt „népesség”-jellegű adatként értelmezték: hány ember fér el egy négyzetméteren. A két mennyiség egymás reciproka. Ülések esetén a sortávolság tipikusan 80-90 cm, a székek pedig 50-60 cm szélesek, azaz egy ülő ember  $0,5 \times 0,8$ -tól  $0,6 \times 0,9$ -ig, azaz  $0,4 \text{ m}^2$  és  $0,54 \text{ m}^2$  közötti területet foglal el. Itt most álló emberek voltak,  $0,5$ - $0,6 \text{ m}^2/\text{fő}$  területtel. Nem kellett számolni közlekedőkkel, de senki nem is számolt vele. A teremben elférő emberek száma a befogadóképesség és az alapterület szorzata. Ez egyébként a mértékegységekből is következik.

A térfogatszámításnál sokan figyelembe vették azt is, hogy a függesztett álmennyezet miatt csökken a terem belmagassága. Ez jó ötlet.

Az utózengési időt századmásodpercre vagy tizedmásodpercre kerekítve szokás megadni. Ennél nagyobb pontosság felesleges.