

A közlekedésből eredő zaj- és egyéb szennyezés Szegeden – 9 év mérései

Dr. Benkő Zsolt István

Szegedi Tudományegyetem, Juhász Gyula Pedagógusképző Kar, Alkalmazott Egészségtudományi és Környezeti Nevelési Intézet, Technika Tanszék

Absztrakt

Az emberek a legtöbb információt a látás és a hallás segítségével kapják meg: körülbelül 83% a látás és 11% a hallás részaránya. Ma az emberiség több mint fele városokban él. A városok pedig igen zajosak is lehetnek; akár a tartós halláskárosodásig. Emiatt vannak hatósági határértékek, és emiatt érdemes időről időre ellenőrizni a zajkibocsátást.

A zajmérés igen érdekes folyamat: a mérőberendezések fizikai mennyiséget mérnek (nyomásszint-ingadozás), az emberi hallás pedig ehhez képest eltérő érzeteket produkál (ennek elsősorban biológiai okai vannak). Így a zajmérés akkor adja vissza az általunk érzékeltet, ha a nyomásszint-ingadozást korrigáljuk az úgynevezett egyenlő hangosság görbéivel. A műszereken ez az A korrekciót jelenti. A másik szokásos korrekciós érték a C; ez jelenti a hallástartományon belüli frekvenciáknál a nyomásszint-ingadozás kimérését. A méréseket az A korrekció szerint végeztem.

Szeged területén több önkényesen kiválasztott helyen, az év ugyanazon időszakában, a napon belül több napszakban végeztem méréseket. A cél elsősorban a közlekedés által okozott terhelés meghatározása volt, így a helyszíneket – bár önkényesen, de – úgy próbáltam kiválasztani, hogy a kifejezetten forgalmas helyeken kívül legyenek kimondottan csendes területek is. A mérés-sorozatot legalább háromévente megismételtem. A mérés során ipari besorolású, hitelesített zajmérőt használtam, a későbbi sorozatok esetében bővítettem a mért adatokat a légköri CO₂ és a CO értékeivel.

Az értékekből azt a következtetést lehet levonni, hogy Szeged – az itt tapasztalható forgalomhoz képest – elég csendes, élhető város. Minden valószínűség szerint a város struktúrájából adódóan a ventiláció is kiváló: még a forgalmas csomópontoknál sem lehet kiugróan magas CO₂ értékeket mérni, CO pedig szinte nincs is.

Kulcsszavak: zaj, közlekedés, környezetterhelés

1. Bevezetés

Az ember legfőbb érzékletei a látás és a hallás. Ezeken keresztül szerezzük be az információink döntő többségét. A látás szolgáltatja az információk körülbelül 83%-át, míg a hallás körülbelül 11%-át. Az információ maradék 6%-a szaglás, tapintás és ízlelés útján jut el hozzánk (*Rosenblum, 2010*).

Korunk jellemzője a nagyfokú gépesítettség, illetve az, hogy az emberiség egyre nagyobb hányada él zsúfolt városokban. Az eredeti, természetes környezethez képest most sokkal zajosabb körülmények között élünk. Az persze, hogy mi számít zajos körülménynek, illetve mi számít nem zajosnak, erősen személyfüggő. Van, aki tud dolgozni olyan helyen is, ahol a másik ember a „saját gondolatait sem hallja”.

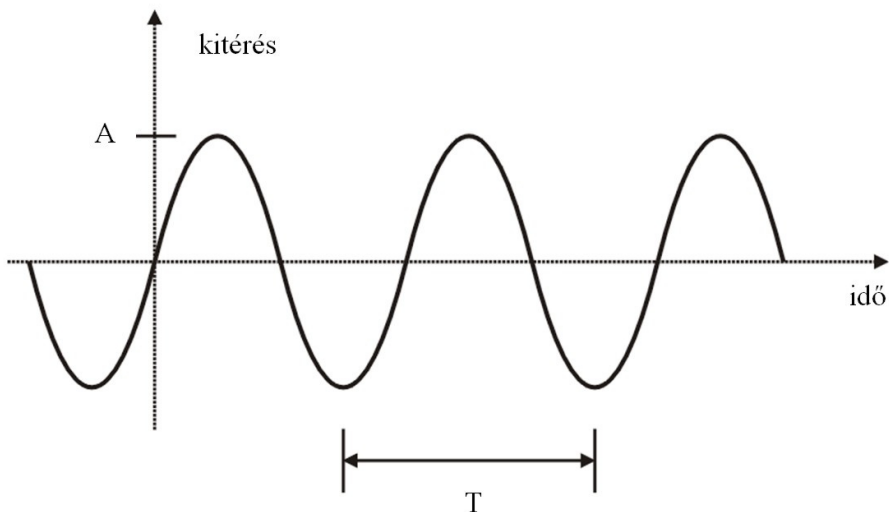
Szükség van szabályozásokra az egészség védelmében is; például egy adott munkahelyen a zajszint a megengedett egészségügyi határértékek alatt van-e, illetve, hogy a munkahelyen szükséges-e hallásvédelmi eszközök viselése (*Rossing, 2007*).

2. A hang és érzékelése

A hang valamilyen közegben tovaterjedő mechanikai rezgés. A tovaterjedő rezgést hullámnak nevezzük (*Budó, 1978*).

