



**Pannon Egyetem
Intézményi Tudományos Diákköri
Konferencia
2012**



Siófoki ifjúsági szálló zajkibocsátásának feltérképezése

Készítette: Sebestyén Viktor

Témavezetők: dr. Domokos Endre, Molnár Sándor

Mérnöki Kar, Környezetmérnöki intézet

Kivonat

A Munka során egy siófoki ifjúsági szálló (Hotel Viola) környezeti zajkibocsátásának vizsgálata és zaj hatásterületének meghatározása volt az elsődleges cél. A szakirodalmi részben ismertetésre kerülnek a zaj- és rezgésvédelemhez tartozó alapismeretek, annak emberi szervezetre gyakorolt káros hatásai és a hatályos jogszabályok.

A munka célja eldönteni azt, hogy a létesítmény kibocsátása határértéken belüli, vagy meghaladja azt, valamint több alternatívát is megvizsgálva és figyelembe véve a tulajdonosi speciális igényeket, javaslatot tesz a csökkentési lehetőségekre.

Az olvasó megismerheti a mérés teljes menetét és az eredményeket szolgáltató számítások háttérét, valamint az egyedi figyelembe vett tényezőket, amelyek befolyásolják a szálló környezeti zajkibocsátásának mértékét.

Az eredmények hitelességét a több időpontban megismételt mérések biztosítják, beleértve a háttérzaj felmérését, egy előszezonban és egy főszezonban végzett mérést. Utóbbi esetben a háttérzajtól eltekintve az egyéb hangforrások kizárhatóak, így a tényleges kibocsátásról kaphatunk információt.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom konzulensemnek dr. Domokos Endrének, aki koordinált és segített munkám elvégzésében és a felmerülő problémák megoldásában.

Köszönetet mondok Molnár Sándornak, aki lehetőséget biztosított a mérések elvégzéséhez és minden szükséges adatot rendelkezésemre bocsátott.

Tartalomjegyzék

Kivonat.....	1
Köszönetnyilvánítás.....	1
Tartalomjegyzék	2
1. Bevezető.....	4
2. A hang fizikai tulajdonságai	5
2.1. A hullám és paraméterei	5
2.2. A hang.....	6
2.3. A zaj	6
2.4. A Zaj jellemzésére szolgáló paraméterek	6
2.5. Hangosság.....	9
2.4. A zaj káros hatásai	11
3. Zajterjedés.....	11
3.1. Hang terjedése szabad hangtérben.....	12
3.2. Hang terjedése zárt térben	14
3.4. Egyrétegű falak hanggátlása.....	17
3.5. Összetett falak hanggátlása.....	17
4. jogszabályok	18
4.1. Helyi határértékek	20
5. Mérési helyszín bemutatása.....	22
5.1. Kijelölt mérési pontok	23
6. Felhasznált műszerek	25
6.1. Zajmérő műszer	25
6.2. Szélsebesség mérő műszer	27
6.3. Digitális barométer	27
7. Mérés.....	28
7.1. Mérést megelőző tevékenységek.....	28
7.2. A mérés folyamata	28
7.3. Mérési eredmények	29
8. Zajtérképek.....	32
9. Zaj hatásterület	34
10. Konklúziók	36
11. Zajcsökkentés lehetséges megoldásai.....	37

11.1. Aktív zajcsökkentés	37
11.2. Passzív zajcsökkentés	37
12. Összefoglalás	40
Irodalomjegyzék	41
Ábrajegyzék	43
Táblázatjegyzék	44
Egyenletjegyzék.....	45

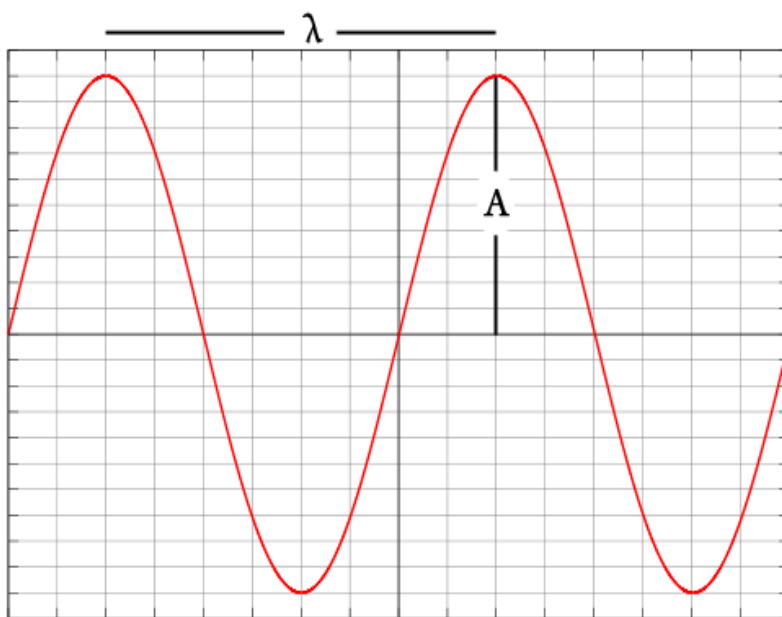
1. Bevezető

Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül a környezeti zajok kérdése. Az urbanizációs folyamatok következtében a népesség nagy része koncentrálódott a városokban, ahol is a zajjal kapcsolatos problémák számossága is maximumot mutat. Ez az oka annak, hogy noha a zaj és a hang egyidős az emberiséggel az ebből fakadó problémák száma időben korunkra éri el eddigi legnagyobb értékét. Az időben állandó hangok (zajok) mérése és meghatározása viszonylag egyszerű feladat, még egy szórakozóhely esetében is, ahol a kibocsátás időben változó, ugyanakkor jól körülhatárolható. Egy ifjúsági szálló esetében azonban több változó együttesen határozza meg a kialakult környezeti zaj mértékét, a zaj beltéri keletkezésén kívül figyelembe kell venni a kültéri tartózkodásból adódó zajt is. A probléma megoldásának érdekessége miatt választottam ezt a témát. A rendelkezésre álló lehetőségek maximális kihasználásával megpróbálom a kibocsátást tekintve a lehető legpontosabb képet bemutatni. A konkrét esetet Molnár Sándor külső konzulensem szolgáltatta, aki az ifjúsági szálló üzemeltetése következtében évek óta konfliktusban áll egy a környéken élő lakóval. Célom segítséget nyújtani neki abban, hogy egyértelműen, műszaki adatokkal alátámasztva láthassa a kialakult helyzetet és egy kidolgozott eljáráslistát kapjon arról, hogy milyen lehetőségei vannak a szálló által kiváltott környezeti zaj csökkentésére és terjedési útmódosítására. A kibocsátás jelentős és zavaró hányada éjszaka történik és az adott területre vonatkozó határértékeket valószínűleg meghaladja, ezért elsődleges célom olyan csökkentési alternatívákat bemutatni, amelyek úgy szorítják határérték alá az értékeket, hogy a szálló vizuális tulajdonságait nem, vagy a lehető legkisebb mértékben befolyásolják negatív irányban. Fontos kritérium, hogy a körülhatárolás ne akadályozza a ki- és belátás lehetőségét, ennek marketing szempontból fontos okai vannak. A zajforrás túlnyomó hányada épületen belül található, ennek kezelése az épületfizikai (szigetelés) jellemzők megváltoztatásával érhető el, míg a külső térben létrejövő kellemetlen hatásokat környezetbe illeszthető zajcsökkentő lehetőségek alkalmazásával kívánom megoldani.

2. A hang fizikai tulajdonságai

2.1. A hullám és paraméterei

Periodicitást mutató, időben és térben leírható rendszerben bekövetkező állapotváltozás, amely a közeg részecskéi rezgési energiájának továbbterjedésével jár. A részecskék nem mozdulnak el, csak az energiát adják át egymásnak. A periodikus hullámokat számos változóval jellemezhetjük, mint például a frekvenciával, hullámhosszal, amplitúdóval, periódusidővel. Ezeket az 1. ábra mutatja be (1. internetes forrás).



1. ábra: A hullám és tulajdonságai (1. internetes forrás)

Amplitúdó (A), (mértékegység: m): Hullámciklusonként értelmezett maximális kitérés, lehet állandó vagy változó. Hely és idő szerinti változásának alakját a hullám burkológörbéjének nevezzük.

Hullámhossz (λ), (mértékegység: m): A hullám két egymást követő jellegzetes azonos pontjának távolsága. Ezek lehetnek maximumok vagy minimumok.

Periódusidő (T), (mértékegység: s): A két jellegzetes pont azonos pontjának eléréséhez (hullám oszcilláció) szükséges idő. Amikor jellegzetes pont ismétlődése következik be, akkor új periódus kezdődik, feltéve, hogy a hullám időben azonos (csillapítatlan rezgés).

Frekvencia (f), (mértékegység: Hz): Időegység alatt bekövetkező rezgésszám, vagy periódus szám, ezért megegyezik a periódusidő reciprokéval. Definíció szerint egy hertz megfelel az egy másodperc alatt bekövetkezett rezgések számával.

2.2. A hang

Hallható hangnak nevezzük az emberi fül által hallás útján érzékelt ingereket, azaz olyan mechanikai rezgéseket és hullámokat, amelyek az emberi fül hallható hangok frekvenciatartományába esnek. Ez megközelítőleg a 16 Hz – 20 000 Hz frekvenciájú hangok esetében teljesül (Walz; 2008). Függ az érzékelő személy hallószervének állapotától és egyéb fiziológiai jellemzőitől, valamint külső környezeti tényezőktől egyaránt. A 16 Hz-nél alacsonyabb rezgésszámú hangokat infrahangoknak, míg a 20 kHz-et meghaladó hangokat ultrahangoknak nevezzük.

2.3. A zaj

A zaj egy olyan hangjelenség, amely az adott személy számára folyamatosan, vagy egy bizonyos időszakban nem kívánatos, zavaró hatású, kellemetlen, teljesítménycsökkentő hatású (Walz; 2008). Ebből következik, hogy megítélése szubjektív, tehát minden zaj hang, de nem minden hang zaj. Például egy anya számára gyermeke sírása informatív és nem zavaró, míg egy közelben alvó idegen pihenését zavarhatja. Amennyiben egy hang mértéke egészségkárosodást okozhat, úgy szubjektív megítélése ellenére zajként kezelendő. Zajról csak olyan esetekben beszélünk, ahol emberi (esetenként más élőlények általi) érzékelés történik.

2.4. A Zaj jellemzésére szolgáló paraméterek

A hangok tulajdonságainak leírása több paraméter alapján történhet. Ilyenek a hangnyomás, hangteljesítmény és a hangintenzitás. Ezeket a következőkben részletesen ismertetem.

Hangnyomás (P)

Egy hangforrás által keltett rezgési energia rugalmas közegben zavarást, azaz nyomásváltozást okoz. Az ingadozás hatására létrejövő nyomáskülönbség kiegyenlítődése által terjed a hang. A hang erőssége a létrejövő nyomásingadozástól, azaz a hangnyomástól függ. Ezt a nyugalmi légköri nyomástól való eltérést hangnyomásnak nevezzük. Formálisan felírva:

$$P = p' - p_0 [Pa; N/m^2]$$

1. egyenlet: Hangnyomás számítása

Hangteljesítmény (W)

A hangforrást körülhatároló zárt felületen egységnyi idő alatt átáramló energia.

Hangintenzitás (I)

A hang erősségét a hangintenzitás mértéke dönti el. Kifejezi, hogy egységnyi felületen egységnyi idő alatt mennyi energia áramlik át, ebből következik, hogy szoros összefüggésben áll a hangteljesítménnyel. Formálisan kifejezve:

$$I = \frac{P}{A} \quad P = I \cdot A$$

2. egyenlet: Hangintenzitás számítása

ahol:

A : a teljes felület, amelyen az energia keresztüláramlik.

A legkisebb érzékelhető hang intenzitása: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$, míg a legnagyobb még - ha csak impulzus jelleggel - meghallható hang $I_{\max} = 10^{12} \text{ W/m}^2$. Az érzékelhető minimum maximum között tehát tízbilliószoros különbség van. A hangérzékelés és az ingerek között az összefüggés exponenciális, azaz viszonylag nagy hangnyomás-növekedés aránylag kis hangérintet-változást okoz. Továbbá hallástani vizsgálatokkal kimutatták, hogy a hangerősség érzékelés és a hangintenzitás között lineáris kapcsolat van (Bedő; 2011). Ezek a fizikai tulajdonságok indokolták a hangosság logaritmikus skálán történő értelmezését, azaz a szintértékek bevezetését.

Szintértékek

A decibel (dB) általánosan két különböző mennyiség arányának a logaritmikus kifejezése. A teljesítmény és az intenzitás kifejezésére vezették be, de mára több származtatott szintérték is elterjedt a mérnöki gyakorlatban (2. internetes forrás).

