

Gyermekek hallásvédelmének stratégiája, a gyermekeket érő zajterhelés csökkentése

A gyermekrendezvények hangerősítésének vizsgálata és
szabályozására tett indítvány a gyermekek hallásvédelme és
hallásnevelésük érdekében

45210-7/2015

Összefoglaló jelentés

készítette:

A MTA Akusztikai Osztályközi Állandó Bizottsága

az Optikai Akusztikai Film- és Színháztechnikai Tudományos
Egyesülettel és a
Nemzetközi Gyermeckmentő Szolgálat Magyar Egyesületével
együttműködve

az
Emberi Erőforrások Minisztériuma
támogatásával

Budapest
2016

Projekt összefoglaló

A nagy hangerejű zene rendszeres hallgatása, a színházakban, különböző rendezvényeken, mozikban, felhangzó nagy hangteljesítményszinttel kisugárzott elektroakusztikai jelek hosszútávon is mérhető, végleges halláskárosodással veszélyeztetik gyermekeinket. Az egyre növekvő hangerejű zenehallgatás tendenciájának visszafogása a jövő generációt érintő társadalmi ügy. A gyermekek hallásának védelmét Magyarországon jelenleg semmilyen szabályozás nem biztosítja.

Ezért az MTA Akusztikai Osztályközi Állandó Bizottsága (MTA AOB) az Optikai Akusztikai Film- és Színháztechnikai Tudományos Egyesülettel (OPAKFI) és a Nemzetközi Gyermekmentő Szolgálat Magyar Egyesületével együttműködve szakértői csoportokat alakított ki, kiváló szakemberek bevonásával, akik széleskörű kutató, felmérő munkát végeztek a gyermekrendezvények zajterheléséről, és javaslatot dolgoztak ki a rendezvények hangerősítésének szabályozásáról. Orvoscsoport vezetője: Prof. Hacki Tamás, Zaj-akusztikus csoport vezetője: Dr. Arató Éva, Informatikai csoport vezetője Dr. Márki Ferenc.

A projekt jelentésben leírjuk, hogy milyen károsodás lép fel a gyermekeink hallási- és idegrendszerében a nagy intenzitású zaj, ill. zene hatására. Áttekintést adunk a jelenleg ismert zajvédelmi előírásokról, a gyermekek hallását védő rendelkezésekről, illetve azok hiányáról. Beszámolunk arról a széleskörű zajszintmérésről, amelyet különböző típusú gyermekeknek szóló, illetve gyermekek által látogatott rendezvényen csináltunk (25 mérés ovodákban, iskolákban, színházakban, mozikban, táncversenyeken, stb.)). Hallásmérési vizsgálatokat is végeztünk tipikus műsorok előtt és a műsor végeztével, bemutatva a hallásban a hangos zene által okozott időleges elváltozásokat (48 gyermeknél 2 fülön). Kérdőíves vizsgálatokkal az adott eseményen résztvevő szülők és gyermekek szubjektív véleményét kérdeztük ki az adott műsor hangosságára vonatkozóan (51 gyermek esetében).

Eredmények: A zaj-akusztikusok felmérései, az orvosok hallásvizsgálatai mind egyértelműen azt mutatják, hogy nagy hangerejű gyermekrendezvények igen gyakran előfordulnak. A zajterhelés a 25 mérésből 7 esetben „veszélyes mértékű”, 6 esetben „megfelelő” (azaz feltehetően nem halláskárosító), 13 esetben pedig „kockázatos” volt, azaz a 25 mérésből összesen 20 esetben lett volna szükség a gyermekek, illetve fiatalok bizonyos mértékű (a zajterheléstől és célszerűen az életkortól is függő mértékű) védelmére. A szabályozási kritériumok megalkotásánál vizsgálataink eredményeiből indultunk ki, mindig szem előtt tartva azt, hogy olyan szabályozást hozunk létre, amelynek betartása esetén, nagy valószínűséggel, egy gyermeknél sem fordulhat elő, egy adott rendezvényen való részvétele miatti halláskárosodás.