Levegőben (és gázokban) valamint vízben (és egyéb folyadékokban) ez csak úgynevezett longitudinális rezgés/hullám lehet. Ez tulajdonképpen periodikus nyomásingadozást jelent. Periodikusan kicsit összenyomódnak illetve széthúzódnak a gáz vagy folyadék molekulái egymáshoz viszonyítva (*Budó, 1978*). Szilárd anyagok esetében (fa, acél stb.) a hang lehet longitudinális illetve transzverzális hullám is. Gázokban és folyadékokban a molekulák elgördülhetnek egymáson, nincsenek szorosan egymáshoz kötve. Szilárd anyagokban a molekulák/atomok szoros kötésben találhatók, egymáshoz viszonyított helyzetük rögzített. Így egy tovaterjedő zavar a molekulákat/atomokat nem csak a zavar terjedési iránya mentén tudja összenyomni és széthúzni, hanem a terjedés irányára merőlegesen is kimozdíthatja. Ez utóbbi esetben beszélünk transzverzális hullámról (*Budó, 1978*). Ha például egy hosszú acélrúdra, a rúd merőlegesen kalapáccsal ráütünk, akkor a zavar (a hang) tovaterjedését tapintással is lehet érzékelni. Ekkor a terjedő hullám főleg transzverzális. Ha az acélrúd egyik végére ütünk rá a rúd hosszával párhuzamosan, akkor a zavar terjedését nem biztos, hogy a rúdra helyezett ujj érzékeli. Ekkor a hullám főleg longitudinális.

1. ábra. A hullám tulajdonságai



(Forrás: saját szerkesztés)

Az 1. ábra egy tetszőleges, tiszta zenei hanghullámot mutat. Csak a tiszta zenei hangok képe szinuszos, mindenféle zavar nélkül. A hullám maximális kitérése az A amplitúdó. Ez a hang erősségével arányos.

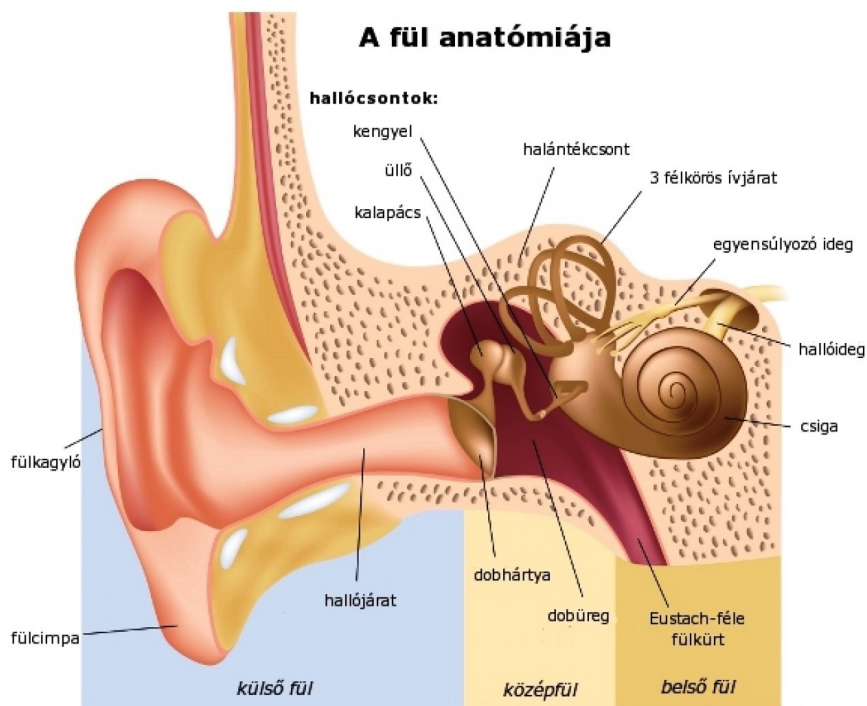
Egyetlen teljes rezgés T periódusidő alatt zajlik le. A normál zenei 'a' hang esetében a T periódusidő $0,00227272727$ s. Ez pontosan 440-szer fér bele 1 másodpercbe, azaz a normál zenei 'a' hang esetén a levegő másodpercenként 440-szer rezeg, azaz a frekvenciája 440 Hz.

Egy hanghullámot tehát az erőssége (amplitúdója) és a frekvenciája (rezgésszáma) határoz meg. A legtöbb esetben a hallott hang többféle frekvenciájú és erősségű hangok keveréke.

Az emberi fül alapvetően a nyomásingadozást észleli. Az evolúció a levegőhöz, mint közeghez igazította a hallásunkat, de természetesen víz alá merülve a vízben terjedő hangokat is halljuk, persze egy kicsit másképp, mint a levegőben. Ha acélrúdhoz (például vasúti sínhez), fához, földhöz szorítjuk a fülünket, akkor a szilárd közegben terjedő hullám áterjed a fül üregében megmaradó kis levegőmennyiségre, így ilyen esetben is a levegő nyomásingadozását érzékeljük elsődlegesen.

Az emberi fül három fő részre tagolható (2. ábra).

2. ábra. Az emberi fül felépítése



(Forrás: Illés, 2020)

Az ép emberi fül körülbelül 400000 féle hangot képes megkülönböztetni. Természetesen a fül nem egyformán érzékeny minden frekvenciájú hangra. Sőt, vannak olyan hangok, melyeket egyáltalán nem is tud érzékelni. Az elfogadott hallástartomány: 20 Hz – 20000 Hz. A 20 Hz alatti hangok az infrahangok, a 20000 Hz feletti hangok az ultrahangok. Természetesen találhatunk olyan személyeket, akik akár az alsó, akár a felső határon kívül hallanak. A fenti értékeket nagyszámú statisztika alapján állapították meg.

Életkor szerint is különbözik a hallás képessége. Ugyancsak nagyszámú mérés alapján az 1. táblázatban látható átlagos határokat kapták.

1. táblázat. A hallás alsó és felső határa életkor szerint

életkor (év)	alsó hallástartomány (Hz)	felső hallástartomány (Hz)
0,5	14	18000
4-5	14	20000
25	20	18000
40	30	16000
60	100	14000

(Tóth, 1996)

Az ember legjobban 4-5 éves kora körül hall. Az évek múlásával egyre szűkül a hallástartomány (Tóth, 1996).