Az először alkalmazott egység a bel (B) az elektronikában és telekommunikációban szolgált az egy mérföld hosszú szabványos telefonkábel okozta hangerősség-csökkenés meghatározásához. Eredetileg transmission unit (TU) néven vezették be, az 1920-as években nevezték át a kutatólaboratórium alapítójának (Alexander Graham Bell) tiszteletére a ma ismert bel-re. A mindennapi gyakorlatban előforduló nagy Bel értékek egyszerűbb kezelhetősége érdekében vezették be a decibel-t. 1 decibel = 0,1 bel. A következőkben a fent ismertetett paraméterek szintértékekben történő kifejezését ismertetem.

Hangnyomásszint

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \lg \frac{p}{p_0}$$

3. egyenlet: Hangnyomásszint számítása

ahol:

L_p : a hangnyomásszint [dB]

p : egy adott hangnyomás effektív értéke [Pa; N/m²]

p_0 : a hangnyomás vonatkoztatási értéke: $2 \cdot 10^{-5}$ [Pa]

Hangteljesítményszint

A hangteljesítményszint a hangforrásra jellemző mennyiség, emissziós paraméter.

$$L_W = 10 \lg \frac{P}{P_0}$$

4. egyenlet: Hangteljesítményszint számítása

ahol:

L_W : a hangteljesítményszint [dB]

P : a hangforrás teljesítménye [W]

P_0 : vonatkoztatási érték: 10^{-12} [W]

Hangintenzitásszint

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

5. egyenlet: Hangintenzitásszint számítása

ahol:

L_I : a hangintenzitásszint [dB]

I : a sugárzó hang intenzitása [W/m²]

I_0 : vonatkoztatási érték: 10^{-12} [W/m²]

A különböző források hangnyomás, hangteljesítmény vagy hangintenzitás értékei arányosak a teljesítménnyel, ezért közvetlenül összeadhatóak. A decibelben mért értékek logaritmikus jellemzők, ezért közvetlenül nem adhatóak össze (P. Nagy; 2004).

Összegzésük az alábbi képlet szerint végzendő:

$$L_{\Sigma(p,W,I)} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{p,W,I}}$$

6. egyenlet: Szintértékek összeadása

Zajosságot jellemző mennyiségek

Egy hang érzékelése során létrejövő hangérzet (Ψ) annak fizikai jellemzőitől függ, melynek összefüggése jelen ismereteink szerint pontosan nem írhatóak le. Általános alakban azonban az alábbi képlettel fejezhető ki (Kováts; 2004):

$$\Psi = f(\Phi_1, \Phi_2, \dots \Phi_i)$$

7. egyenlet: A hangérzet függvénye

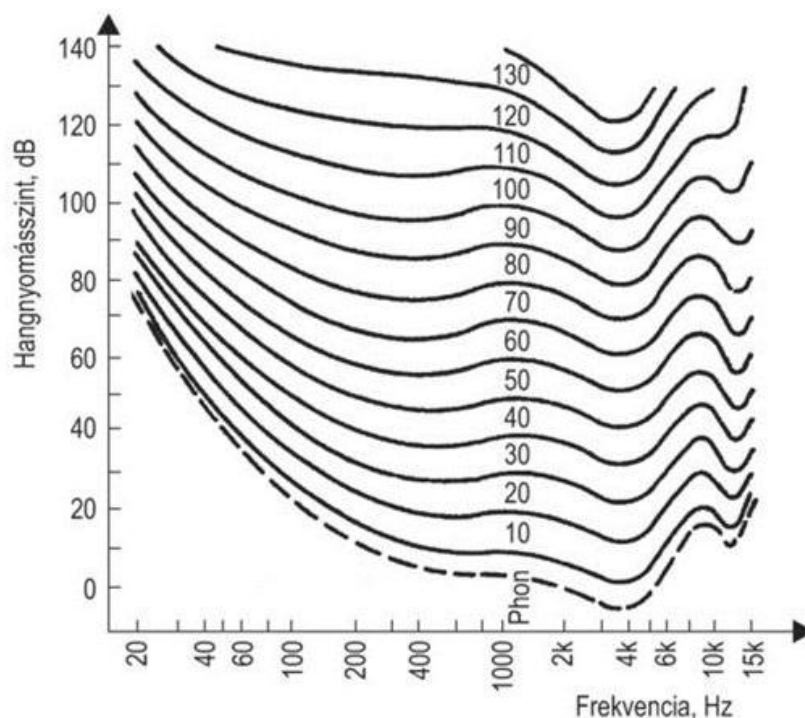
ahol:

Φ_i : valamely fizikai jellemző (intenzitás, frekvencia, színekép, stb.), amely befolyásolja a kialakuló hangérzetet.

Az egzakt kifejezőmód hiánya olyan szubjektív mérőszámok bevezetését indokolja, amelyek a fizikai jellemzőkből könnyedén származtathatók. Célszerű a hangesemény egyetlen adattal történő leírása, ezért alkották meg az egyadatos mérőszámokat (Kováts; 2004).

2.5. Hangosság

Egy hang-, vagy zajesemény hangosságának megítélésére vezessük be a hangosság szint fogalmát. 1 kHz frekvenciájú, szabad hangtérben egyenes vonalban, érzékelőnek szemből érkező tiszta hang, amely hangérzete megegyezik a vizsgált hangéval. Egy élettani mennyiség, melynek mértékegysége phon. Fletcher és Munson 1933-ban kísérleti úton bebizonyították, hogy a hangosság érzete függ a frekvenciától, valamint a Weber-Fechner törvény érvényességi tartománya csak az 1000 Hz és környezetére igaz. Az említett tartományon kívüli értékeket kísérleti úton határozták meg (Fletcher et. al; 1933). Az így kapott eredményeket az 2. ábra mutatja be.



2. ábra: Hangosság görbék (3. internetes forrás)

Egyenértékű A-hangnyomásszint

Az időben változó erősségű zajok (a zajok többsége ilyen) egyetlen adattal történő leírására szolgáló mérőszám. Jól jellemzi az emberre gyakorolt hatásokat, ezért általánosan elterjedt. Amennyiben időben állandó zajt vizsgálunk, úgy az A-hangnyomásszint az energetikai átlagot fejezi ki, míg időben változó zaj esetén egy megítélési időre határozzuk meg az energetikai átlagot, pontosabban kifejezzük egy az ezzel megegyező állandó zaj megítélési időn értelmezett energetikai átlagát., feltételezve, hogy a kettő hatása egyenlő. Esetünkben időben változó zajok vizsgálatával foglalkozunk, ezt integráló hangnyomásszint mérővel mérhetjük meg, amelyből az alábbi képlettel állítható elő az Egyenértékű A-hangnyomásszint (P. Nagy; 2004):

$$L_{AeqT_M} = 10 \lg \frac{1}{T_M} \int_0^T \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt$$

8. egyenlet: Egyenértékű A-hangnyomásszint meghatározása

ahol:

$p_A(t)$: az A-szűrővel súlyozott hangnyomásszint pillanatnyi értéke [Pa]

p_0 : a hangnyomás vonatkoztatási értéke: $2 \cdot 10^{-5}$ [Pa]

T_M : a megítélési idő [h, s]

Az egyenlet összegzi a zaj A-hangnyomásszintjének energetikai jellemzőit és annak a megítélési időre vett átlagát fejezi ki.

2.4. A zaj káros hatásai

A következőkben bemutatom a zaj egészségkárosító, tevékenység-, és nyugalomzavaró hatásának legfontosabb tényezőit, valamint a hatások egy lehetséges csoportosítási módját.

A zaj káros hatása függ a (P. Nagy; 2004):

- hangosságtól, hangerősségtől,
- az észlelés időtartamától,
- az észlelés gyakoriságától és annak időpontjától,
- a hang összetételétől (frekvenciaeloszlás),
- és a háttérzajtól (környezeti tényezők).

A legfontosabb emberi (fiziológiai) tényezői a következők:

- egészségi állapot,
- a zajnak történő kitettség közben végzett tevékenység (alvás, szellemi munka, szórakozás, tanulás, pihenés, stb.),
- a zajjal történő érintkezés jellege (általunk munkavégzés közben generált zaj, szomszédos lakóépületből átszűrődő tőlünk független zaj, stb.),
- a zajjal szemben mutatott érzékenység mértéke.

A zajhatásokat a zavarás típusát tekintve az alábbi módon csoportosíthatjuk (Klosterkötter; 1972):

- halláskárosodást előidéző zaj,
- beszédérthetőséget és kommunikációt zavaró,
- a vegetatív idegrendszer aktivitását befolyásoló (kognitív képességek csökkenése),
- teljesítménycsökkenést előidéző és feladatmegoldó képesség zavaró,
- kellemetlen.

3. Zajterjedés

A hangforrás egy rezgést végző elemi részecskék halmazaként értelmezhető. Ahhoz, hogy a hang terjedni tudjon terjesztő (közvetítő) közegre van szüksége, mivel a mechanikai energia átadása idézi elő a közeg részecskéinek tömegtehetetlensége következtében az energiahullám terjedését. A terjedési sebesség a közeg jellemzőitől függ. Névlegesen a rugalmassági és tehetetlenségi jellemzőktől, a rugalmassági modulustól és a sűrűségtől.

Ebből következik, hogy tömeggel nem rendelkező közeg (vákuum) alkalmatlan a hang továbbítására (Kováts; 2004). A mozgó részecske belső súrlódása nyomatókat gyakorol a szomszédos részecskére, míg annak rugalmassága ezt az erőt igyekszik leküzdeni. A hullámmozgás a terjedési irány és a rezgés irányának egymáshoz képesti irányultságától függően transzverzális és longitudinális lehet. Amennyiben a terjedés irányára merőleges, úgy transzverzális hullámról beszélünk, míg párhuzamos esetben longitudinális hullám esetén sűrűsödések és ritkulások alakulnak ki. Folyadékok és gázok esetében a nyírási rugalmasság zérus, ezért ilyen közegekben a hang csak longitudinális hullámok formájában terjedhet. A terjedési sebesség az alábbi összefüggéssel írható le:

$$c = f \cdot \lambda$$

9. egyenlet: A hang terjedési sebességének számítása

ahol:

c : a terjedési sebesség [m/s, km/h]

f : a frekvencia [1/s; 1/h]

λ : a hullámhossz [m, km]

A terjedési sebesség független a hangforrás tulajdonságától, kizárólag a közeg jellemzői (sűrűség, rugalmassági modulus) befolyásolják.

3.1. Hang terjedése szabad hangtérben

Szabad térben a hang közel gömb formájában terjed. Ugyan tökéletes gömbhullámot csak elméletileg lehet létrehozni, mivel a teljes felület azonos fázisban kell, hogy rezegjen. Mégis a terjedés leírására és a hangosság csökkenésének kifejezésére ez a leginkább alkalmas forma. A hangintenzitás a középponttól távolodva a távolság négyzetével arányosan csökken, mivel egyenletesen oszlik meg a teljes egyre növekvő felületen. Ezt a következő formulával fejezhetjük ki (P. Nagy; 2004):

$$I = \frac{P}{4 \cdot r^2 \cdot \pi}$$

10. egyenlet: A hangintenzitás csökkenése gömbhullám esetében

A kibocsátás jellegét tekintve megkülönböztetünk pont-, vonal-, és felületi forrásokat. Ezekből a vonalforrás itt nem kerül ismertetésre.

A hangterjedést további tényezők is befolyásolhatják, melyeket figyelembe kell venni. Ezek általános alakban történő összefoglalását a következő képlet mutatja be (Walz; 2004):

$$L_t = (L_w + K_\Omega + K_{ir}) - (K_d + \Sigma K)$$

11. egyenlet: Hangterjedésmódosító tényezők

ahol:

L_t : a hangforrástól adott távolságban lévő pont hangnyomásszintje [dB]

L_w : a hangforrás hangteljesítményszintje [dB]

K_Ω : az irányítási tényező [dB]

K_{ir} : az egyedi tulajdonságoktól függő irányítási index [dB]

K_d : a gömbsugárzó terjedési viszonyait figyelembe vevő tényező [dB]

ΣK : az összes egyéb hangnyomásszint csökkenést okozó hatás

Az egyéb terjedést befolyásoló tényezők az alábbiak lehetnek (Walz; 2004):

- a levegő csillapító hatása,
- a talaj csillapító hatása,
- a terjedési közeg meteorológiai viszonyai,
- a hang útjában lévő akadályok (beépítések).

Pontforrás

A fent említett gömbhullámok kialakulását kellő pontossággal közelíti a hangforrás, ha:

$$d < r < \lambda$$

$$r > 2\lambda$$

12. egyenlet: Hangforrás közelítési feltételek

ahol:

r : a mérési pont távolsága a hangforrástól [m]

d : a hangforrás legnagyobb mérete [m]

λ : a hang hullámhossza [m]

Akkor beszélhetünk csak gömbsugárzóról, ha a tér minden irányába egyenletes energia kisugárzás történik. A legtöbb hangforrás azonban ettől eltérő módon sugároz, ezért bevezetjük az irányítottság fogalmát (Walz; 2004). Ez alapján a hangintenzitás képlete az alábbiak szerint módosul:

$$I = \frac{D \cdot P}{4 \cdot r^2 \cdot \pi}$$

13. egyenlet: Hangintenzitás számítása irányítási tényezővel

ahol:

D : az irányítási tényező

Felírva szintmennyiségekre általánosan (Walz; 2004):

$$L_p(r_2) = L_p(r_1) - 20 \lg \frac{r_2}{r_1} \quad r_2 > r_1$$

14. egyenlet: Szintérték meghatározása

Behelyettesítéssel kiszámítható, hogy a megfigyelési távolság megkétszerezésével a hangnyomásszint 6 dB-el csökken.