Szabályozás: A gyermekzenei rendezvények hangerőszabályozására tett összefoglaló javaslatunk, a rendezvényszervezőkre érvényes kötelezően betartandó intézkedések és a rendezvény résztvevői számára megfogalmazott ajánlásokból áll. A rendezvények 5 színből álló kategória besorolását javasoljuk, amelyben a zöld "megfelelő" max. 75 dB(A) hangnyomásszintre vonatkozik, a sárga "kis kockázatú" 75-80 dB(A), a narancs "kockázatos" 80-85 dB(A), a piros "nagyon kockázatos" 85-90dB(A), a sötét piros "veszélyes" 90-95dB(A), az e feletti pedig bordó "nagyon veszélyes". Behatároltuk az egyes ajánlott kategória határokat az életkor függvényében is. A rendezvényt lebonyolítók számára kötelező az adott műsort előre a megadott kategóriák valamelyikébe besorolni, és a műsor alatt a megadott határt betartatni. A kategóriabesorolást a rendezvény előtt kötelező közzétenni. Így a szülők és gyermekek eldönthetik, hogy részt kívánnak-e venni az adott kategóriájú rendezvényen vagy nem. Megadjuk továbbá a hangnyomásszint függvényében a közönség hangsugárzóktól való kötelező távolságtartásának mértékét is.

Ez az összefoglaló szabályozási javaslat véleményünk szerint alkalmas arra, hogy megóvja a gyermekeket attól, hogy a hangosított zenei rendezvények kárt tegyenek a hallásukban.

A társadalom számára közösségi platformként egy interaktív honlapot hoztunk létre www.ovdafuled.hu címmel.

Budapest, 2016. november 30.

Kvojka Ferenc
OPAKFI főtitkára

Dr. Vicsi Klára, DSc.
MTA AOB elnöke

A projektben résztvevő szakértői csoportok tagjai:

Az orvos szakértő csoport

Vezető: Prof. Hacki Tamás

Tagok: Prof. Tamás László, Dr. Gáborján Anita, Dr. Küstel Marianna, Prof. Gerlinger Imre, Enreiter Ádám

Zaj-akusztikai szakértő csoport

Vezető: Borsiné Arató Éva

Tagok: Kvojka Ferenc, Dr. Koscsó Gábor, Dr. Zainkó Csaba, Berndt Mihály, Muntag András, Dr. Huszty Csaba

Informatikai szakértő csoport

Vezető: Dr. Márki Ferenc

Tagok: Prof. Olaszky Gábor, Dr. Németh Géza, Tulics Miklós Gabriel

A jelentés tartalmazza: a Projekt szükségességének leírását (1., 2. és 3. pont), a vállalások elvégzésének leírását (4., 5., 6. pont), a következtetéseket (7. pont) jogszabályra tett javaslatot (8. pont), mérési eredményeket (9. pont).

Tartalom

1	PREAMBULUM	6
1.1	Környezeti zaj, a társadalom és a gyermek.....	6
1.2	A felnőttek felelőssége, helytelen hallási-hallgatási szokások	6
2	A GYERMEK HALLÁSÁNAK VESZÉLYEZTETETTSÉGE A NEMZETKÖZI EGÉSZSÉGÜGYI SZERVEZETEK ÁLLÁSPONTJA ÉS A TUDOMÁNYOS ISMERETEK TÜKRÉBEN	7
2.1	A zaj, ill. hangos zene hatására fellépő biológiai károsodás leírása	7
2.2	Az Egészségügyi Világszervezet álláspontja és felhívása	8
2.3	Az Európai Unió tanulmánya és további nemzetközi tudományos, klinikai vizsgálatok a gyermekek és fiatalok hallásának veszélyeztetettségéről	8
3	A JELENLEG ISMERT ZAJVÉDELMI ELŐÍRÁSOK, A GYERMEKEK HALLÁSÁT VÉDŐ ELŐÍRÁSOK, ILLETVE EZEK ELÉGTELENSÉGE, HIÁNYA. AZ ELEKTROMOS HANGERŐSÍTÉSŰ GYERMEKRENDEZVÉNYEK HANGERŐ-SZABÁLYOZÁSÁNAK SZÜKSÉGESSÉGE	10
4	ZAJVIZSGÁLATOK GYERMEKEKNEK SZÓLÓ, ILLETVE GYERMEKEK ÁLTAL LÁTOGATHATÓ RENDEZVÉNYEKEN.....	12
4.1	A rendezvények kiválasztása, lebonyolítás.....	12
4.1.1	A vizsgált rendezvények	12
4.1.2	A mérés célja és módja	12
4.1.3	A mérést végző személyek és a mérőműszerek.....	12
4.1.4	Mérési pontok, mérési idő, egyéb körülmények	13
4.2	A vizsgálati eredmények	13
4.3	A javasolt mérési, értékelési módszer	16
4.3.1	Elvi megfontolások.....	16
4.3.2	Zenés, műsoros rendezvények zajvizsgálati módszerei	18
4.3.3	A zenés, műsoros rendezvényeken részt vevő gyermekek és fiatakorúak zajterhelésének megítélése – zajszint, zajdózis	19
4.4	Szakirodalom	21
5	HALLÁSVIZSGÁLATOK (AUDIOLÓGIAI MÉRÉSEK) A RENDEZVÉNYEK ZAJTERHELÉSÉVEL KAPCSOLATOSAN	22
5.1	A rendezvények kiválasztása, lebonyolítás, a gyermekek kiválasztása	22
5.2	Hallásmérési vizsgálatok leírása	22
5.2.1	Otoakusztikus emisszió mérés, DPOAE	22