Az érzékelt hangmagasság a frekvenciától függ. Minél magasabb frekvenciájú a hang, annál magasabbnak érzékeljük. Kis mértékben a szubjektív érzékelésnél számít a hang erőssége is. A nagyon erős (hangos) alacsony frekvenciájú (mély) hangot még mélyebbnek, a nagyon erős (hangos) magas frekvenciájú (magas) hangokat még magasabbnak érezzük.

A hang erőssége legkönnyebben a periodikus nyomásváltozás nagyságával adható meg. Statisztikai adatok alapján az emberi fül által észlelhető legkisebb nyomásváltozás 20 μ Pa (mikropascal), azaz 0,00002 Pa. Ezt az érzékenységet a tiszta 2000 Hz frekvenciájú hangnál tapasztalhatjuk. Ez a hangerősség megfelel egy szűnyog dögésének a szabadban 3 m távolságból.

A hangintenzitás fizikai mennyiség (I) és a nyomásváltozás között az alábbi kapcsolat van:

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c}$$

ahol p a nyomásingadozás, ρ a levegő sűrűsége és c a hang terjedési sebessége.

A hallás, akárcsak a többi érzékelésünk, logaritmikus jellegű (Budó, 1978). A kétszer nagyobb intenzitást nem érezzük kétszer erősebbnek. Amit kétszer hangosabbnak hallunk, az valójában tízszer nagyobb intenzitású hang.

A logaritmikus jelleg logaritmikus skálát kíván meg: ez a decibel skála. Jele: L, ami az angol 'level' – 'szint' szó első betűje. A mértékegység 1 dB. A bel (B) Alexander Graham Bell, a telefon feltalálójának tiszteletére lett elnevezve; a deci tízszeres szorzást jelent.

2. táblázat. Néhány jellemző hangosságérték

L(SPL) (dB)	jelenség
0	hallásküszöb; szűnyog 3 méterről
10	emberi lélegzet 3 méterről
30	színházi csend
40	lakóterület éjjel; suttogás
50	csendes vendéglő
60	iroda
70	erős forgalom 5 méterről
80	zaj forgalmas utca járdáján; porszívó 1 méterről
90	üzemi zaj; kamion 1 méterről
100	légkalapács 2 méterről; diszkó belül
120	fájdalomküszöb; vonatkürt 10 méterről
140	pisztolylövés 1 m távolságból
150	repülőgép sugárhajtóműve 30m távolságból
168	géppuska lövése 1 m távolságból
180	Krakatau vulkán robbanása 160 km távolságból (1883)
194	hangerősség felső határa hanghullámra 1 atm légnyomás esetén

(Forrás: Wikipedia, 2025)

A hangerősséget a hallható leggyengébb hanghoz viszonyítják. Ha a nyomásingadozás alapján mérünk (ez az elterjedtebb), akkor az alap nyomásingadozás $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa; ekkor a skála az L(SPL) – Sound Pressure Level (hangnyomás-szint alapú). Ha a hangintenzitást mérjük közvetlenül, akkor a megállapodás alapján az alapszint $I_0 = 10^{-12}$ W; ekkor a skála L(SIL) – Sound Intensity Level (hangintenzitás-szint alapú). A két decibel skála nem esik egybe. Ennek oka, hogy így kerek számokat lehet alapértéknek használni (Budó, 1978).

p nyomásingadozáshoz tartozó hangerősség kiszámítás:

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

ahol 'lg' a 10 alapú logaritmus.

I hangintenzitáshoz tartozó hangerősség kiszámítása:

$$L(SIL) = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$$

A kettő közötti különbség a hőmérséklet függvényében:

$$L(\text{SIL})-L(\text{SPL}) = 0,1-0,3 \text{ dB (Budó, 1978)}.$$

A fül 0,3 dB-nél kisebb különbséget nem tud észlelni, így a gyakorlatban ez a minimális eltérés nem jelent problémát, a két skálát egyenlőnek lehet tekinteni. A mai elektronikus eszközökkel elsősorban a nyomásingadozáson alapuló L(SPL) értéket lehet közvetlenül mérni (2. táblázat).

A fájdalomküszöbnél a dobhártya azonnal átszakadhat. A teljes hallástartomány a hallásküszöbtől a fájdalomküszöbig 120 dB-es tartományt ölel fel. Ez a nyomásingadozásban egymilliószoros változásnak felel meg. Egészségügyi szempontból a 85 dB feletti tartós zajszint már maradandó halláskárosodást okozhat. Fontos tudni, hogy a halláskárosodás nem gyógyul; a hatások egész életen keresztül egymásra rakódnak. Az ablakok körülbelül 163 dB hangerősségnél törnek be (Wikipedia, 2025).

A 194 dB hangerősség esetén már nem csak pár molekula rezeg a levegőben, hanem a teljes levegőmennyiség. Ezért ez a legnagyobb nyomásingadozás, amit még hangnak lehet nevezni. A teljes levegőmennyiségnél többet nem lehet mozgatni. Vannak természetesen erősebb hatások is. Ezek azonban a hagyományos fizikai értelemben nem hangok. Az ilyen erősebb hatások a *lökéshullámok* (Wikipedia, 2025). A lökéshullámok viselkedése eltér a hanghullámokétól, de az erősségüket át lehet származtatni a decibel skálára (3. táblázat).