Felületszerű hangforrás

Felületi források például az ipari létesítmények nagy felületei, ha a forrásnak egy négyzetnyi felületen lévő két lineáris mérete jelentős. Általában kör vagy derékszögű négyszög geometriájúak. Ilyenkor a felület közelében síkhullámot kibocsátó hangforrásról beszélhetünk, mivel a felület közelében a hangerősség nem, vagy csak kis mértékben csökken. Egy empirikus összefüggés szerint (P. Nagy; 2004) a geometriai kitétel feltétele:

$$r < 0,4 \sqrt{S}$$

15. egyenlet: Geometriai kritérium

ahol:

r : az észlelési, vagy mérési pont távolsága a felülettől [m]

S : a sugárzó felület nagysága [m²]

Amennyiben nem teljesül a feltétel, úgy a felülettől távolodva a hangerősség csökkenés először a vonalszerű hangforrások törvényszerűségeit követi. Viszonylag távol a hangforrástól pedig pontforrásnak tekinthetjük.

3.2. Hang terjedése zárt térben

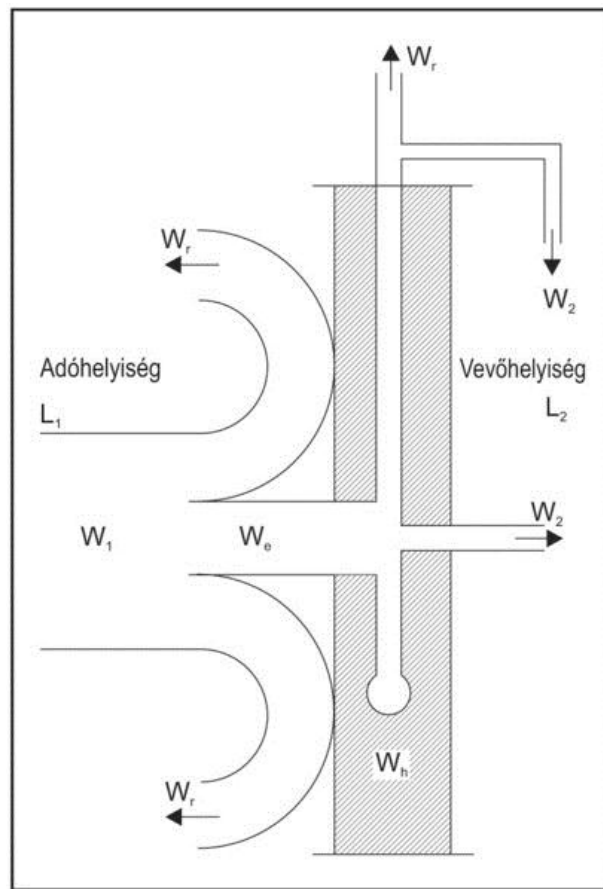
Ismertettem, hogy szabad térben a hang terjedését leginkább a távolság és a forrás hangteljesítménye határozza meg. Zárt terekben ez a mechanizmus lényegesen összetettebb és bonyolultabb.

A zajforrások környezetre gyakorolt hatását jelentősen módosítják az ezeket körülvevő, lezáró szerkezetek. Ilyen esetekben több tényező együttes figyelembevétele szükséges. Ezekből bemutatom a legfontosabbakat.

Visszaverődés és elnyelés

Egy a hang útjába kerülő objektum (a továbbiakban fal) hanggal történő találkozása során a hang egy része visszaverődik, részben elnyelődik és a fennmaradó része pedig a fal másik oldalán kilépve távozik (3. ábra).

Ezen energiák megoszlása a hullám és a fal tulajdonságaitól függ. Kifejezhetjük százalékban vagy törtben is. Ezek tükrében definiálhatjuk a veszteségi-, visszaverődési-, és átvezetési tényezőt. Utóbbi logaritmikus reciproka a hanggátlás.



3. ábra: A hang adó és vevőtér közötti megoszlása

Az ábrán szereplő jelölések a következők:

- W_1 : a falra beeső teljesítmény
- W_r : a reflektált (visszavert) teljesítmény
- W_e : a falban elnyelt teljesítmény
- W_h : a hővé alakult (disszipált) teljesítmény
- W_2 : a falon áthaladó teljesítmény
- L_1 : az átlagos hangnyomásszint az adóhelyiségben
- L_2 : az átlagos hangnyomásszint a vevőhelyiségben

Az energia megmaradás törvényét alapul véve egyenlet formájában felírhatóak az egyes alkotók (Barótfi; 2000):

$$W_{beeső} = W_{reflektált} + W_{átmenő} + W_{veszteség}$$

16. egyenlet: Energiamérleg

A beeső és visszavert hangintenzitás arányaként bevezethetjük a visszaverődési fokot. Formálisan (Barótfi; 2000):

$$\rho = \frac{W_{visszavert}}{W_{beeső}}$$

17. egyenlet: Visszaverődési fok

A disszipáció által felemésztett energiamennyiség és a beeső energia mennyiségének arányaként pedig a veszteségi tényezőt (Barótfi; 2000):

$$\delta = \frac{W_{veszteség}}{W_{beeső}}$$

18. egyenlet: Veszteségi tényező

Az átmenő és a beeső hangintenzitás viszonya az átvezetési fok pedig (Barótfi; 2000):

$$\tau = \frac{W_{átmenő}}{W_{beeső}}$$

19. egyenlet: Átvezetési fok

Az energia megmaradás törvénye értelmében ezek összege egyenlő kell, hogy legyen eggyel.

$$\rho + \delta + \tau = 1$$

20. egyenlet: Energiamérleg II.

Falak (és más objektumok) esetében, de általában is amikor a hang közeget vált megváltozhatnak a tulajdonságai. Mivel az áthatolás az energiájának egy részét felemésztí, így a hang a falból kilépve megváltozott (alacsonyabb) intenzitással halad tovább. A fal elérése előtti és utáni intenzitások arányát transzmissziós tényezőnek nevezzük.

$$\tau = \frac{I_1}{I_2}$$

21. egyenlet: Transzmissziós tényező

Az összefüggés tovább alakításával megkapjuk a hanggátlást, amely formálisan (Barótfi; 2000):

$$R = 10 \lg \frac{I_1}{I_2} = 10 \lg \frac{1}{\tau}$$

22. egyenlet: Hanggátlás számítása

3.4. Egyrétegű falak hanggátlása

Homogén, tulajdonságaiban mindenhol azonos falakat egyrétegű falaknak nevezünk. Amennyiben a hanghullámok a fal felületére merőlegesen esnek be, úgy a hanggátlás a fal egységnyi felületre eső tömegétől (sűrűségétől) és a hang frekvenciájától függ. Egyenlet formájában felírva (Barótfi; 2000):

$$R = 20 \lg \frac{\pi \cdot f \cdot M}{\rho_0 \cdot c}$$

23. egyenlet: Egyrétegű fal hanggátlása

ahol:

f : a frekvencia [Hz]

M : a egységnyi felületre jutó tömeg [kg/m^2]

c : a hang terjedési sebessége [m/s]

ρ_0 : a levegő sűrűsége ($\rho_0 = 1,2$) [kg/m^3]

Amennyiben az egységnyi felületre jutó tömeg a kétszeresére nő, úgy a hanggátlás 6 dB-el emelkedik.

A Berger-törvény tapasztalati formulája szerint (P. Nagy; 2004):

$$R = 18 \lg M + 12 \lg f - 25$$

24. egyenlet: Berger-törvény

A jelölések megegyeznek az előző formulánál használtakéval.

Míg Nilsson elméleti úton kimutatta és mérésekkel alátámasztotta, hogy a gerjesztett kényszerhajlítás hullámok energiájának nagy része visszaverődik a szerkezetbe és kisugárzódik a vevőtérbe, ezért a hanggátlás értéke elmarad az elméleti tömegtörvényben leírtaktól (P. Nagy; 2004):

$$R = 20 \lg f \cdot M - 49$$

25. egyenlet: Hanggátlás tömegtörvénye

3.5. Összetett falak hanggátlása

Az inhomogén, helyenként eltérő tulajdonságú falakat összetett falaknak nevezzük. Ez különböző hanggátlású elemekből épül fel, így hanggátlása is árnyaltabb mint az egyrétegű fal esetében. Felírhatjuk ennek eredő átvezetési tényezőjét (Barótfi; 2000):

$$\tau_e = \frac{S_1 \tau_1 + S_2 \tau_2}{S_1 + S_2}$$

26. egyenlet: Összetett fal hanggátlása

ahol:

τ_1 : az első számú falelem átvezetési tényezője

τ_2 : a második számú falelem átvezetési tényezője

S_1 : az első számú falelem felülete

S_2 : a második számú falelem felülete

Az eredő hanggátlás (Barótfi; 2000):

$$R_e = R_1 10 \lg \left[1 + \frac{S_2}{S_1 + S_2} (10^{-0,1(R_1 - R_2)} - 1) \right], R_1 > R_2$$

27. egyenlet: Az eredő hanggátlás számítása

R_1 : az első számú falelem hanggátlása

R_2 : a második számú falelem hanggátlása

S_1 : az első számú falelem felülete

S_2 : a második számú falelem felülete

4. jogszabályok

A környezetvédelem kiemelt területei közé tartozik a zajkibocsátások visszaszorítása, így kidolgozásra került ennek jogi szabályozása és definiálták a vonatkozó határértékeket. A zajvédelem általános előírásait a 12/1983. (V.12.) MT, zaj-, és rezgésvédelemről szóló rendelete tartalmazza. A továbbiakban felsorolom a zajjal kapcsolatos hatályos jogszabályokat.

- 280/2004. (X.20.) Korm. rendelet
A környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről.
- 284/2007. (X.29.) Korm. rendelet
A környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól.
- 25/2004. (XII.20.) KvVM rendelet
A stratégiai zajtérképek, valamint az intézkedési tervek készítésének részletes szabályairól.
- 93/2007. (XII.18.) KvVM rendelet
A zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj-, és rezgés-kibocsátás ellenőrzésének módjáról.
- 27/2008. (XII.3.) KvVM-EüM együttes rendelet
A környezeti zaj-, és rezgésterhelési határértékek megállapításáról.

- 1995. évi LIII. törvény

A környezet védelmének általános szabályairól.

Fontosabb szabványok:

- MSZ 11131:1977 – A zajvizsgálati módszerek általános előírásai.
- MSZ ISO 1996-1:2009 – Akusztika. A környezeti zaj leírása és mérése 1. rész.
- MSZ ISO 1996-2:2009 – Akusztika. A környezeti zaj leírása és mérése 2. rész.
- MSZ 15036:2002 – Hangterjedés a szabadban.
- MSZ 18150-1:1998 – A környezeti zaj vizsgálata és értékelése.
- MSZE 184:2004 – Zajkibocsátás és zajterhelés vizsgálata.
- MSZ EN ISO 3744:1998 – Akusztika. Zajforrások hangteljesítményszintjének meghatározása hangnyomás felhasználásával. Műszaki módszer alapvetően szabad térben, visszaverő sík felett.
- MSZ 18151-1:1982 – Immissziós zajhatárértékek. Lakó-, és középületek helyiségeiben megengedett egyenértékű A-hangnyomásszintek.
- MSZ 13-121-2:1991 – Zajárnyékoló létesítmények. Helyszíni akusztikai vizsgálat.
- MSZ EN 61252:1995/A1:2002 – Elektroakusztika. A személyi hangnyomás-mérők előírásai.