5.2.2	Kérdőíves vizsgálatok	26
5.3	Eredmények	27
5.3.1	Otoakusztikus emisszió mérések eredményei	27
5.3.2	Kérdőívek eredményei	31
5.4	Szakirodalom a 2. és 5. fejezetekhez	32
VOGEL, I., ET AL., (2010): ESTIMATING ADOLESCENT RISK FOR HEARING LOSS BASED ON DATA FROM A LARGE SCHOOL-BASED SURVEY. AM J PUBLIC HEALTH. 100(6): P. 1095-100..... 34		
6	A SZAKÉRTŐI CSOPORTOK ÁLTAL KÖZÖSEN LEVONT KÖVETKEZTETÉSEK.....	35
6.1	A szabályozás javasolt feltételei.....	35
6.2	A hallásvédelem szempontjából tett ajánlások a rendezvény résztvevői számára.....	35
6.2.1	Ajánlások az életkor figyelembe vételével	35
6.2.2	Kiegészítő ajánlások a behatási idő figyelembevételére.....	37
6.3	A rendezvényszervezők számára kötelezően betartandó intézkedések.....	38
6.4	A szabályozási javaslat összefoglalása	38
7	TÁRSADALMI MOZGÓSÍTÁS	40
7.1	Internet fórum	40
7.2	Mobiltelefonos zajmérés.....	41
7.2.1	A mobiltelefon zajmérés szempontjából releváns műszaki jellemzői – kalibrálási feladat és megoldása	43
8	GYERMEKEK ZAJVÉDELMEÉRE TETT JOGALKOTÁSI JAVASLATOK	45
9	Z MELLÉKLET: A ZENÉS RENDEZVÉNYEK, MŰSOROK ZAJMÉRÉSI EREDMÉNYEI	53
10	ZZ. MELLÉKLET: NÉHÁNY ELRETTENTŐ PÉLDA KÉPEKBEN	76
11	ZZZ. MELLÉKLET: A MOBILTELEFONOK KALIBRÁCIÓS ELJÁRÁSÁNAK A KIDOLGOZÁSA – HARDVER, SZOFTVER LEÍRÁS	81

1 Preambulum

1.1 Környezeti zaj, a társadalom és a gyermek

Korunk egyik, a gyermekeket is érő, kimutatható egészségkárosító hatása az egyre nagyobb környezeti zajterhelés. Míg a társadalom már védekezik a lakókörnyezetet és a dolgozó embereket érő zaj ellen, a szabadidőben a zaj-zene által történő (ön) károsításnak nincs gátja, szabályozása. A szórakozóhelyeken, főleg zárt térben a néző-hallgató közönség, továbbá a zenészek és a hangtechnikusok szinte korlátlanul károsíthatják hallószervüket. A hallgatók hallószervi egészsége a hangtechnikusok, a zenészek, a műsorrendezők ízlésének, hallási-hallgatási szokásainak van kitéve. A hangerősítést végzők pedig a közigényre, közízlésre, ennek kényszerítő hatására hivatkoznak. A divatot követők nem törődnek az akut és később jelentkező egészségkárosító hatásokkal és az ebből adódó, a társadalmat érő anyagi és immateriális kárral.