3. táblázat. Példák lökéshullámokra

lökéshullám (dB)	jelenség
198-202	halálos lökéshullám
212	repülőgép hangrobbanása
215	űrrepülő kilövése
248	atombomba (Hiroshima, Nagaszaki)
282	57 MT hidrogénbomba (1961)
302	tunguz meteor (1908)
310	Krakatau vulkán robbanása (1883)

(Hamby, 2004)

A 198-202 dB-hez tartozó nyomásingadozást az emberi szervezet már nem képes elviselni. 1961-ben, a Szovjetunióban robbantotta fel az emberiség az eddigi legnagyobb erejű bombáját: egy 57 megatonnás hidrogénbombát (57 millió tonna hagyományos robbanószerrel egyenértékű). Ennél tízszer erősebb volt az 1908-ban lezuhant tunguz meteor robbanása, és harmincszor erősebb a

Krakatau 1883-as kitörése. Ez utóbbi lökéshullám a Földet többször is megkezdte (Winchester, 2003).

A bennünket körülvevő hangforrások legtöbbször pontszerűnek tekinthető. A hang terjedése rendszerint a tér minden irányára vonatkozik, így kétszeres távolságnál mérve a hangintenzitás csak az eredeti negyede (6 dB-lel kevesebb), háromszoros távolságnál pedig az eredeti kilenced része (9,5 dB-lel kevesebb). Lökéshullámokra bonyolultabb számítási módot kell alkalmazni.

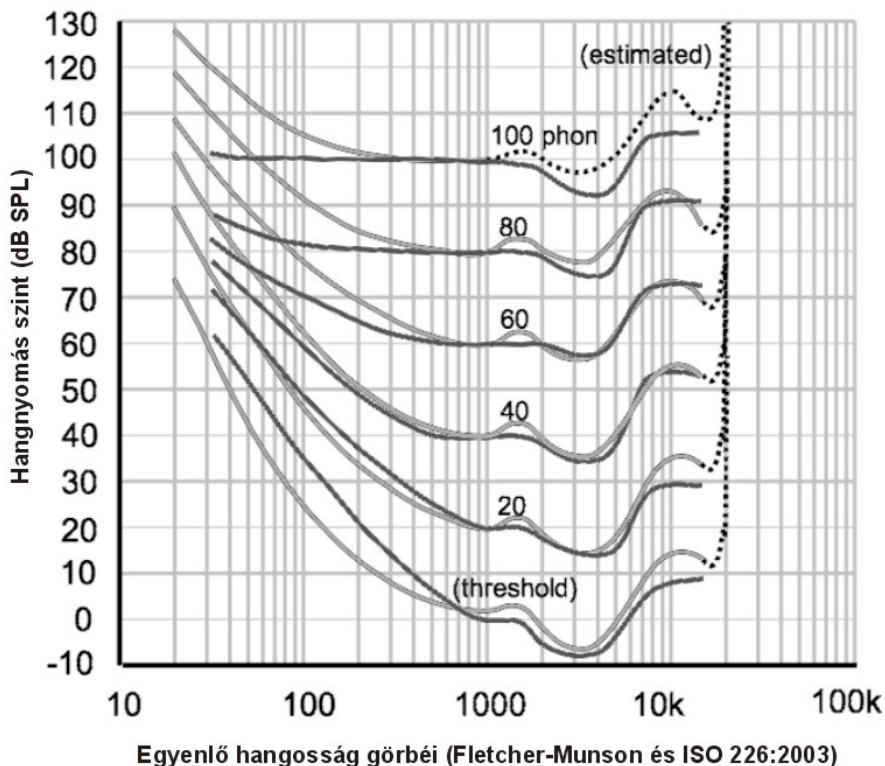
A műszerrel mérhető hangosság nem feltétlenül felel meg az általunk érzékelt hangosságnak. Az emberi fül a hallástartományon belül sem egyformán érzékeny a hangokra. A fül leginkább a 2 és 5 kHz közötti tartományra érzékeny. Emiatt lett a decibel skála referenciapontja (p_0 , I_0) a 2 kHz-es hangmagasságnál megadva.

Azt, hogy egy adott frekvenciájú hangot milyen erősnek hallunk, meghatározhatjuk az *egyenlő hangosság görbéi* segítségével. 1933-ban Harvey Fletcher amerikai orvos és Wilden A. Munson a Bell Laboratóriumban dolgozó tudós sok páciens segítségével feltérképezték az egyenlő hangosság görbéit. Ezeket, a tiszteletükre Fletcher-Munson görbéknek is nevezik. A páciensekre fejhallgatót helyeztek, melyben különböző frekvenciájú, 10 dB-enként erősödő, tiszta hangot hallottak. Referenciaként minden hang mellett 1000 Hz frekvenciájú hangot is adtak. Ez utóbbi erősségét a páciens jelzései alapján úgy állították be, hogy a páciens egyenlő erősnek érezze az 1000 Hz-es hangot is és a másik frekvenciájú hangot is (Fletcher & Munson, 1933).

Nagyon hosszú ideig ezeket tekintették alapnak. Néhány éve azonban a világ több országában egyszerre újramérték, s ezekből az adatokból az egyenlő hangosság görbéit újra megrajzolták. Ezt tartalmazza az ISO 226:2003 szabvány (International Organization for Standardization, 2023; Thompson & Taylor, 2008).

A hangosság (füllel hallható hangerősség) mértékegysége a fon (phon). A fon-skála 1000 Hz-es hangok esetében teljesen megegyezik a decibel skálával.