1. táblázat: Üzemi és szabadidős létesítményektől származó zajterhelési határértékek a zajtól védendő területen

Sorszám	Zajtól védendő terület	Határérték (L_{TH}) az L_{AM} megítélési szintre (dB)	
		nappal 06-22 óra	éjjel 22-06 óra
1.	Üdülőterület, különleges területek közül az egészségügyi területek	45	35
2.	Lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias, telepszerű beépítésű), különleges területek közül az oktatási létesítmények területem a temetők, a zöldterület	50	40
3.	Lakóterület (nagyvárosias beépítésű), a vegyes terület	55	45
4.	Gazdasági terület	60	50

2. táblázat: Zajterhelési határértékek az épületek zajtól védendő helyiségeiben

Sorszám	Zajtól védendő terület	Határérték (L_{TH}) az L_{AM} megítélési szintre (dB)	
		nappal 06-22 óra	éjjel 22-06 óra
1.	Kórtermek és betegszobák	35	30
2.	Tantermek, előadótermek oktatási intézményekben, foglalkoztató termek, hálókahelyiségek bölcsődékben és óvodákban	40	-
3.	Lakószobák lakóépületben	40	30
4.	Lakószobák szállodákban és szálló jellegű épületekben	45	35
5.	Étkezőkonyha, étkezőhelyiség lakóépületben	45	-
6.	Szállodák, szálló jellegű épületek, közösségi lakóépületek közös helyiségei	50	-
7.	Éttermek, eszpresszók	55	-
8.	Nagy-, és kiskereskedelmi épületek előadóterei, vendéglátó helyiségei, a váróterem	60	-

4.1. Helyi határértékek

Siófok Város Önkormányzata helyi rendeletben szabályozza a zajkibocsátásokra vonatkozó határértékeket a terület jellegétől függően. Zajvédelmi övezeteket definiál, azt, hogy mely terület milyen besorolás alá tartozik, az 3. táblázat mutatja be. (4. internetes forrás: „Siófok Város Önkormányzata 23/2009.(VI.30.) sz. rendelettel módosított 17/2008 (V.30.) Sz. rendelete a helyi zaj- és rezgésvédelmi szabályok megállapításáról”)

3. táblázat: Zajvédelmi övezetek ismertetése

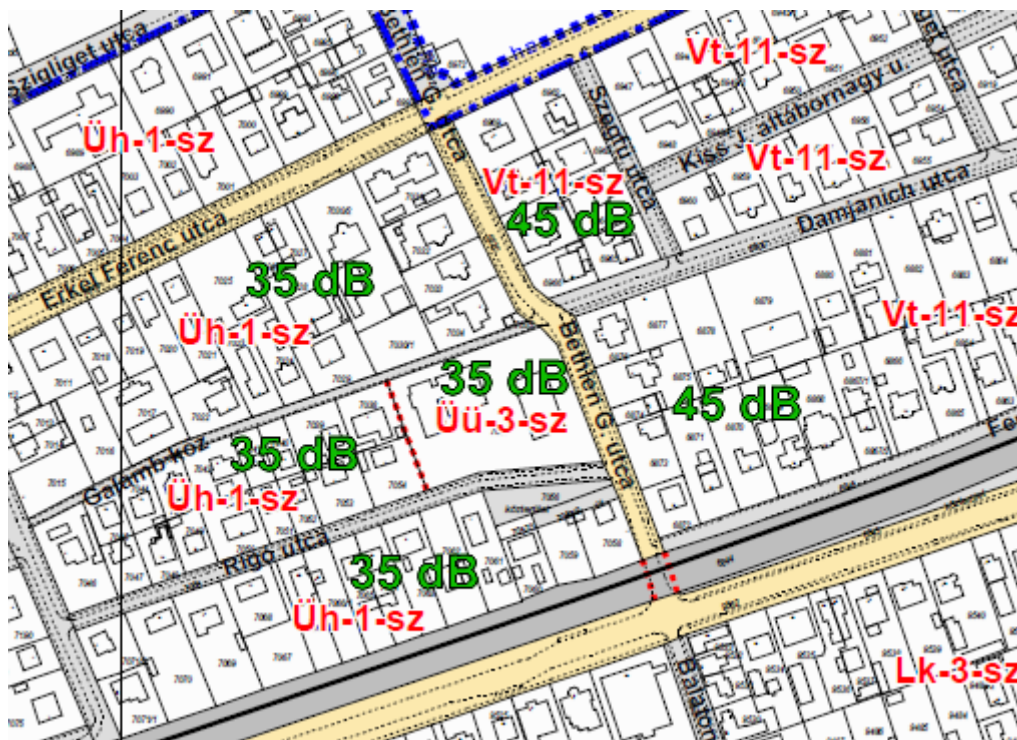
Zajvédelmi övezetek			
I.	II.	III.	IV.
Üdülőterület, különleges területek közül az egészségügyi területek	Lakóterület (kisvárosias, kertvárosias, falusias telepszerű beépítésű beépítésű), különleges területek közül az oktatási létesítmények területe és temetők, zöldterület; valamint a Kikötő és hajóállomás területe.	Lakóterület (nagyvárosias) és településközponti vegyes terület.	Gazdasági terület és Siófok-Kiliti Reptér

A zajvédelmi övezetekre megállapított határértékeket az 4. táblázat foglalja össze (4. internetes forrás).

4. táblázat: Zajvédelmi övezetek határértékei

Sorszám	Zajvédelmi övezet	A megengedett egyenértékű A-hangnyomás-szint alapértékei [dB]	
		Nappali időszak	Éjjeli időszak
		6,00-22,00 óráig	22,00-6,00 óráig
1.	I.	45	35
2.	II.	50	40
3.	III.	55	45
4.	IV.	60	51

Az alább térképen (4. ábra) bemutatom, milyen övezetek találhatók a vizsgált területen, és hogy hol mennyi a megengedett határérték. Az ábra magyarázata az 5. táblázatban olvasható.



4. ábra: A vizsgált terület határértékeinek bemutatása

Az így megállapított határértékeket használjuk fel a vizsgálatkor. A magyarázó táblázat feltöltését Siófok Város Településfejlesztési tervéből készítettem (5. internetes forrás)

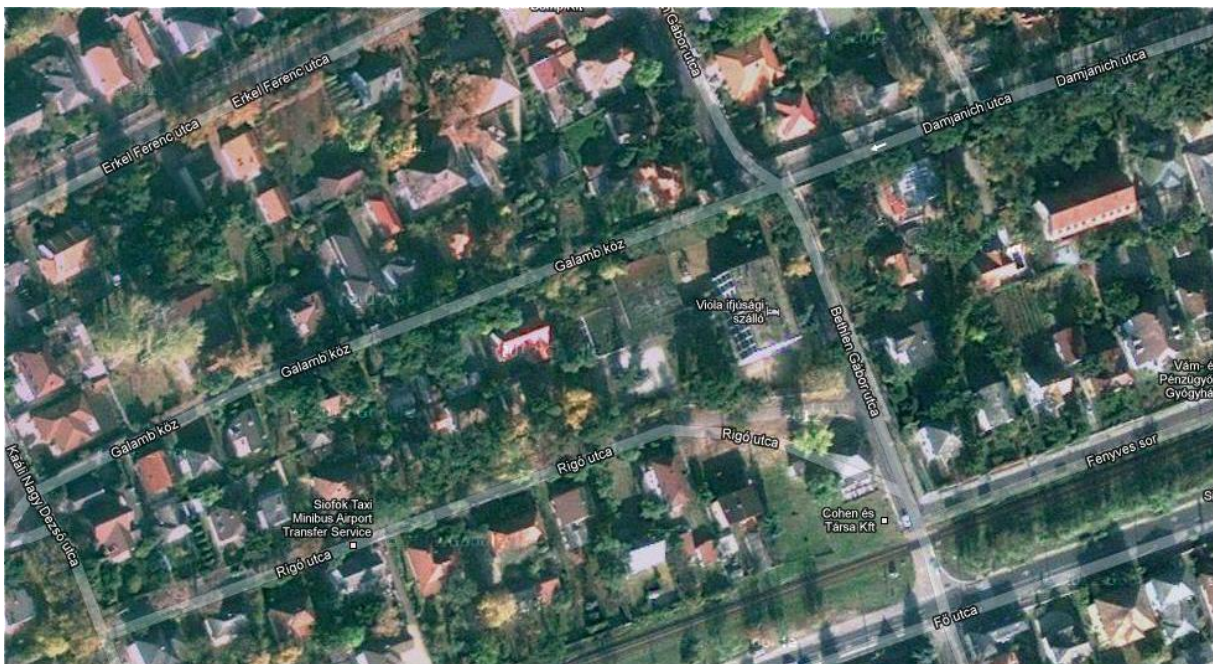
5. táblázat: A vizsgált terület övezetei

Övezet jele	Övezet megnevezése	Zajvédelmi övezet
Lk-...	Kisvárosias lakóterület övezetei	II.
Vt-...	Településközpont vegyes terület övezetei	III.
Üü-...	Üdülőházas üdülőterület övezetei	I.
Üh-...	Hétvégi házas üdülőterület övezetei	I.

5. Mérési helyszín bemutatása

A mérés közvetlen környezetében lévő területet az 5. ábra mutatja be. A szálló Siófok Város üdülőövezetében helyezkedik el. A beépítés jellegét tekintve kisvárosias. A terület síknak tekinthető, az egyes magasságkülönbségek elhanyagolhatóak. A környező épületek kora és szigeteltségi állapota viszonylag változatos az átlagos határain belül.

A szállón kívül a Galamb köz és Bethlen Gábor utca találkozásánál egy kávézó is található, amely 02:00-ig tart nyitva hétfőnként. Kialakítását tekintve kültéri, ezért a vendégek által keltett zaj teljes egésze hozzájárul a terület zajterheléséhez. A Rigó utca és a Bethlen Gábor utca kereszteződésénél pedig egy étterem található, amely alkalmanként 22 óra után is nyitva tart, ezért opcionálisan számba kell venni az innen származó kibocsátást is. Az itt található lakóépületek egy része bérelhető, életvitelszerűen lakatlan. Néhány közeleső épületben azonban folyamatos jelleggel tartózkodnak emberek, akiket a zajterhelés zavarhat.



5. ábra: A vizsgált objektum és környéke (6. internetes forrás)

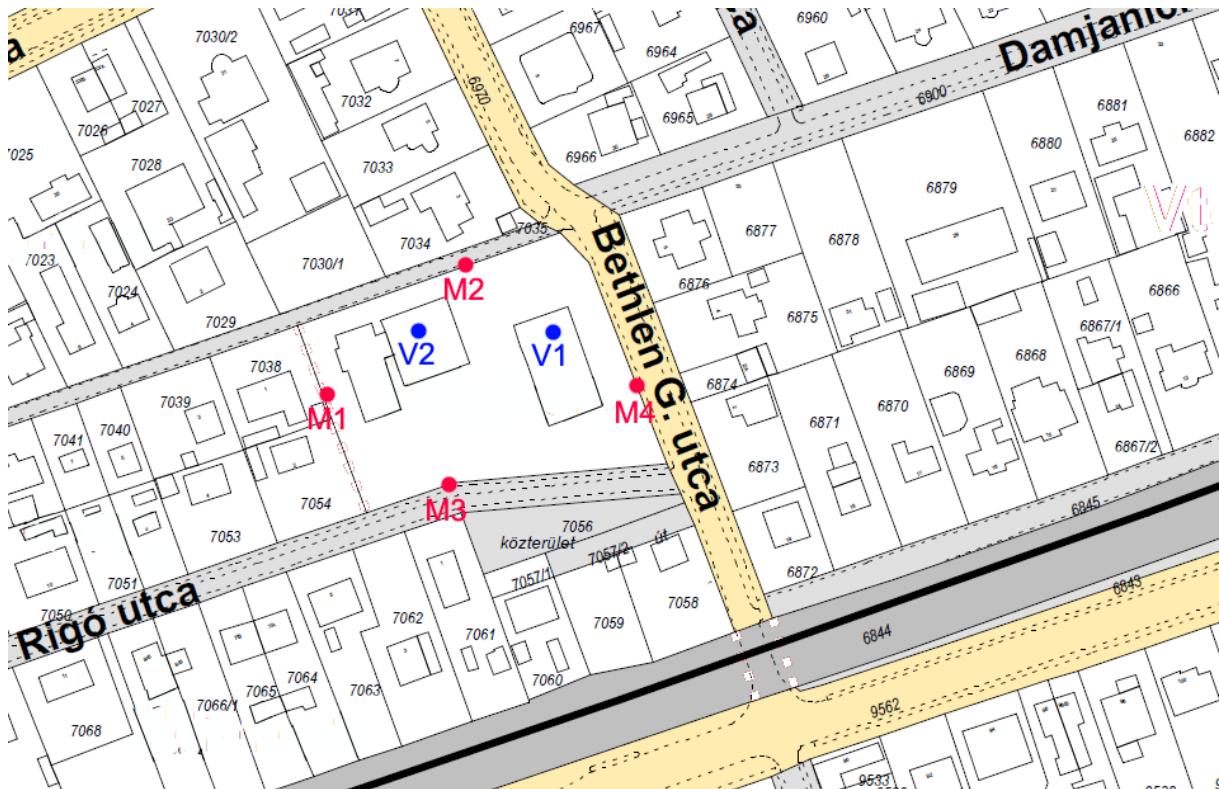
5.1. Kijelölt mérési pontok

Mivel az általam vizsgált létesítmény funkcióját tekintve eltér a zenés műsort szolgáltató vendéglátó ipari egységektől (disco, klub, stb.), ezért a zajkibocsátás forrásának azonosítása összetettebb feladat. A V1-es jelöléssel ellátott épület négyszintes. A földszinten a recepció, egy társalgó, kiszolgáló helyiségek és lakószobák találhatóak. A felsőbb szinteken csak lakószobák és szervizhelyiségek találhatóak. A zajkibocsátás fő része a társalgóban szolgáltatott zenéből és az ott tartózkodók társalgásából, szórakozásából adódik. A mérési adatokból látszik, hogy a terhelés is itt a legmagasabb értékű. A V2-es jelöléssel ellátott épület fele étkező, ahol az esti órákban nem folyik semmilyen tevékenység, a másik fele pedig társalgó, ahol ugyancsak a szolgáltatott zene és az ott tartózkodók képzik a zajforrást. Volumenét tekintve elmarad a V1-es forrástól, viszont mindenképp vizsgálatba vonandó.