A felnőttek számára rendezett nyilvános események, diszkók (diszkótékák) túlméretezett hangerősítése ellen hatékonyan fellépni jelenleg szinte lehetetlen. A felnőttek maguk felelnek saját egészségükért, hallásukért is, így aktívan tehetnek (tehetnének) valamit hallásuk védelmének érdekében. Más a helyzet a túl hangos gyermekműsorokkal.

A gyermekrendezvényeken felhangzó nagy hangerővel kisugárzott akusztikai jelek, továbbá az egyéni fülhallgatós zenehallgatásra kialakított készülékek (személyes hanglejátszók) gyermekek által nagy hangerőn történő használata rövid és hosszú távon is mérhető halláskárosodást okoz. A gyermeket érő zajnak egyéb egészségkárosító hatása is ismeretes: figyelemzavar, tanulási zavar, magatartási eltérés, a keringést és az emésztést érintő megbetegedés.

1.2 A felnőttek felelőssége, helytelen hallási-hallgatási szokások

A gyermekek nem képesek felmérni, mennyire káros a nagy hangerő, a tanárok és a szülők pedig ritkán tiltakoznak a hangtechnika rendszeres túlkapása ellen. Ennek következményeképpen károsodik a gyermekek hallása, és egyben megszokják a zene, a beszéd, általában a műsorok túl hangos hallgatását, azaz auditív szokásaik rossz irányba terelődnek. A zajban "szocializált" szülők és nevelők már maguk sem veszik észre ezt a környezeti ártalmat, gyermekeiket nem óvják. Így a helytelen hallási szokások "újratermelődnek": a zajra érzéketlen, a túlzott hangerőt "normálisnak" tekintő szülők piciny gyermekeiket a hátukon és babakocsiban popkoncertekre viszik, az iskolai rendezvények csivitelő gyermekcseregét nem csendre szoktatják, hanem hangerősítő segítségével túlharsogják. A multiplex filmszínházak a gyermekfilmeket a felnőtt akciófilmek hangerejével közvetítik, gyermekműsorok zenekari zenészei saját rossz hallási szokásaiknak (és halláscsökkenésüknek) megfelelően erősítőberendezéseiket ugyanúgy használják, mint a rock-koncerteken. Gyermekműsorok moderátorai a gyermekeket sokszor versenyszerű üvöltésre motiválják.

Az egészséget károsító, egyre terjedő és veszélyesen növekvő hangerősítési gyakorlatnak visszafogására jelenleg az országban semmilyen szabályozás nincs. Még figyelemfelhívó információ sem jelenik meg sehol.

2 A gyermek hallásának veszélyeztetettsége a nemzetközi egészségügyi szervezetek álláspontja és a tudományos ismeretek tükrében

2.1 A zaj, ill. hangos zene hatására fellépő biológiai károsodás leírása

Hallásromlás, a hallószerv károsodása és ennek következményei

Miután a gyermekek, a fiatalok még nincsenek munkahelyi zajártalomnak kitéve, a szakemberek szerint csakis a szabadidős zaj, azaz a rendezvények, diszkók és a személyes zenelejátszók (MP3) használata lehet oka a nemzetközileg megfigyelt, az egymást követő korosztályokat egyre jobban érintő hallásromlásnak. A szabadidő során észlelt zajokat (zenét) "szociális zajnak" szokták nevezni szemben a munkahelyi zajjal.