3. ábra. Az egyenlő hangosság görbék (Fletcher-Munson görbék: sötétebb vonalak; ISO 226:2003 szabvány: világosabb vonalak)

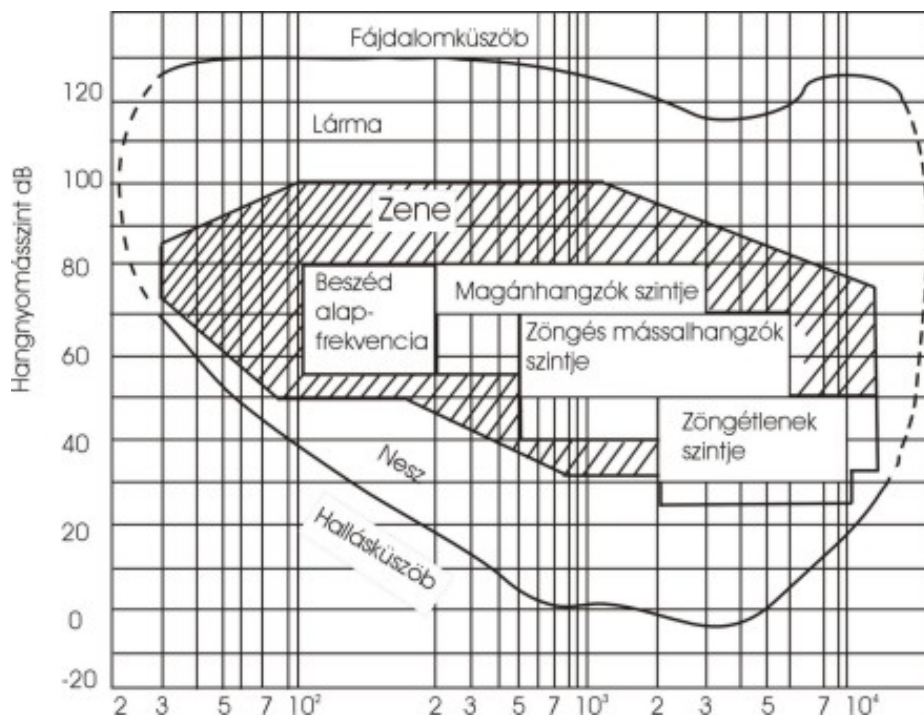


(Forrás: *Armes*, 2017)

Fletcher és Munson eredeti mérései elég jól egybeesnek a mai mérésekkel, csak az alacsonyabb frekvenciájú (300 Hz-nél kisebb) mély hangoknál tapasztalható eltérés.

Az új ISO szabványnál nem a hallásküszöböt illesztették a decibel skálához, hanem a jobban mérhető 20 fon erős hangot. 1000 Hz-nél tehát 20 fon = 20 dB. A 3. ábráról jól leolvasható, hogy a fül a 3-4 kHz közötti részen a legérzékenyebb. Például a 20 Hz frekvenciájú hangot éppen csak meghalljuk (0 fon), amikor a nyomásingadozás már 70 dB (ami más frekvencián megfelel a zajos utcának). Ugyanakkor 3 kHz-es hangnál a hallhatóság határa (0 fon) – 5 dB; hozzávetőleg a referencia nyomásingadozás (p_0) fele.

4. ábra. A fontosabb hangjelenségek terjedelme



(Forrás: *Kobak Bt*, é.n.)

A 4. ábráról jól látható például, hogy hangszerekkel olyan hangok is megszólaltathatók, melyeket már senki nem tud kiénekelni.

Ahhoz, hogy megbízhatóan lehessen mérni a hangokat, szükség van arra, hogy a műszerek figyelembe tudják venni az emberi hallás függését a hang frekvenciájától. Hiszen például hiába mérünk 70 dB zajt, ha ez 20 Hz-es frekvenciával történik, akkor senkit sem zavar, sőt a legtöbbször meg sem hallják. Emiatt a mérőműszereket úgynevezett súlyozó szűrőkkel látják el. Az előző példánál maradva, a 20 Hz-es 70 dB-es zajt a készülék alig hallhatónak fogja mutatni. Mondhatnánk azt is, hogy ezek a készülékek a fon-skálát mutatják, de sajnos nem lenne igaz. A fon-skálával majdnem egybeeső, tehát a szubjektív hangerősséghez közeli értéket fognak mutatni, de a műszerek többsége szigorúan a nyomásingadozást méri, a súlyozó szűrők pedig matematikailag viszonylag egyszerűen kezelhető „sima” görbék (Koscsó, 2020).

A legtöbb, ipari alkalmazású műszer A- és C-szűrőt tartalmaz. Az A-szűrő szolgál arra, hogy a műszer a szubjektív hangosságérzetnek megfelelő

értéket mutassa. A C-szűrő majdnem a teljes hallástartományon egyenes (0 dB); ez alkalmas az emberi hallástól független abszolút hangerősség mérésére.

A hangok felfogására (érzékelésére) 1936-ban Stanley Smith Stevens ajánlott egy skálát, ami lineáris. Ez a hangosságérzet mennyiség; jele: N. A skála célja, hogy a kétszer hangosabb hanghoz kétszer nagyobb számérték tartozzon. Ez a *son*-skála (vagy *szón*-skála, vagy *sone*-skála). A definíció alapján 1000 Hz-es hangnál a 40 fon felel meg 1 son hangosságnak. Az átváltást a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat. Fon – son átváltás

L(fon)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
N(son)	0,5	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512

(Budó, 1978)

Hangerősség mérésnél tehát létezik decibel, fon- és son-skála. Az első a hang egy fizikai jellemzőjéből származik, és abszolút mérésekre ad lehetőséget; a második az első módosítása úgy, hogy figyelembe veszi az emberi hallás jellegét; a harmadik pedig a „kétszer hangosabb, tehát kétszer nagyobb szám” elv alapján egy teljesen szubjektív skála.

3. Mérési körülmények

Az első méréseknél 2012-ben Szeged városának zajterheléséről kívántam adatokat szerezni. Később határoztam el, hogy a méréseket rendszeres időközökben újra elvégzem, hogy hosszú távon is lehessen összehasonlításokat tenni (Benkő, 2021).