Az időpillanattól függő vizsgálatot tovább bonyolítja, hogy az épületen belüli dohányzást megtiltotta a „1999. évi XLII. törvény a nemdohányzók védelméről és a dohánytermékek fogyasztásának, forgalmazásának egyes szabályairól” törvény. Ezért e tevékenység kültéren folytatása befolyásolja a zajkibocsátást. Ennek egzakt módon történő mérése meglehetősen bonyolult feladat, mert az idő függvényében erősen változó jellegű. Az általam vizsgált területről elmondható, hogy az ebből származó zajkeltés területileg a V2-es pont alá korlátozódik, a kijelölt dohányzóhelyek ugyanis itt találhatóak. A mérési pontok kijelölése ezek ismeretében történt, figyelembe véve a 27/2008. (XII.3.) KvVM-EüM együttes rendelet előírásait. A mérési pontok leírását az 6. táblázatban foglaltam össze, térképi ábrázolásuk pedig a 6. ábrán látható.

6. táblázat: A mérési pontok

Mérési pont jele	Helye	Magassága [m]	Jellege	L _{KH} [dB]
M1	Az ifjúsági szálló nyugati telekhatára	1,5	Közelben családi ház	35
M2	A Galamb közben az északi telekhatár	1,5	Közelben családi ház	35
M3	A Rigó utcában a déli telekhatár	1,5	A közelben beépítetlen terület, azon túl családi ház	35
M4	A Bethlen Gábor utcában a keleti telekhatár	1,5	Az út túloldalán családi ház	45
V1	A szálló főépületének földszintje (elsődleges forrás)	1,5	Épületen belüli mérés	-
V2	A szálló különálló társalgója és étkezője (másodlagos forrás)	1,5	Épületen belüli mérés	-

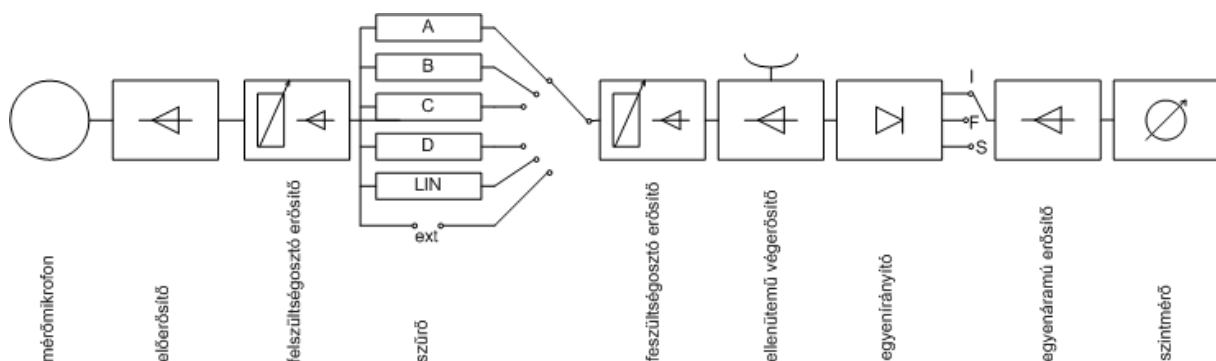


6. ábra: A mérési pontok bemutatása

6. Felhasznált műszerek

6.1. Zajmérő műszer

A zajmérő műszerek általános felépítését a 7. ábra mutatja be (Kováts; 2004). A mérőműszer megválasztása az adott feladattól függ. Nem minden esetben szükséges a memóriával ellátott, több szűrős zajmérő alkalmazása. Ezt a mérést végző személy feladata kiválasztani.



7. ábra: A zajmérő műszer elvi felépítése

A műszer minőségétől függően érzékeny mikrofonra érkezik meg első lépésként a jel. Ezután a jelet felerősítjük az előerősítő segítségével. A már felerősített jel keresztülhalad a feszültségosztó erősítőn és eléri a súlyozó áramköröket. Ennél a lépésnél beiktatható külső szűrő is, terc-, vagy oktávszűrő formájában.

A szűrőn áthaladva a jel a második feszültségelosztó erősítőhöz, majd az ellenütemű végerősítőhöz ér. Ez után áthalad egy egyenirányító egységen, ahol az effektív értékkel arányos jel áll elő. Többféle időállandóval üzemeltethetjük a műszert, a jelkövetés sebességét illetőleg beszélhetünk:

- lassú jelkövetési sebességről (Slow; S): 1000 [ms]
- gyors jelkövetési sebességről (Fast; F): 125 [ms]
- impulzusszerű jelkövetési sebességről (Impulse; I): 35 [ms]

A zaj időbeli lefolyásától függ, hogy milyen beállításokat alkalmazunk. Értelmszerűen gyorsan változó zajok esetén gyors jelkövetést, lassan változó esetben lassút alkalmazunk. Az utolsó egység a szintmérő, amelyről közvetlenül leolvasható, vagy memóriába tárolható a mért szintérték.



8. ábra: Brüel & Kjaer 2250 zajmérő

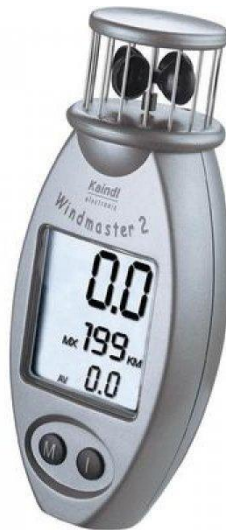
Az általam használt digitális, belső memóriával rendelkező akkreditált, a 8. ábrán látható Brüel & Kjaer 2250 típusú műszer kondenzátor mikrofonnal van ellátva. A lehetséges szűrési módok közül én a jogi szabályozásban is használt emberi hallásra kiélezett A-hangnyomásszint szűrőt használtam. A műszer tulajdonságai (7. internetes forrás):

- Digitális, könnyű leolvashatóság és adat visszakeresés
- Nagy méretű és felbontású érintőképernyő
- Li-ion akkumulátor
- 3 Hz – 20 kHz érzékelési frekvenciatartomány
- 120 dB dinamikatartomány

- USB interfész, PC-s kommunikáció
- Bővíthető memória (Compact flash)
- Idősoros szélessávú spektrumadatok későbbi analízishez
- Oktávós és 1/3 oktávásos frekvenciaanalízis
- Személyre szabható kijelző
- Személyre szabható mérési beállítások

6.2. Szélsebesség mérő műszer

Minden mérőponton a mérés ideje alatt egy alkalommal megfelelő hosszúságú időintervallumon mértem a szélsebességet is. Ez okvetlenül szükséges volt, mivel 5 m/s-os szélsebesség felett nem lehet mérést végezni. A szélsebesség meghatározásához egy Windmaster 2 típusú kanalas anemométert használtam, melyet a 9. ábra mutat be. Működési elvéből adódik, hogy szélirány meghatározására alkalmas. Az ehhez szükséges adatok szélzászlóval mérhetőek, vagy a helyi meteorológiai adatbázisokból nyerhetőek. A műszer egy A/D converter segítségével alakítja át a kinetikus energiából származó jelet, ezért a pontos érték közvetlenül leolvasható a kijelzőről m/s dimenzióban.



9. ábra: Windmaster 2 (8. internetes forrás)

6.3. Digitális barométer

A további mérendő komponensek meghatározására Greisinger GFTB 100 típusú barométert használtam, melyet a 10. ábra mutat be. Az általam vizsgált alkotók a hőmérséklet, páratartalom és légnyomás voltak. Minden mérési ponton megfelelő hosszúságú időintervallumon keresztül vizsgáltam ezeket a paramétereket. A légnyomás értékét hPa-ban, a páratartalmat g/m³-ben és a hőmérsékletet °C-ban regisztráltam.



10. ábra: Greisinger GFTB 100 (9. internetes forrás)

7. Mérés

7.1. Mérést megelőző tevékenységek

A mérés elvégzése előtt a terület térképe segítségével és saját helyismeretem alapján kijelöltem az előzetes mérési pontokat a hatályos jogszabályok figyelembevételével. A végleges kijelölés közvetlenül a mérés megkezdése előtt történt a terület adottságainak és a megvalósítás optimalizálásának függvényében. A legkomplikáltabb feladat a mérési időpont megválasztása volt, mivel figyelembe kellett venni, hogy a szálló vendégeit a legkevésbé zavaró módon hajtsam végre. A helyszínen összeszereltem és kalibráltam a mérőműszert és elkészítettem a kitöltendő jegyzőkönyveket.

7.2. A mérés folyamata

Minden meghatározott pontban három mérést végeztem, melyek időtartama 10 perc hosszú volt. A műszerállványt úgy állítottam be, hogy a mikrofon középpontjának (vízszintes) tengelye a térszín felett 1,5 m magasságban helyezkedjen el. Kettő alkalommal végeztem méréseket. Először az alapzaj került meghatározásra 2012. április. 27-én, amikor a szállóban még nem tartózkodtak vendégek. Ezek után 2012. július. 25-én előszezonban és 2012. augusztus. 25-én főszezonban mértem a szintértékeket, rögzítve a meteorológiai paramétereket is.

A kettő adatsor megfelelően tükrözi a szálló zajkibocsátását. A pontonként átlagolt mérési eredményeket a 7. és 8. táblázatok mutatják be. Az összes adatot tartalmazó táblázatok a mellékletekben kerültek elhelyezésre.

A megítélési idő alatt a zaj állandó jellegű volt, külső befolyásoló tényezőt nem regisztráltam. Mivel minden pontban három darab 10 perces mérést végeztem, ezért előállítottam ezek átlagos értékeit az alábbi képlet segítségével (Barótfi; 2000):

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{1}{\sum t_i} \sum (t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_i}) \right)$$

28. egyenlet: Egyenértékű A-hangnyomásszint a megítélési időre

ahol:

t_i : az i-edik mérés részidőtartama [dB]

L_i : az i-edik mérés hangnyomásszintje [dB]

7.3. Mérési eredmények

Az így átlagolt értékekből előállítottam a ΔL_A paramétert a terheléses szintértékek és az alapzaj különbségeként. Pontonként megtalálhatóak az 7. és 8. táblázatokban.

7. táblázat: 2012. július. 25-ei mérési eredmények

Mérési pont	L_{Aeq} [dB] terhelés	L_{Aeq} [dB] alapzaj	ΔL_A [dB]
M1	46,0	48,9	-2,9
M2	56,7	51,2	5,4
M3	49,2	49,4	-0,2
M4	54,8	49,8	5,0
V1	83,7	46,1	37,6
V2	77,9	45,9	32,0

8. táblázat: 2012. augusztus 25-ei mérési eredmények

Mérési pont	L_{Aeq} [dB] terhelés	L_{Aeq} [dB] alapzaj	ΔL_A [dB]
M1	47,9	48,9	-1,0
M2	56,9	51,2	5,6
M3	48,7	49,4	-0,7
M4	54,0	49,8	4,2
V1	92,0	46,1	45,9
V2	81,9	45,9	36,0

A következő lépésként előállítottam a ΔL_A paramétert. Az alapzaj és a terhelés különbségeként. Az értékek az 7. és 8. táblázatok harmadik oszlopában találhatóak. Formálisan:

$$\Delta L_A = L_{Aeq \text{ terh.}} - L_{Aeq \text{ alap}}$$

29. egyenlet: Különbségparaméter előállítása

Ez után az alábbi képlettel meghatároztam az alapzaj miatt alkalmazandó korrekciós értékeket, melyeket a 9. és a 10. táblázatokban tüntettem fel (Barótfi; 2000):

$$K_a = 10 \lg(1 - 10^{-0,1 \cdot \Delta L_{Ai}})$$

30. egyenlet: Korrekciós tényező meghatározása

ahol:

K_a : a korrekciós tag

ΔL_{Ai} : a terheléses zaj és alapzaj különbsége

9. táblázat: A júliusi mérés korrekciós értékei

Mérési pont	K_a érték
M1	Nem értelmezhető
M2	-1,5
M3	Nem értelmezhető
M4	-1,6
V1	0
V2	0

10. táblázat: Az augusztusi mérés korrekciós értékei

Mérési pont	K _a érték
M1	Nem értelmezhető
M2	-1,4
M3	Nem értelmezhető
M4	-2,0
V1	0
V2	0

A vizsgálat korrigált eredményét a korrekciós tag és a terheléses mérés értékeinek összegéből kapjuk meg. Ezeket az 11. és 12. táblázat mutatja be.