A zaj okozta halláskárosodás elsősorban a belső fület éri. Itt a zajra legérzékenyebbek a csiga ún. külső szőrsejtjei, azok a receptorok, amelyek javítják a fül frekvencia-felbontását, és képessé teszik az igen halk hangok érzékelésére, a nagyon hangos hangok tompítására. Ezek a finom, több sorban elhelyezkedő, izomrostokhoz hasonló elemeket (Prestin nevű motorproteint) tartalmazó, a hallóideggel összeköttetésben álló struktúrák hanghatásra aktív összehúzódásra képesek (elektromotilitás). Az összehúzódás terméke az ún. otoakusztikus emisszió (OAE), az akusztikus ingerre adott, a hallójáratban mikrofonnal detektálható, a belsőfülből kifelé sugárzott hangjelenség. Csak az ép belsőfül, illetve az ép külső szőrsejtek képesek OAE-t produkálni. Zaj okozta hallószervi károsodás elsősorban a szőrsejteket érinti: visszafordítható anyagcserezavar, nem visszafordítható sejt-elhalás formájában. A károsodás érheti a hallóideget, illetve a hallórendszer pályáit is. A környezeti zaj ritkán okoz azonnali, klinikailag megállapítható károsodást, tekintettel a szőrsejtek nagy számára. A tartós, ismételt zajnak azonban kumulatív a hatása, a károsodás nem a legfiatalabb korban, hanem később manifesztálódik (Harrison 2012). Fontos ismeret az, hogy fiatal korban elszenvedett zajbehatás sérülékennyé teszi a hallószervet, illetve elősegíti korai "öregedését" (Kujawa and Liberman 2006). A gyermeknél nem a "nagyothonhallás" megfogalmazása az elsődleges szimptóma, hanem a rossz beszédértés, a zajban, így az iskolában is gondot okozó kommunikációs probléma.

Egyéb bio-pszichológiai hatások

A hallószerv károsodásán kívül a zaj bio-pszichológiai negatív hatásai ismertek: A környezeti zaj befolyásolja a pszichés és kognitív teljesítményt, így a figyelmet és a tanulást, a motivációt, az iskolai teljesítményt. A beszédfejlődés zavara, a tanulási zavarok súlyos következménnyel járnak az egyén és a közösség számára. A zaj okozta káros hatások, ezek egészségügyi, szociális következményei a társadalomra nézve anyagi hátrányokkal is járnak.

A zaj okozta vegetatív hatások befolyásolják a test számos funkcióját: a perifériás vérerek összehúzódnak, a pulzusszám megnő; a légzés meglassul és mélyül, a bőr elektromos ellenállása csökken, a törzs izomzata megfeszül. A gyomor-bél működésében változás áll be, a vér és a vizelet kémiai összetétele stressz reakciót mutat.

A zaj, különösen kis gyermekeknél (de felnőttek esetén is) félelmet okoz: ezt az ősi reflexet váltja ki az emberek és az állatok ordítása is. A mély frekvenciájú zaj félelem okozó hatását példázza a dörgés, az ismeretlen morajlás, a földrengés. A zaj rontja az alvás minőségét is.

A bio-pszichológiai károsító hatásokkal foglalkozó tanulmányok jelentős része felhívja a figyelmet a környezeti zajra, a gyermekeket érő, szokásos napi zajhatásra, amely őket a többnyire rossz akusztikájú óvodában, iskolában, a közlekedés és játszás során éri. A mindennapok zaja által megterhelt, esetleg nem kipihent hallórendszert különösen károsítja a személyes zenelejátszók használata és a nyilvános rendezvények felfokozott hangereje. Míg a személyes hanglejátszók hangkissugárzását rendeletek egyre inkább szabályozzák, a nyilvános rendezvények hangerejét illető szabályozás várat magára.

2.2 Az Egészségügyi Világszervezet álláspontja és felhívása

A nemzetközi tudományos vizsgálati eredmények és statisztika alapján az Egészségügyi Világszervezet 2015. február 27-én megjelentetett egy felhívást a fiatalok hallásának veszélyeztetettségéről "1.1 milliárd fiatalember hallása van veszélyben" címen (<http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/ear-care/en/>). A felhívás hangsúlyozza, hogy a szabadidős zaj a halláscsökkenésen túl további potenciálisan káros következménnyel jár: a testi és lelki egészség romlásával, hátránnyal a tanulásban és a foglalkoztatásban. *A kormányok kompetenciája alá tartozik a rendeletek, előírások meghozatala, a szülők, tanárok, orvosok felelőssége a felvilágosítás, az akusztikai eszközök gyártói pedig a használati hangerő behatárolásáért felelősek.*

Az Egészségügyi Világszervezet az elmúlt évtizedek nemzetközi tudományos vizsgálatai alapján felhívja a figyelmet arra, hogy az egymást követő generációk hallása a "szabadidős zajok" következtében fokozatosan romlik.

Már az 1990-es években a németországi katonai sorozási vizsgálatoknál és más hallásvizsgálatok alapján feltűnt, hogy a 18-24 éves férfiak jelentős részének, ¼-ének halláscsökkenése van (Struwe, F., et al. 1996; Hoffmann, E. 1997).