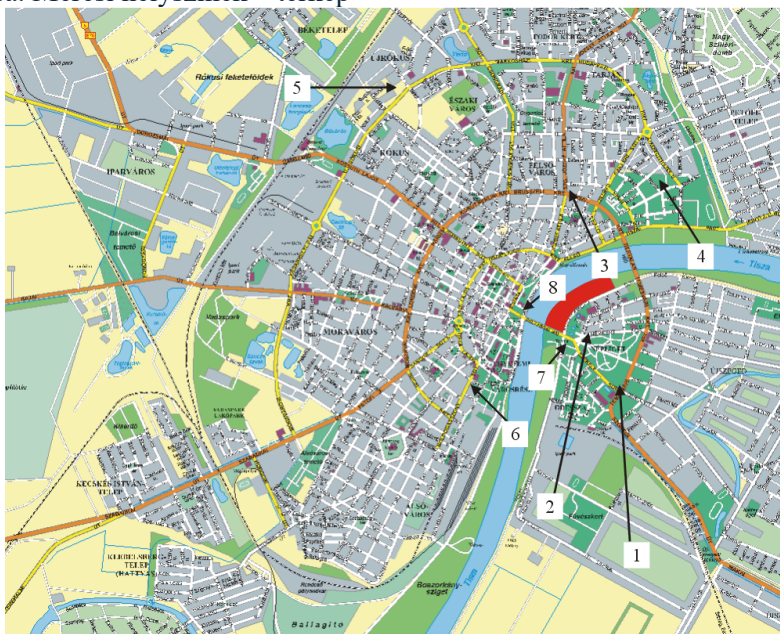
A méréseket háromévente, az évnek ugyanabban az időszakában, és ugyanazokon a helyszíneken végzem (5. táblázat). 2018 óta kiegészítettem a méréseket CO₂ (szén-dioxid) és CO (szén-monoxid) mért adatokkal is, így már e gázok szintjeit is tudom követni az időben (Bonino, 2016; CO₂.Earth, 2025). A helyszíneket igyekeztem úgy kiválasztani, hogy szubjektíven zajos, csendes és közepes terhelésű helyeken is mérjek. Külön figyelmet fordítok a Szegedi Ifjúsági Napok (SZIN) rendezvényre: háromévente a rendezvényt is körbe-mérem.

5. táblázat. Mérési helyszínek

helyszín	leírás (és GPS koordináták)
1	Székely sor és Temesvári krt. keresztezése – úttól 5 m ($46^{\circ} 14.728' \text{ É}$; $020^{\circ} 09.842' \text{ K}$)
2	Belvárosi hídhöz közel – úttól 1 m ($46^{\circ} 14.991' \text{ É}$; $020^{\circ} 09.605' \text{ K}$)
3	Római krt. és József Attila sgt. keresztezése – úttól 5 m ($46^{\circ} 15.696' \text{ É}$; $020^{\circ} 09.479' \text{ K}$)
4	Csaba u. 43. mögötti parkoló ($46^{\circ} 15.732' \text{ É}$; $020^{\circ} 10.116' \text{ K}$)
5	Rókus II. Általános Iskola előtt, Tesco-val szemben – úttól 25-30 m ($46^{\circ} 16.253' \text{ É}$; $020^{\circ} 08.290' \text{ K}$)
6	Juhász Gyula Gyakorló Általános Iskola előtt a járdán – úttól 1 m ($46^{\circ} 14.759' \text{ É}$; $020^{\circ} 09.738' \text{ K}$)
7	újszegedi parkoló a Belvárosi híd lábánál (csak SZIN) ($46^{\circ} 14.933' \text{ É}$; $020^{\circ} 09.410' \text{ K}$)
8	múzeumi mellvédnél (csak SZIN) ($46^{\circ} 15.124' \text{ É}$; $020^{\circ} 09.162' \text{ K}$)

(Forrás: saját szerkesztés)

5. ábra. Mérési helyszínek – térkép



(Forrás: saját szerkesztés)

Az 5. ábrán lehet látni, hogy az általam kiválasztott mérési pontok milyen viszonylatban találhatók a város szerkezetével. A méréseket munkanap reggel (7:00-8:00), dél körül (12:00-15:00) és este (20:00-22:00) valamint munkaszüneti nap dél körül (9:00-12:00) végeztem. Az időablakokat az előzetes tapasztalataim alapján, a főbb forgalmi szituációkhoz igazítva próbáltam meghatározni.

Természetesen például szeptember 10-én 7:00 és 8:00 között nem ugyanannyi jármű fog áthaladni egy adott kereszteződésben, mint három évvel korábban szeptember 10-én. Ráadásul szeptember 10 lehet egyik esetben munkanap, a másik alkalommal vasárnap. A járműforgalom alapjaiban véletlenszerű, de statisztikai szempontból nézve meghatározott jellegzetességekkel bír. Emiatt határoztam az időablakokban történő mérés mellett.

A zajméréshez 2012-ben Voltcraft 320 ipari zajmérőt használtam (1,0 dB pontosság a gyári hitelesítés szerint). Ehhez Velleman PCS10 USB-s adatgyűjtő és laptop is szükséges volt a helyszínen.

2015 óta Voltcraft SL-451 ipari zajmérőt használok (1,4 dB pontosság). Ez a készülék el tud tárolni elég sok mérési adatot, ami később számítógéppel kiolvasható. Így a helyszíni mérések elvégzése jelentősen felgyorsítható. Minden esetben az emberi halláshoz igazodó szabványos A-szűrőt használok (Koscsó, 2020).