11. táblázat: A júliusi mérés végeredményei

Mérési pont	L _{Aeq} [dB] terhelés
M1	46,0
M2	55,2
M3	49,2
M4	53,2
V1	83,7
V2	77,9

12. táblázat: Az augusztusi mérés végeredményei

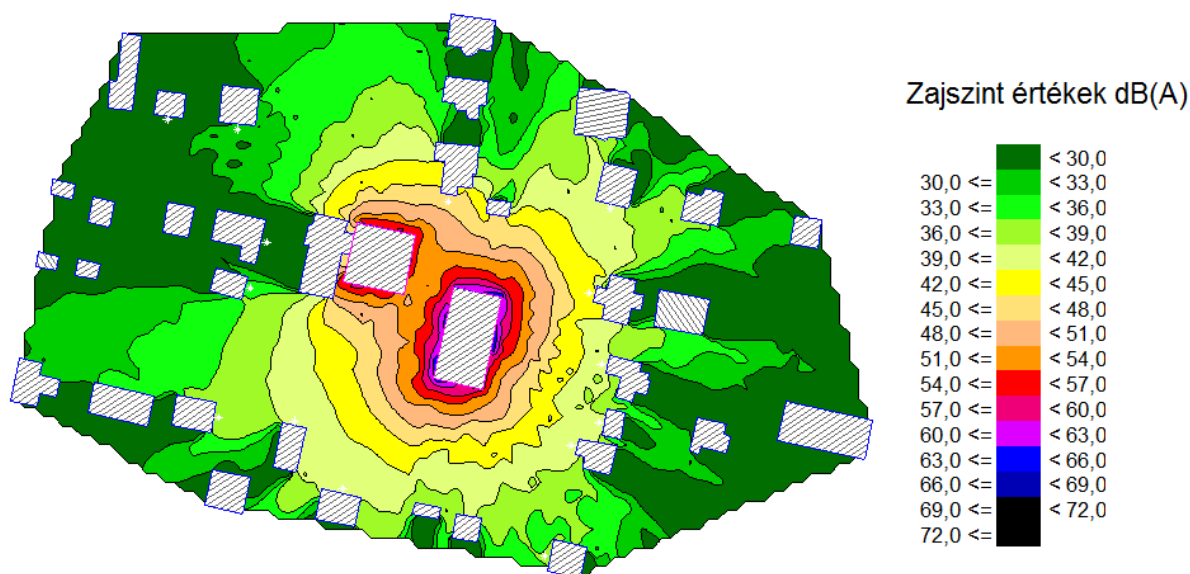
Mérési pont	L _{Aeq} [dB] terhelés
M1	47,9
M2	55,5
M3	48,7
M4	51,9
V1	92,0
V2	81,9

A terület határán mért immissziós értékek mellett kettő épületen belüli zajmérést is végeztem.

A jellemző zajkibocsátás innen származik. Egyes esetekben magasabb volt az alapzaj, mint a terheléssel, általam érzékelhető impulzus-, vagy hosszabb lefolyású magas zajemisszió nem történt. A legvalószínűbb ok a meteorológiai viszonyok terjedésmódosító hatásában keresendő. A méréseket hétvégenként végeztem, mivel a szállóban tartózkodó vendégek száma ilyenkor mutat maximumot, ezáltal valószínűleg a zajkibocsátás is ekkor a legmagasabb. Minden egyes mérést addig ismételttem, hogy a teljes megítélési idő alatt ne legyen forgalom a terület környezetében.

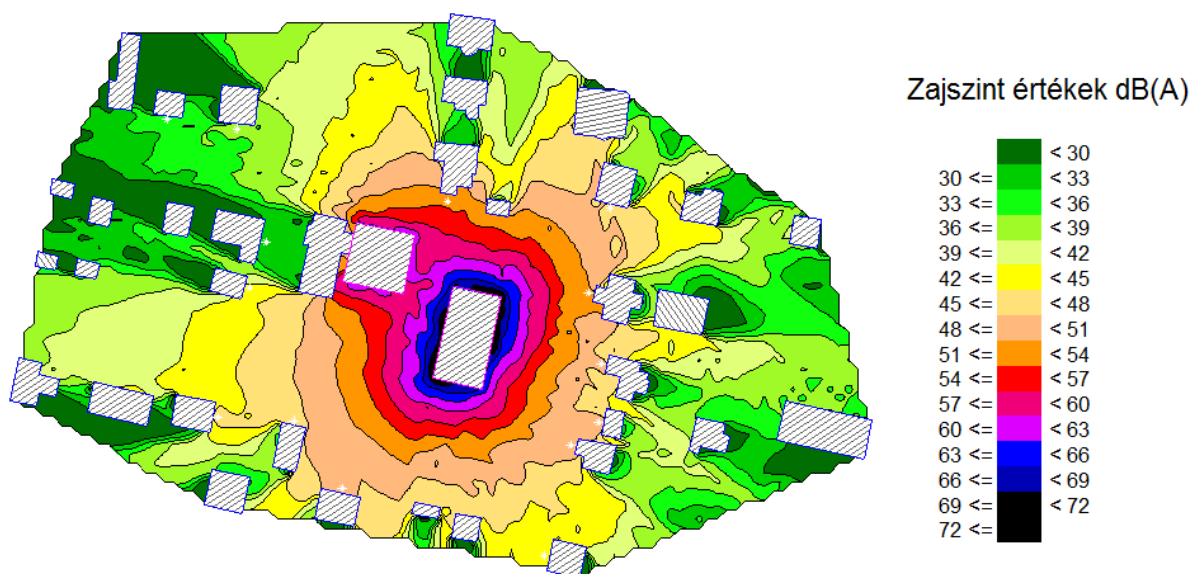
8. Zajtérképek

A mérési eredményekből SoundPLAN 7.0 szoftver segítségével zajtérképeket szerkesztettem, amelyen a vizsgált terület minden pontjában leolvashatóak a szintértékek. A szoftver magyar nyelvű, grafikus kezelőfelülettel rendelkezik. Széles körben alkalmazható számítások, rajzolások, statisztikák és modellek készítésére. A térképek alapját a Google térképek segítségével (6. internetes forrás) készítettem. A terület geometriai felvételezését az első terheléssel mérés alkalmával készítettem. A környező épületek magasságának meghatározása mérnöki becslés alapján történt. Egyidejűleg három kollégámmal külön-külön felírtuk a magasságértékeket, majd minden közösen az adatainkból megbeszéltük minden épület magasságát. Az emissziós forrásokat (amelyek körül a térképeken koncentrálnak a magas szintértékek) ipari épületként vettem fel és a homlokzatukon vonalforrásokat jelöltem ki. Az épület homogén felépítése miatt nem volt szükség a nyílászárók, mint felületi források felrakására. Az kijelzett értéktartományokat 30 és 72 dB között osztottam 3 dB-es intervallumokra. A térképeket mindkét mérési adatsorra elkészítettem, ezek bemutatásra kerülnek a következőkben (11-12. ábra).



11. ábra: A 2012.július. 25-ei mérés zajtérképe

A 11. ábrán látható júliusi mérés eredményeként elmondható, hogy a „Siófok Város Önkormányzata 23/2009.(VI.30.) sz. rendelettel módosított 17/2008 (V.30.) Sz. rendelete a helyi zaj- és rezgésvédelmi szabályok megállapításáról” című rendeletben meghatározott határértékek betartása csak részben teljesül. A Bethlen Gábor utca túloldalán lévő lakóépületek homlokzatánál ~42 dB a zajterhelés. A jogszabály értelmében – mivel vegyes területről van szó – a vonatkozó határérték éjjel 45 dB, melytől az ifjúsági szálló kibocsátása elmarad. Hozzáteendő, hogy a júliusi mérés alkalmával már üzemelt a Galamb köz és Bethlen Gábor utca sarkán lévő kültéri pub, amely a mért értékeket növelte. Az emissziós forrásból készített térkép minden pontja megfelelő pontossággal megközelíti az általam mért immissziós értékeket, így megállapítható, hogy a modell megfelelő (ezáltal sikeresen validáltuk). A Galamb közben és a Rigó utcában lévő épületekre 35 dB-t kell teljesíteni, ez esetünkben a közelben lévő épületekre nem teljesül, 7 dB-el meghaladják ezt az értéket. Ennek csökkentési lehetőségeire a 11. fejezetben fogok kitérni.



12. ábra: A 2012. augusztus. 25-ei mérés zajtérképe

A 12. ábrán látható augusztusi mérés eredménye magasabb értékeket szolgáltatott, mint az előző. Ennek oka, hogy a mérést főszezonban, azon belül is a legforgalmasabb hétvégén végeztem, amikor a legtöbb ember tartózkodik a területen és a szállóban egyaránt. Az ábráról jól leolvasható, hogy a Bethlen Gábor utca túloldalán fekvő lakóingatlanok esetében 3-6 dB-el meghaladja a vonatkozó határértéket. Leginkább ebben az esetben is a Galamb közben lévő ingatlanok terheltek, ez esetben 19 dB-el határérték felett. A Rigó utcai lakóépületeknél pedig 10-16 dB-ig terjednek a túllépések. A mérési körülményeknél ki kell emelni, hogy kiugró és külön figyelembeveendő külső zajeseményt nem regisztráltam, viszont az alapszaj értékei valószínűleg magasabbak, mint az általam felhasznált értékek. A racionális csökkentési lehetőségeket a 11. fejezetben ismertetem.

9. Zaj hatásterület

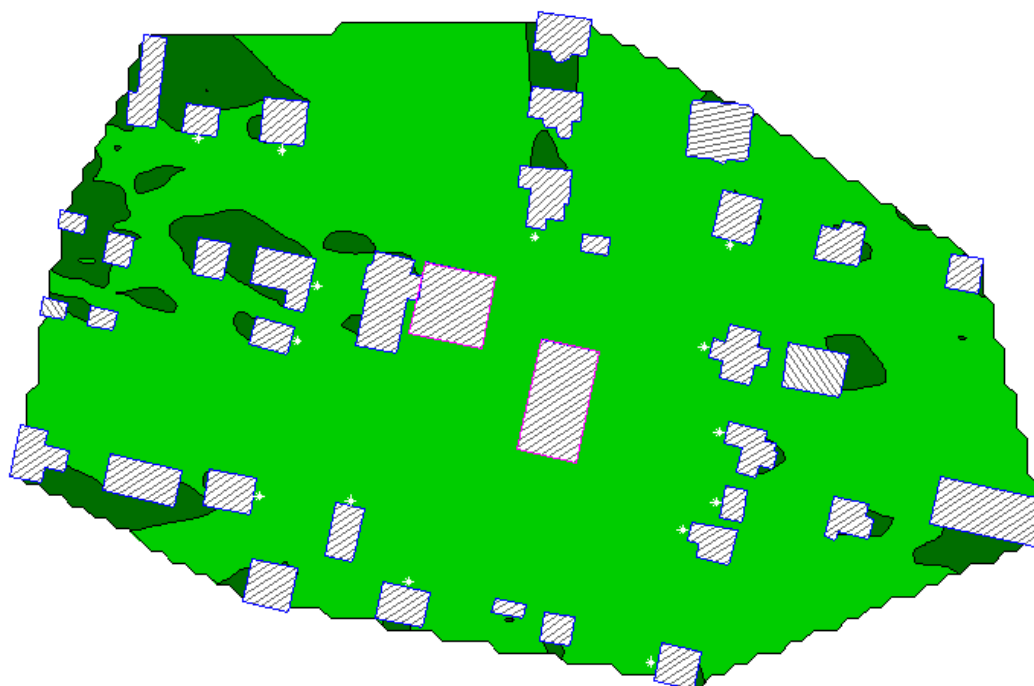
A zaj hatásterület meghatározásának módjáról a 284/2007. (X.29.) Korm. rendelet rendelkezik. A 6. § 1. bekezdésének b része szerint:

„A létesítmény zajvédelmi szempontú hatásterületének (a környezeti zajforrás hatásterületének) határa az a vonal, ahol a zajforrástól származó zajterhelés egyenlő a háttérterheléssel, ha a háttérterhelés kisebb a zajterhelési határértéknél, de ez az eltérés nem nagyobb, mint 10 dB. Esetünkben a határértékek irányonként különbözőek.

A Bethlen Gábor utca felé 45 dB, míg a másik három irányba 35 dB. Mindkét értékkel számolva elkészítettem a hatásterületet és vettem a közös fedvényüket. A két mérésre elkészített hatásterületet a 13. és 14. ábra mutatja be.



13. ábra: A júliusi mérés zaj hatásterülete



14. ábra: Az augusztusi mérés zaj hatásterülete

10. Konklúziók

A Viola Ifjúsági Szálló április végétől szeptember végéig fogadja a kikapcsolódni vágyó fiatalokat. Siófokon az előszezonban lévő látogatottság alkalmával a szálló kibocsátása határérték alatt, néhány esetben kis értékkel felette történik. Ezen időszak nem indokolja sem aktív, sem pedig passzív zajcsökkentés implementálását. Főszezonban azonban a vizsgált terület lakóingatlanjainak túlnyomó részénél határérték feletti terhelés alakul ki, ezért ezekre csökkentési intézkedéseket kell hozni. A kialakuló terhelési szint nagyban függ a szállóban tartózkodók létszámától és tevékenységük jellegétől. Az augusztusi mérés alkalmával többen tartózkodtak kültéren, ezért a benti zenei műsorszolgáltatás hangereje magasabb volt. Hozzáteendő, hogy a meteorológiai paraméterek és körülmények is jelentősen befolyásolhatják a hang/zaj terjedését (Németh; 2011), így a mérési körülmények között ezeket okvetlenül regisztrálni és a számítások során figyelembe venni szükséges.

11. Zajcsökkentés lehetséges megoldásai

A zajcsökkentési intézkedések aktív, vagy passzív eljárások lehetnek. A következőkben mindkét típusra bemutatok néhány gazdasági és esztétikai szempontból is elfogadható megoldást. Általános környezetvédelmi alapelv, hogy a környezeti zajok csökkentésének leghatásosabb módja a zajforrás hangteljesítményszintjének csökkentése, így ha csak lehet ezt a megoldást kell választani.