A hallókészülékek felírása a gyermekek és fiatalok számára Németországban jelentősen terheli az egészségpénztárakat. Az egyik német egészségpénztár (Techniker Krankenkasse) számítása szerint 2007-2008. évben Bajorországban igen nagyszámú, 1550, illetve 1280 18 éven aluli gyermek és fiatal szorult hallókészülékkel való ellátásra (Ohrkan Studie 2012).

Svéd iskolások nagy csoportjának (2325 fő) vizsgálatakor feltűnt az életkorral párhuzamosan növekvő halláskárosodás előfordulása: 7-évesek esetén 8%, 10-éveseknél 14%, 13-éveseknél 12,4% (Axelsson et al. 1987). Ez az adat a hangos zenehallgatás évek során kumulálódó káros hatására vezethető vissza.

Az Egyesült Államokban egy reprezentatív (n = 5249) és igen jó vizsgálati minőséggel 1988-1994-ben végzett tanulmány (Third National Health and Nutrition Examination Survey NHANES III) alapján zajártalom okozta hallásküszöbemelkedést tapasztaltak a 6-11 éves korcsoport 8,5%-ánál és a 12-19 évesek (n=2928) 15,5% százalékánál (Niskar et al., 2001.). Az "NHANES 2005-2006" tanulmány (Shargorodsky et al., 2010) kiértékelése szerint már 19,5%-ban találtak halláscsökkenést a 12-19 éves korcsoportnál (n=1771), ami különösen a hangos zenehallgatásra vezethető vissza.

2.3 Az Európai Unió tanulmánya és további nemzetközi tudományos, klinikai vizsgálatok a gyermekek és fiatalok hallásának veszélyeztetettségéről

Az Európai Unió 2008-as összefoglaló tanulmánya (SCENIHR, Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function. 2008, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, European Commission.) a szabadidőben történő zajterhelés, a "szociális zaj" következményeivel foglalkozik a fiatalok szempontjából, és igen fontos megállapításokat tesz:

A tanulmány megállapítja, hogy az 1980-as évekhez képest a "szociális zajnak" kitett fiatal emberek száma mintegy 19%-al megnőtt, míg a munkahelyi zaj expozíciója csökkent. Fontos megállapítás, hogy a munkahelyi 8-órás egyenértékű A-hangnyomásszint (zajszint, $L_{eq\ 8h}$) számítása alkalmazható a szociális zaj hatásának mérésére. (Az egyenértékű hangnyomásszint a zaj erősségén túlmenően az egyes terhelések behatási idejét is figyelembe veszi és időben átlagolja.)

A munkahelyi zajt egyre szigorúbb előírások szabályozzák. A 2006. óta érvényes hazai munkahelyi zajrendelkezések szerint a 8 órára vonatkoztatott egyenértékű A-hangnyomásszint – $L_{EX,8h}$ – 80 dB(A) esetén eléri a kötelező zajvédelmi akció küszöbét (alsó beavatkozási határérték). Ennek alapján történik a már veszélyt jelentő zaj mértékének számítása: 3 dB(A)-es hangnyomásszint-növekedés a behatási idő megfelelését teszi szükségessé. Így a 83 dB(A) zaj esetén 4 óra, 86 dB(A) esetén 2 óra, 89 dB(A) zajbehatás esetén 1 óra behatási idő felel meg a 8-órás 80 dB(A)-es (munkahelyi és egyéb) zajterhelésnek. Egy fejhallgató (MP3) zenelejátszó 95 dB(A) hangnyomásszintű, mindössze 15 percig tartó hallgatása, továbbá egy éjszakai klubban gyakran előforduló 104 dB(A) hangnyomásszint alig 2 percig történő hallgatása is a 80 dB(A) 8 órás, már veszélyt jelentő zajexpozíciónak felel meg.

Nagy hangnyomású zajexpozíció és hang-zeneexpozíció hasonló halláskárosodást okoz, azaz a munkahelyi zaj és a szabadidős zaj között a hatás szempontjából alapvetően nincs különbség. Ugyanakkor, egyes vizsgálatok szerint, a rövid ideig tartó, de hangosabb zajbehatásnak (pl. zenehallgatásnak) nagyobb a hallószervre gyakorolt káros hatása, mint az alacsonyabb szintű, de hosszabb ideig tartó munkahelyi zajexpozíciónak (Lapsley Miller et al. 2006).