A gázok méréséhez Testo 435 multifunkciós ipari mérőműszert használok kétféle gáz-szondával (mindkét esetben a pontosság 1 ppm a gyári hitelesítés szerint). A koncentrációt ppm-ben mérem (ppm – part per million: darab molekula / 1 millió levegőmolekula). A Testo 435 készülék is programozottan mér és tárol, az adatok később is kiolvashatók számítógéppel.

4. Mérési eredmények és következtetések

A mért értékek táblázatokba rendezett formában találhatók az egyes helyszínek szerint, valamint a SZIN-re vonatkozóan.

6. táblázat. 1. helyszín adatai

	év	munkanap reggel (7:00-8:00)	munkanap napközben (12:00-15:00)	munkanap este (20:00-22:00)	vasárnap (9:00-12:00)
zajszint (dB)	2012	61,9 SD 5,2	55,5 SD 7,1	52,9 SD 6,8	54,9 SD 7,7
zajszint (dB)	2015	64,6 SD 6,0	58,0 SD 8,0	52,2 SD 7,7	56,9 SD 8,0
zajszint (dB)	2018	58,6 SD 7,6	56,1 SD 7,3	50,7 SD 7,0	56,1 SD 6,4
CO ₂ (ppm)		286 SD 3	189 SD 9	268 SD 6	271 SD 3
zajszint (dB)	2021	61,7 SD 6,3	60,0 SD 6,8	56,6 SD 8,1	59,0 SD 6,9
CO ₂ (ppm)		385 SD 5	255 SD 6	391 SD 10	278 SD 6

(Forrás: saját szerkesztés)

7. táblázat. 2. helyszín adatai

	év	munkanap reggel (7:00-8:00)	munkanap napközben (12:00-15:00)	munkanap este (20:00-22:00)	vasárnap (9:00-12:00)
zajszint (dB)	2012	59,2 SD 7,3	57,4 SD 7,8	54,9 SD 8,1	54,4 SD 8,3
zajszint (dB)	2015	60,7 SD 8,5	56,9 SD 9,9	55,6 SD 7,1	59,8 SD 9,2
zajszint (dB)	2018	59,3 SD 7,7	60,1 SD 6,0	50,1 SD 6,4	60,4 SD 7,9
CO ₂ (ppm)		293 SD 17	193 SD 2	273 SD 20	280 SD 7
zajszint (dB)	2021	57,9 SD 5,6	61,6 SD 8,1	54,3 SD 6,2	55,4 SD 8,9
CO ₂ (ppm)		390 SD 19	301 SD 6	330 SD 6	312 SD 5

(Forrás: saját szerkesztés)

8. táblázat. 3. helyszín adatai

	év	munkanap reggel (7:00-8:00)	munkanap napközben (12:00-15:00)	munkanap este (20:00-22:00)	vasárnap (9:00-12:00)
zajszint (dB)	2012	64,4 SD 3,4	63,4 SD 4,3	60,0 SD 4,9	61,1 SD 4,1
zajszint (dB)	2015	67,5 SD 2,7	65,1 SD 4,0	60,1 SD 5,0	66,4 SD 6,3
zajszint (dB)	2018	66,0 SD 3,7	64,9 SD 4,1	61,5 SD 4,7	63,6 SD 4,0
CO ₂ (ppm)		282 SD 15	174 SD 4	258 SD 5	288 SD 7
zajszint (dB)	2021	67,8 SD 2,8	66,9 SD 2,7	65,9 SD 3,7	65,3 SD 5,5
CO ₂ (ppm)		416 SD 9	263 SD 18	291 SD 3	309 SD 16

(Forrás: saját szerkesztés)

9. táblázat. 4. helyszín adatai

	év	munkanap reggel (7:00-8:00)	munkanap napközben (12:00-15:00)	munkanap este (20:00-22:00)	vasárnap (9:00-12:00)
zajszint (dB)	2012	43,4 SD 2,1	50,0 SD 3,5	42,9 SD 2,9	41,6 SD 4,4
zajszint (dB)	2015	44,6 SD 2,1	35,3 SD 2,7	42,1 SD 4,1	45,4 SD 3,0
zajszint (dB)	2018	41,4 SD 2,5	42,5 SD 2,9	41,9 SD 0,9	42,0 SD 1,9
CO ₂ (ppm)		270 SD 7	169 SD 20	262 SD 8	281 SD 2
zajszint (dB)	2021	52,1 SD 1,3	52,0 SD 2,8	50,4 SD 1,1	47,8 SD 1,6
CO ₂ (ppm)		429 SD 5	287 SD 10	309 SD 11	302 SD 7

(Forrás: saját szerkesztés)

10. táblázat. 5. helyszín adatai

	év	munkanap reggel (7:00-8:00)	munkanap napközben (12:00-15:00)	munkanap este (20:00-22:00)	vasárnap (9:00-12:00)
zajszint (dB)	2012	57,5 SD 2,9	49,3 SD 2,5	51,4 SD 3,2	50,3 SD 3,5
zajszint (dB)	2015	52,1 SD 3,3	51,0 SD 3,3	49,0 SD 3,2	49,3 SD 3,6
zajszint (dB)	2018	51,2 SD 2,9	52,4 SD 3,0	49,9 SD 3,1	49,9 SD 3,1
CO ₂ (ppm)		285 SD 12	189 SD 12	266 SD 6	302 SD 8
zajszint (dB)	2021	62,8 SD 1,8	55,2 SD 2,2	52,3 SD 4,4	54,8 SD 3,4
CO ₂ (ppm)		428 SD 4	301 SD 10	311 SD 2	306 SD 9

(Forrás: saját szerkesztés)