11.1. Aktív zajcsökkentés

Aktív zajcsökkentésről a zajforrás tulajdonságainak modifikációjánál beszélünk. Ilyenkor úgy próbáljuk meg megváltoztatni a kibocsátó működését, hogy zajvédelmi szempontból kedvező eredményt érjünk el. Természetesen figyelembe kell venni a zajforrás jellegét. Esetünkben két különálló forrás található a vizsgált területen, ahol a szolgáltatott zenei műsor és az ott tartózkodó személyes együttesen határozzák meg a kibocsátás mértékét. A szálló vendégeinek szórakozási szokásaira kis befolyásoló hatásunk van, ezért ezt a megoldástípust a zenei műsor hangerejének csökkentésében kell keresnünk. A határértékek tekintetében a legfontosabb kérdés, hogy mennyivel? Ennek meghatározása egy mérési sorozat készítésével készíthető el, amikor jelöljük minden egyes – azonos körülmények között mért – szintértékhez tartozó beállítást a hangerősség szabályzón. Ezáltal meghatározható az optimális hangosság és a túllépési pont, amelyek ismeretében a kibocsátás általunk egzaktul befolyásolható részét le tudjuk szabályozni.

11.2. Passzív zajcsökkentés

Minden olyan esetben, amikor a forrásra nincs befolyásoló hatásunk és a hang terjedését módosítjuk, vagy a védendő objektumban lévő emberek zajexpozícióját csökkentjük passzív zajcsökkentésről beszélünk. Általánosságban elmondható, hogy ezek költsége meghaladja az aktív módszerekét. A következőkben néhány szóba jöhető megoldást fogok ismertetni.

Üzemeltetési paraméterek befolyásolása

A zaj jelentős része akkor jut ki az épületből, ha a nyílászárók nyitott állapotban vannak. Esetünkben a szálló csak nyaranta üzemel, akkor amikor a környezeti hőmérséklet még éjszaka is gyakran nagyon magas. Épületen belül, zárt nyílászárók esetén a hőmérséklet viszonylag gyorsan emelkedik, ezért gyakori szellőztetés szükséges.

Nyilván ilyen esetekben érvényesek a bekezdés elejében leírtak, ezért a természetes szellőztetést – kizárólag zajvédelmi szempontból – légtechnikai berendezésre (klíma) lehetne cserélni, megszüntetve ezzel a jelentős időszakos zajszintemelkedéseket. Amennyiben ez a megoldás nem elégséges, úgy megfontolandó a nyílászárók magasabb hanggátlással rendelkező típusra cserélése, ez viszont esetünkben gazdasági okokból indokolatlan.

Hangelnyelő szerkezetek alkalmazása

A hangelnyelő szerkezeteket hatékony frekvenciatartomány szerint az alábbi csoportokba sorolhatjuk (P. Nagy; 2004):

- Mélyelnyelő szerkezet, amely kis frekvenciájú hangokat nyel el (0-250 Hz)
- Középelnyelő szerkezet, amely közepes frekvenciájú hangokat nyel el (250-500 Hz)
- Magaselnyelő szerkezet, amely nagy frekvenciájú hangokat nyel el (500-1000 Hz)

Azt, hogy milyen mértékben nyelik el a hangot az anyagi tulajdonságaik szabják meg leginkább, mint a porozitás, vastagság, szerkezet. Kialakításukat tekintve a lazább szerkezetű, szivacszerű anyagok hangelnyelése jobb, mint a merev, kemény anyagoké. A szigetelni kívánt objektum falaira helyezendőek el. Ez a típusú megoldás egyre elterjedtebb a szórakozóhelyek körében. A szigetelő burkolatok/szerkezetek túlnyomórészt nagyon költségesek és a Viola Ifjúsági Szálló esetében nagy mennyiségben lennének szükségesek, ezért a hangelnyelő vakolatot javaslom, ez viszonylag költséghatékony és a következő tervezett festés alkalmával felhelyezhető.

Hanggátló fal létesítése

Mivel egy ifjúsági szálló zajkibocsátását szeretnénk csökkenteni, ezért marketing szempontból nem elfogadható a terület teljes körülhatárolása. Cél ugyanis, hogy az ott tartózkodó emberek kilássanak a területről, mivel komfortérzetüket ennek hiánya jelentősen lerontja. Ahogy az a 12. ábrán látható, a Galamb köz felé főszezonban jelentős zajterhelés tapasztalható. A Galamb köz közlekedési útja egy sávós, ~3 méter széles és az út túloldalán lévő házak homlokzata az ingatlan elejénél helyezkedik el. Ebbe az irányba a kilátás vizuális élményt nem nyújt, mivel alapesetben is „zsúfolt” az utca látképe. A fent leírtakból adódik, hogy ide helyezhetünk hanggátló/zajvédő falat. A zajvédő falak általában 2,5-4 m magas elnyelő vagy visszaverő anyagból készült mesterséges falak. Anyagukat tekintve lehetnek:

- fa
- beton

- fém
- műanyag
- tégl
- kombinált

Ezek közül a műanyagokat emelném ki, ugyanis ezek esetében megoldható, hogy a fal a zajcsökkentő hatása kifejtése mellett ne csökkentse az átláthatóságot. Erre a célra átlátszó műanyagot kell használni. A fal megléte nélkül a zajszint és a fal megépítése után ugyan abban a pontban kialakult zajszint különbségét beiktatási veszteségnek nevezzük. Ez az érték minél nagyobb, a szerkezet annál jobb hatásfokkal csökkenti a terhelést. A beiktatási veszteség függ (P. Nagy; 2004):

- a távolságtól,
- a magasságtól,
- a hosszúságtól,
- a szerkezet típusától,
- a védendő objektumhoz és forráshoz viszonyított helyzettől,
- a meteorológiai tényezőktől,
- és a zajszínképtől.

A növényzet zajcsökkentő hatása

A növények felületén (ágak, levelek, törzs ... stb.) a hang egy része visszaverődik vagy elnyelődik a többi pedig keresztülhalad. A levelek között található légréteg tovább emeli ezt a hatást. A zajcsökkentés mértéke a növényzet sűrűségétől, a növényesáv szélességétől, a zaj frekvenciájától és az évszaktól függ (Schád et. al; 2001). Az erről készített mérési eredmények nagyon eltérőek, ezért itt nem kerülnek ismertetésre. Általánosságban elmondható, hogy háromszintű növényzetet kell telepíteni. Legyen gyepszint, cserjeszint és lombkoronaszint is. Az ifjúsági szálló zaja a térszín közelében keletkezik, ezért a terjedésgátlást is az alsó 5 méterben kell elvégezni. Növényzettel jelentős zajcsökkentés nem érhető el, ezt olyan helyekre javaslom, ahol néhány decibeles szintértékcsökkenést szeretnénk elérni. Esetünkben a Rigó utca irányába a telekhatárhoz. A növényzet ugyan csökkenti az átláthatóságot, ám látképe pozitív komfortérzetet eredményez és telepítési költsége is alacsonyabb a fent ismertetett módszerekénél.

12. Összefoglalás

A Viola Ifjúsági Szálló zajkibocsátásának vizsgálata meglehetősen összetett, komplex feladat. Az alapszaj figyelembevételével, két alkalommal végeztem méréseket a zaj szintértékek meghatározására. Eredményül azt kaptam, hogy a szálló a főszezonon kívül határértékhez közeli kibocsátást generál, viszont főszezonban ez az érték jelentősen meghaladhatja az teljesítendő határértékeket. A méréseimet a műszaki szabványok előírásai szerint végeztem. Számításaimnál a hatályos jogszabályokat és a helyi önkormányzati rendeleteket figyelembe vettem. A kapott értékekből zajterjedési modellt készítettem, melynek segítségével jól vizualizálható a szálló okozta zajemisszió. A modellt a méréseim alapján sikeresen validáltam. Az kézenfekvő esetleges csökkentési módokat felsoroltam és a konkrét feladathoz illesztettem. Elmondható, hogy a Viola Ifjúsági Szálló elkötelezett a környezetvédelem iránt és figyelemmel kíséri az általa okozott negatív környezeti hatásokat, keresve azok optimális csökkentési lehetőségeit.

Irodalomjegyzék

Barótfi István (2002): Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó, p. 981, Budapest

Bedő Anett (2010): Zaj-, rezgés-, sugárvédelem kurzus előadásanyag, k.n. Széchenyi István Egyetem, Győr

Fletcher, H.; Munson, W.A. (1933): Loudness, its definition, measurement and calculation. Journal Acoust. Soc. Amer. p. 5. h.n.

Klosterkötter, W. (1972): Kriterien zur Aufstellung von Immissions-Richtwerten für Geräusche, Kämpf dem Lärm p. 19, h.n.

Kováts Attila (2004): Zaj- és rezgésvédelem, Veszprémi Egyetemi Kiadó, p. 202, Veszprém

Németh József (2011): A meteorológiai tényezők hatása a zaj terjedésére, Pécsi Tudományegyetem Pollák Mihály Műszaki Kar, szakdolgozat

P. Nagy József (2004): Akusztika – A hangszigetelés elmélete és gyakorlata, Akadémiai Kiadó, p. 305, Budapest

Walz Géza (2008): Zaj- és rezgésvédelem, Complex Kiadó Jogi és Üzleti Tartalomszolgáltató Kft., p. 242, Budapest

Internetes hivatkozások

- (1) - <http://hu.wikipedia.org/wiki/Hull%C3%A1m> (2012. szeptember)
- (2) - <http://hu.wikipedia.org/wiki/Decibel> (2012. szeptember)
- (3) - <http://hu.wikipedia.org/wiki/Hangoss%C3%A1g> (2012. szeptember)
- (4) - <http://siofok.hu/files/zajvedelmiszabalyok%20201205.pdf> (2012. október)
- (5) - http://siofok.hu/assets/files/SIOFOK_SZAT_2010.12.17.pdf (2012. október)
- (6) - https://maps.google.hu/maps?hl=hu&q=si%C3%B3fok+bethlen+g%C3%A1bor+utca+1&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_cp.r_qf.&bpcl=37189454&biw=819&bih=429&um=1&ie=UTF-8&sa=N&tab=wl (2012. április)
- (7) - http://www.bksv.com/~media/New_Products/Sound%20level%20meters/Type%202250/2250_600x600.ashx?mh=600&mw=600&bc=white (2012. október)
- (8) - http://www.klimatop.pl/files/ajm-100464_1.jpg (2012. október)
- (9) - http://www.electronic.hu/kepek/Szerszamok/Merestechika/Greisinger_GFTB_100_digitalis_barometer_ho-es_paratartalom_mero.jpg (2012. október)

Ábrajegyzék

1. ábra: A hullám és tulajdonságai (1. internetes forrás)	5
2. ábra: Hangosság görbék (3. internetes forrás)	10
3. ábra: A hang adó és vevőtér közötti megoszlása	15
4. ábra: A vizsgált terület határértékeinek bemutatása	22
5. ábra: A vizsgált objektum és környéke (6. internetes forrás)	23
6. ábra: A mérési pontok bemutatása	25
7. ábra: A zajmérő műszer elvi felépítése	25
8. ábra: Brüel & Kjaer 2250 zajmérő	26
9. ábra: Windmaster 2 (8. internetes forrás)	27
10. ábra: Greisinger GFTB 100 (9. internetes forrás)	28
11. ábra: A 2012.július. 25-ei mérés zajtérképe	33
12. ábra: A 2012. augusztus. 25-ei mérés zajtérképe	34
13. ábra: A júliusi mérés zaj hatásterülete	35
14. ábra: Az augusztusi mérés zaj hatásterülete	36

Táblázatjegyzék

1. táblázat: Üzemi és szabadidős létesítményektől származó zajterhelési határértékek a zajtól védendő területen.....	19
2. táblázat: Zajterhelési határértékek az épületek zajtól védendő helyiségeiben	20
3. táblázat: Zajvédelmi övezetek ismertetése	21
4. táblázat: Zajvédelmi övezetek határértékei	21
5. táblázat: A vizsgált terület övezetei	22
6. táblázat: A mérési pontok	24
7. táblázat: 2012. július. 25-ei mérési eredmények	29
8. táblázat: 2012. augusztus 25-ei mérési eredmények.....	30
9. táblázat: A júliusi mérés korrekciós értékei	30
10. táblázat: Az augusztusi mérés korrekciós értékei	31
11. táblázat: A júliusi mérés végeredményei	31
12. táblázat: Az augusztusi mérés végeredményei	31