A szabad térben (diszkóteka, popkoncert stb.) során elviselt zaj és a személyes fej-fülhallgató hanglejátszók (MP3) által közvetített zaj azonos hatásúnak tekintendő. E megállapítás jelentősége abban áll, hogy a nagyszámú "MP3"-tanulmány eredménye átvihető a nyíltterű zajhatásra.

Popkoncertek hatása az EU tanulmány szerint:

Popzenészek 13-30%-ánál tapasztaltak enyhe fokú halláscsökkenést. A popzenészek 2 órán át tartó 98 dB(A) hangnyomásszint (zajszint) esetén mutatnak átmeneti hallásküszöb-emelkedést, míg a hallgatóközönségnél már 92 dB(A) hangnyomásszint hallgatása után mérhető küszöbemelkedés. A hallgatóság tehát érzékenyebbnek bizonyul (Axelsson and Lindgren 1977-1978). Más publikációk (Stormer and Stenkew 2007) pop- és rockzenészeknél maradandó halláscsökkenést és fülzúgást írtak le. Közismert, hogy a szülők nem ritkán kiskorú gyermekeiket is popkoncertekre viszik.

Diszkóteka és popkoncertek hatása a hallásra:

2 óra diszkóban eltöltött idő és az itt jellemző 105 dB(A) átlagos hangnyomásszint 10 dB-es átmeneti hallásküszöb-emelkedést okozhat (Liebel 1996). A diszkók közönségének fele számíthat átmeneti halláscsökkenésre, 20%-a pedig fülzúgásra is (Rosanowski 2006).

Azok a fiatalok, akik egy hónapon belül legalább háromszor látogatnak diszkotékát, magashang-vesztéssel számolhatnak (Dieroff et al 1991).

Popkoncertek után számos fiatal keresi fel a fül-orr-gégészeti rendelőket hallási trauma miatt, halláscsökkenés, fülcsengés miatt. Meyer-Bisch (1996) 24 emelkedett hallásküszöbű fiatalról számol be, akik kétharmada egyetlen koncertet látogatott, egyharmada többször járt diszkotékában, 5 fiatal fülcsengésről is panaszkodott.

Diszkotékák személyzete nagyobb valószínűséggel szenved el halláscsökkenést és kap fülzúgást, mint a zajnak nem kitett populáció (Lee 1999).

A magyar fiatal populáció hasonló zajterhelésnek van kitéve mint a többi európai fiatal: A nem túl nagy, 80 dB HL nagyságú, mindössze 3 perc időtartamú zajnak a fülre való közvetlen hatása - Kiss és mtsai szerint (Kiss et al. 2001) - már észlelhető a belsőfül szőrsejtjeinek reakciója alapján (DPOAE mérés), annak ellenére, hogy a hallásküszöböt ez a rövid időtartamú zaj még nem változtatja meg. A krónikusan elszennvedett zaj ugyanakkor már hatással van a hallásküszöbre is: Katona G. és mtsai (2011) 1119 16-17 éves középiskolás gyermek szűrővizsgálata alapján 12 gyermek esetében talált 30 dB-es egy- vagy kétoldali halláscsökkenést a zajártalomra jellemző 4 kHz körüli tartományban. A gyermekek hallószervét az "MP3" zeneformátum lejátszóinak túl nagy hangerővel történő használata is terheli (Révész, P., Gerlinger, I. 2011) épp úgy, mint a halláskárosodást okozó permanens zajhatás a nagy csoportlétszám és a nem-optimális teremakusztika miatt (Kvočka és München 1977).

Szakirodalom a 2. fejezethez az 5.4. pont alatt található.