11. táblázat. 6. helyszín adatai

	év	munkanap reggel (7:00-8:00)	munkanap napközben (12:00-15:00)	munkanap este (20:00-22:00)	vasárnap (9:00-12:00)
zajszint (dB)	2012	64,0 SD 3,4	59,6 SD 6,2	51,9 SD 8,3	57,9 SD 8,3
zajszint (dB)	2015	62,9 SD 4,7	63,8 SD 4,6	60,2 SD 4,0	55,8 SD 9,1
zajszint (dB)	2018	57,4 SD 7,6	60,3 SD 6,7	60,1 SD 3,9	62,7 SD 6,2
CO ₂ (ppm)		279 SD 7	218 SD 14	237 SD 3	299 SD 3
zajszint (dB)	2021	64,4 SD 6,0	63,8 SD 5,9	57,1 SD 7,4	61,7 SD 6,0
CO ₂ (ppm)		349 SD 23	306 SD 11	323 SD 16	317 SD 13

(Forrás: saját szerkesztés)

12. táblázat. SZIN körüli mérések

SZIN (22:00-24:00)	év	1. helyszín	2. helyszín	7. helyszín	8. helyszín
zajszint (dB)	2012	54,2 SD 6,1	59,0 SD 4,1	59,7 SD 2,4	64,9 SD 2,5
zajszint (dB)	2015	53,8 SD 7,2	60,6 SD 4,4	64,2 SD 2,3	61,3 SD 2,3
zajszint (dB)	2018	49,4 SD 4,3	58,8 SD 5,8	62,5 SD 1,6	64,4 SD 2,0
CO ₂ (ppm)		254 SD 2	256 SD 11	247 SD 4	255 SD 3
zajszint (dB)	2021	56,2 SD 6,5	59,5 SD 6,3	65,0 SD 2,7	70,4 SD 2,1
CO ₂ (ppm)		333 SD 10	279 SD 4	276 SD 7	269 SD 4

(Forrás: saját szerkesztés)

A 6-12. táblázatokban bemutatott mért értékek alapján kijelenthető, hogy Szeged egy élhető város. A zajszint teljesen elfogadható, még a fesztiváli napokon is. A CO₂ szintje szintén alacsony, ami a város jó szellőzésére utal. A CO pedig egyáltalán nem kimutatható.

Irodalomjegyzék

- Benkő, Zs. I. (2021). Noise and extraenvironmental measurements in the city of Szeged – A 9 yearsurvey. In *Proceedings of the 27th International Symposium on Analytical and Environmental Problems* (pp. 91–95). Szeged, Hungary. <https://doi.org/ISBN978-963-306-835-9>
- Budó, Á. (1978). *Kísérleti fizika I. kötet* (pp. 326-358). Tankönyvkiadó, Bp.
- Fletcher, H. & Munson, W. A. (1933). Loudness, its definition, measurement and calculation, *Journal of the Acoustical Society of America* 5, (pp. 82–108).
- International Organization for Standardization (2023). *ISO 226:2023: Acoustics — Normalequal-loudness-level contours*. Edition 3. Retrieved August 7, 2025, from <https://www.iso.org/standard/83117.html>
- Rosenblum, L. D. (2010). See what i'm saying: The extraordinary powers of our five senses. W. W. Norton & Company, ISBN: 978-0393067606
- Rossing, T. D. (2007). Acoustics in architecture. In T. D. Rossing (Ed.), *Springer handbook of acoustics* (pp. 747–748). Springer.
- Thompson, A., & Taylor, B. N. (2008). Logarithmic quantities and units: Level, neper, bel. In *Guide for the Use of the International System of Units*

- (SI) (2nd ed., Sec. 8.7). NIST Special Publication 811.
<https://www.nist.gov/pml/special-publication-811>
- Tóth, D. (1996). *Multimédia mikroszámítógépes környezetben*. LSI Oktatóközpont, ISBN: 0809000179507
- Winchester, S. (2003). *Krakatoa: the day the world exploded : August 27, 1883* (1st U.S. ed.). HarperCollins.

Weboldalak / képek / információs oldalak

- Armes, K. (2017). *(Mis)understanding the Fletcher-Munson curve*. Retrieved August 2, 2025, from <https://www.css-audio.com/post/2017/10/18/misunderstanding-the-fletcher-munson-curve?srs-Itid=AfmBOooB77oE341YJ9Z7SFQ7ABMY6bwSvTZiqV0XQ3cK16NR93DJ4Vyx>
- Bonino, S. (2016). Carbondioxide detection and indoor air quality control. *Occupational Health & Safety*. Retrieved August 2, 2025, from <https://oh-online.com/articles/2016/04/01/carbon-dioxide-detection-and-indoor-air-quality-control.aspx>
- CO2.Earth (2025). *Current carbondioxide concentration*. Retrieved August 2, 2025, from <https://www.co2.earth>
- Illés, I. (2020). A fül anatómiája, élettana. Tankórterem. Retrieved August 7, 2025, from <https://tankorterem.wordpress.com/2020/10/08/a-ful-anatomiaja-elettana/>
- Kobak Bt. (é.n.). Auidotechnológia jegyzet. Retrieved August 2, 2025, from <http://www.kobakbt.hu/jegyzet/AudioTechnologia>
- Kocsó, G. (2020). Műszaki akusztika és zajcsökkentés (önálló felkészülést segítő tananyag). Retrieved August 7, 2025, from http://ara.bme.hu/nep-tun/BMEGEATMKK3/2020-2021-I/ea_lecture/muak-zajv-onallo-2020-osz-13-14ea.pdf
- Wikipedia (2025). *Decibel*. Retrieved August 7, 2025, from <https://hu.wikipedia.org/wiki/Decibel>
- Hamby, W. (2004). *Ultimate Sound Pressure Level Decibel Table*. Retrieved August 7, 2025, from <http://www.makeitlouder.com/Decibel%20Level%20Chart.txt>