Egyenletjegyzék

1. egyenlet: Hangnyomás számítása	6
2. egyenlet: Hangintenzitás számítása	7
3. egyenlet: Hangnyomásszint számítása	8
4. egyenlet: Hangteljesítményszint számítása	8
5. egyenlet: Hangintenzitásszint számítása	8
6. egyenlet: Szintértékek összeadása	9
7. egyenlet: A hangérzet függvénye	9
8. egyenlet: Egyenértékű A-hangnyomásszint meghatározása	10
9. egyenlet: A hang terjedési sebességének számítás	12
10. egyenlet: A hangintenzitás csökkenése gömbhullám esetében	12
11. egyenlet: Hangterjedésmódosító tényezők	12
12. egyenlet: Hangforrás közelítési feltételek	13
13. egyenlet: Hangintenzitás számítása irányítási tényezővel	13
14. egyenlet: Szintérték meghatározása	14
15. egyenlet: Geometriai kritérium	14
16. egyenlet: Energiamérleg	15
17. egyenlet: Visszaverődési fok	16
18. egyenlet: Veszteségi tényező	16
19. egyenlet: Átvezetési fok	16
20. egyenlet: Energiamérleg II	16
21. egyenlet: Transzmissziós tényező	16
22. egyenlet: Hanggátlás számítása	16
23. egyenlet: Egyrétegű fal hanggátlása	17
24. egyenlet: Berger-törvény	17
25. egyenlet: Hanggátlás tömegtörvénye	17
26. egyenlet: Összetett fal hanggátlása	17
27. egyenlet: Az eredő hanggátlás számítása	18
28. egyenlet: Egyenértékű A-hangnyomásszint a megítélési időre	29
29. egyenlet: Különbségparaméter előállítása	30
30. egyenlet: Korrekciós tényező meghatározása	30

Mellékletek

1. számú melléklet: Alapzaj mérési adatok

Viola Ifjúsági Szálló Zajtérképezés (alapzaj 2012.04.27.)									
Pont Megnevezése	Mérés száma	L _{Aeq}	L _{AImax.}	L _{AFmin.}	L _{AF95}	Szélesség	Hőmérséklet	Páratartalom	Légnyomás
M1	1	48,4	75,3	37,3	40,6	0,9	16,1	63	1
	2	49	81,5	38,7	41,7				
	3	49,2	77	37,4	41,4				
M3	1	51,6	73,7	38,4	41,4	1,3	15,9	54	1
	2	51,3	72,7	38,2	40,1				
	3	50,8	74,4	36,8	39,8				
M4	1	48,5	67,2	35,8	39	0	16,2	65,3	1
	2	46,8	67,8	35,8	38,4				
	3	51,5	73,8	36	40,2				
M2	1	51	77,9	37,8	40,8	0	17,3	49,8	1
	2	49,6	77,3	38,2	40,5				
	3	48,3	80	37,8	41,2				
V1	1	46,6	69,4	42,6	43,4	0	18,2	55	1
	2	45,4	62,5	34,6	36,8				
	3	46,2	64,3	37,8	39,4				
V2	1	45,1	63	31	37,6	0	19,8	49,1	1
	2	46,5	70,2	30,8	33,8				
	3	46	69,4	31	34,4				

2. számú melléklet: Terheléses mérési adatok 1.

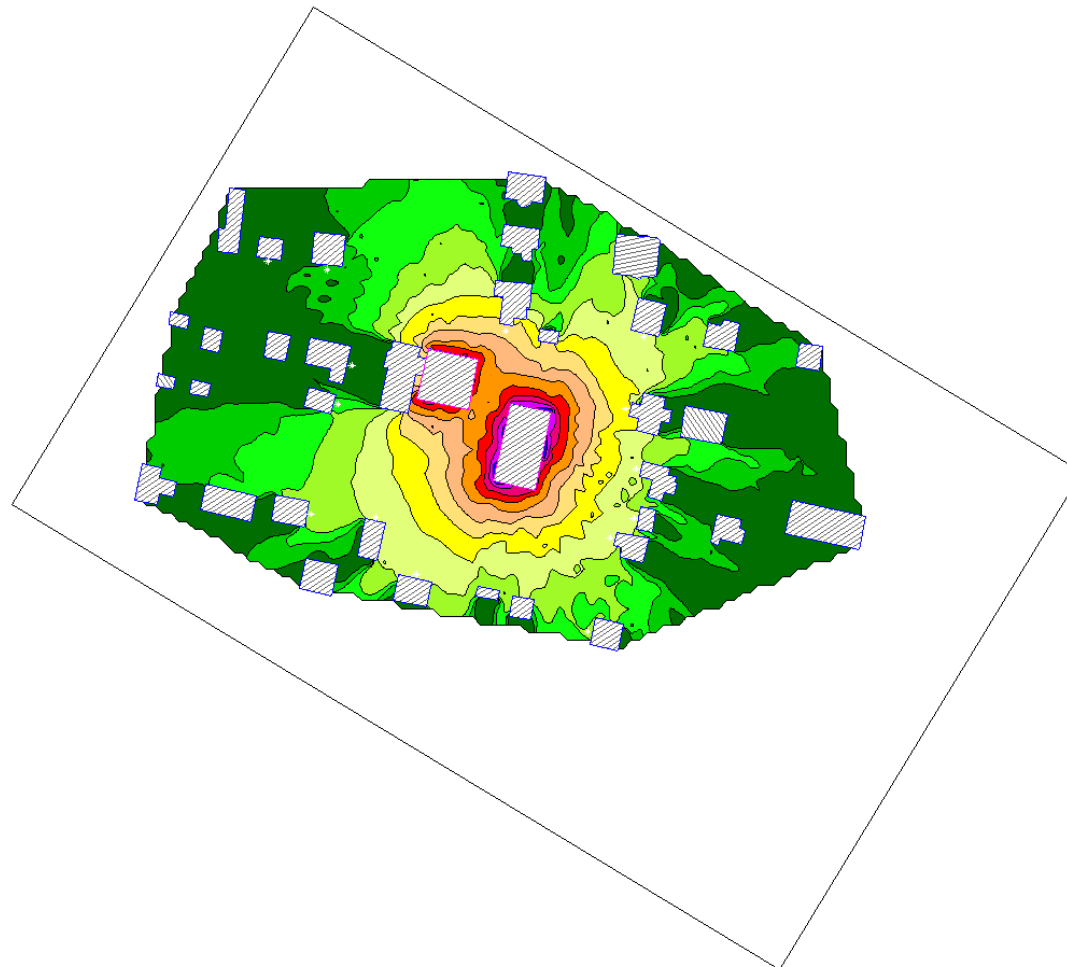
Viola Ifjúsági Szálló Zajtérképezés (2012.07.25.)									
Pont Megnevezése	Mérés száma	L _{Aeq}	L _{Apeak}	L _{AF95}	L _{AFmax}	Szélesség	Hőmérséklet	Páratartalom	Légnyomás
M1	1	45,7	75,7	41,6	61,6	0	21,8	87,1	1
	2	46,2	77,3	41,6	66				
	3	46,1	76,5	41,5	64,2				
M3	1	55,4	93,1	50,8	72,6	0,5	21,7	86,3	1
	2	57,6	97,5	51,2	74,5				
	3	56,7	85,3	50,9	70,2				
M4	1	48,6	88,2	44,9	64,7	0,6	21	81,8	1
	2	48,5	87,1	43,7	64,8				
	3	50,3	90,4	45,1	67				
M2	1	52,4	97,4	46,5	75,2	0,7	21	84,8	1
	2	55,6	104,6	48,3	76,4				
	3	55,7	98,3	51,2	76,8				
V1	1	85,5	111,9	72,7	102,4	0	24,7	70,3	1
	2	83,1	110,7	73,1	101				
	3	81,4	109,2	73,5	97,5				
V2	1	79	116,7	75,4	94,9	0	24,2	72,1	1
	2	77,4	114,1	73,3	88,7				
	3	77,2	109,7	72,4	90,6				

3. számú melléklet: Terheléses mérési adatok 2.

Viola Ifjúsági Szálló Zajtérképezés (2012.08.25.)									
Pont Megnevezése	Mérés száma	L _{Aeq}	L _{Apeak}	L _{AF95}	L _{AFmax}	Szélesség	Hőmérséklet	Páratartalom	Légnyomás
M1	1	47,2	78,4	42,5	62,8	0	23,6	87,1	1
	2	48,1	79,3	43,6	66,5				
	3	48,4	76,5	42,8	67,1				
M3	1	56,8	92,8	51,2	74,5	0	23,4	86,3	1
	2	57,2	91,7	52	75,1				
	3	56,6	92,1	51,9	74,2				
M4	1	48,1	81,3	44,3	66,7	0	22,8	81,8	1
	2	48,7	82	44,8	66,9				
	3	49,2	81,6	45,1	67,3				
M2	1	54,2	90,5	49	78,3	0	22,7	84,8	1
	2	53,6	93,1	48,6	77,7				
	3	54,1	93,1	48,9	78				
V1	1	91,5	117,8	87,1	113,4	0	26,8	70,3	1
	2	93,2	121,5	88,4	115,8				
	3	90,9	116,4	87,5	112,8				
V2	1	81,3	108,3	76,4	106,7	0	25,2	72,1	1
	2	82,6	108,7	77,2	106,1				
	3	81,7	106,9	76,6	102,7				

Viola Ifjúsági Szálló Zajtérkép
2012. július. 25.

1



Zajszint értékek dB(A)

	< 30,0
30,0 <=	< 33,0
33,0 <=	< 36,0
36,0 <=	< 39,0
39,0 <=	< 42,0
42,0 <=	< 45,0
45,0 <=	< 48,0
48,0 <=	< 51,0
51,0 <=	< 54,0
54,0 <=	< 57,0
57,0 <=	< 60,0
60,0 <=	< 63,0
63,0 <=	< 66,0
66,0 <=	< 69,0
69,0 <=	< 72,0
72,0 <=	

Jelölések

- Épületek
- Vonal forrás

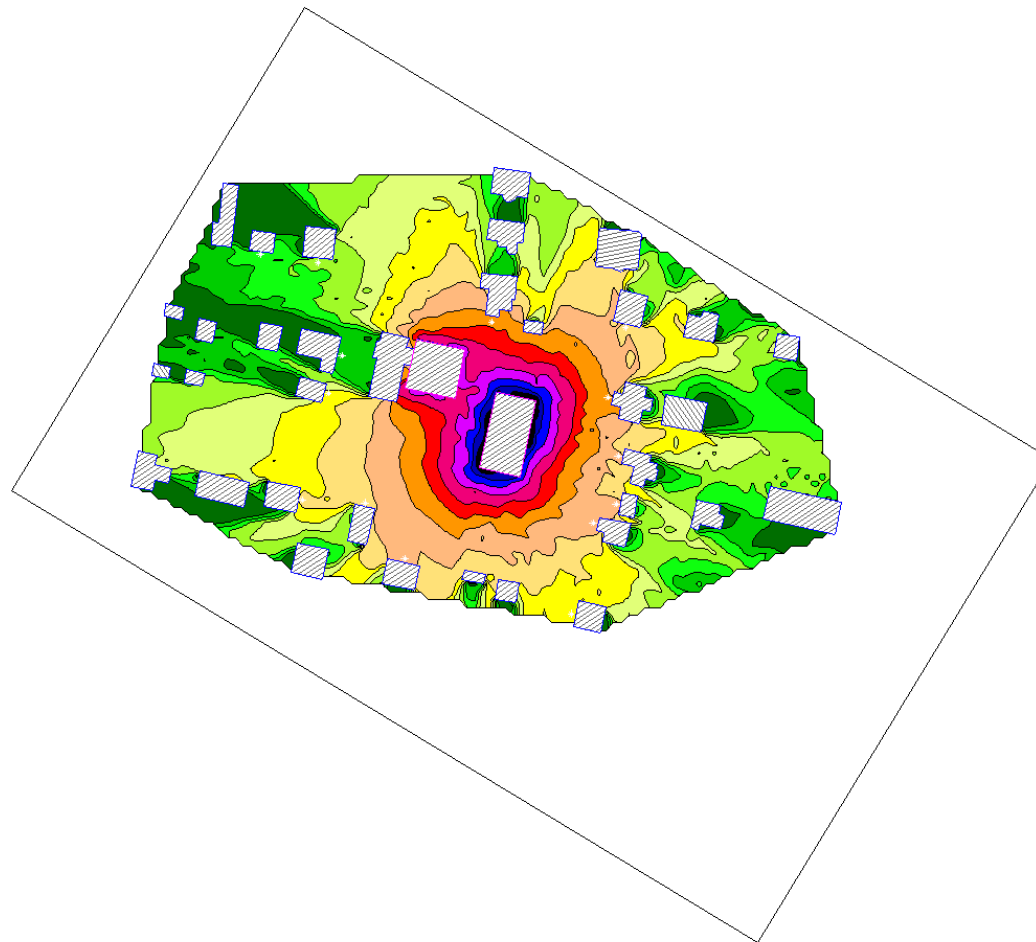
Méretarány 1:4001



Sebestyén Viktor
Pannon Egyetem
Veszprém

Viola Ifjúsági Szálló Zajtérkép
2012. augusztus. 25.

2



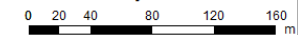
Zajsint értékek dB(A)

< 30
30 <=
33 <=
36 <=
39 <=
42 <=
45 <=
48 <=
51 <=
54 <=
57 <=
60 <=
63 <=
66 <=
69 <=
72 <=

Jelölések

Épületek
Vonal forrás

Méretarány 1:4001



Sebestyén Viktor
Pannon Egyetem
Veszprém