3 A jelenleg ismert zajvédelmi előírások, a gyermekek hallását védő előírások, illetve ezek elégtelensége, hiánya. Az elektromos hangerősítésű gyermekrendezvények hangerő-szabályozásának szükségessége

Az Európai Unió hivatalos lapjában 2003-ban megjelent, a zajvédelemmel kapcsolatos irányelvek (16. fejezet, 1. bekezdés, 89/391/EWG irányelvek) rámutatnak arra, hogy a tudománynak a zaj egészséget károsító hatásával kapcsolatos jelenlegi állása nem teszi lehetővé a zajexpozíciós határok biztos meghatározását (8. pont). Az érvényes munkahelyi zajexpozíciós határok sokéves, nagyszámú adatra támaszkodva alakultak ki, amelyeket részben a zene-szórakoztatóiparban dolgozó munkavállalókra is kiterjesztenek. Ugyanakkor a zene-szórakoztatóipar közönségének zajexpozíciójára vonatkozó egységes előírások nincsenek. Az ezen területen jelenleg található javaslatok, előírások a következők:

Svájc

A Svájci Szövetségi Tanács 2007. február 28-án kiadott, 2012. február 15-én pontosított előírása, amely az 1983. október 7-én kiadott Környezeti Védelemről szóló rendelet 1-es paragrafus 13. és 39. bekezdésén alapszik, gyermekekre vonatkozóan a következőket tartalmazza. (<https://www.admin.ch/opc/en/classified-compilation/20022391/201203010000/814.49.pdf>)

Az elektroakusztikusan erősített hang káros hatásától a hallgató közönséget óvni kell. A zenei esemény szervezőjének meg kell bizonyosodnia arról, hogy 16 év alatti fiatalok, illetve gyermekek rendezvényén a hangnyomás a 93 dB(A) L_{Aeq} 1 órára mért átlagot nem haladja meg.

Ausztria

Az Osztrák Környezetvédelmi Hivatal (Umweltbundesamt) a "Rendezvények Zajvédelmi előírásai" (Lärmschutzrichtlinien für Veranstaltungen, Dipl. Ing Christoph Lechner és mtsai, Reports Band 0310 Wien, 2011, ISBN: 978-3-99004-112-3, 44 S.

http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub_id=1892)

A zenés, elektroakusztikusan erősített rendezvényekre a 93 dB(A) Leq_{1h} határértéket jelöli meg. A 93 dB(A) határérték azt jelenti, hogy a zenei rendezvényen egy percnyi (bármelyik egy percig mért) Leq sem lépheti át ezt az értéket. 12 év alatti gyermekek által látogatott rendezvényre ez a határérték nem érvényes. Az első szerző Ch. Lechner véleménye szerint a 12 éves gyermekekre való utalás annyit jelent, hogy gyermekeknél ennél is szigorúbban kell eljárni. Konkrét mérőszámuk nincs, tudományosan meghatározott, a gyermekeket érintő adat (határérték) nem áll rendelkezésükre. Hangos előadással kapcsolatos panasz esetén Ausztriában orvos-szakértő véleményét lehet megkérdezni.

Németország

Németországban nincs jelenleg rendeleti előírás, amely a rendezvényekre vonatkozik, ugyanakkor közzismert a DIN 15905-5:2007-11 norm, amely a rendezvényszervezők érdekképviselőjének irányadása, javaslata az elektroakusztikusan hangosított előadások látogatóinak hallásának védelméről. Az itt közreadott javaslat szerint, a megítélési hangnyomásszint dB(A) az előadás egyik pillanatában és a néztétér semelyik pontjában sem haladhatja meg a 99 dB(A)-t, a csúcserő pedig a 135 dB(A)-t. Ha a zaj hangnyomásszintje 85 dB(A) vagy több, a közönséget informálni kell, információs anyagot kell a hallgatók rendelkezésére bocsájtani, amely a zajnak az egészségre kárt okozó jellegét ismerteti. 95 dB(A) megítélési hangnyomás esetén a hallgatóság rendelkezésére kell bocsájtani hallásvédelmi eszközöket, és javasolni kell ennek viselését (ld. 4. fejezet). A DIN 15905-5:2007-11 javaslatnak nincs kötelező ereje, de a bíróságok számára támpontot jelent (<http://www.din15905.de/vergleich.html>).

Svédország

Zenei rendezvények hangnyomásszintjének a szabályozására Svéd Nemzeti Egészségügyi és Jóléti Hivatal 2005-ben bocsátott ki szabvány előírást: SOSFS 2005:7. (<http://www.alvesta.se/contentassets/3f44be7e6ca2406ea3ac952a0cde8d87/sos-rad-om-hoga-ljudnivaer.pdf>)

Ezt a szabályozást 2012-ben felülbírálták és megállapították, hogy az előírásban foglaltak helyesek, és a továbbiakban is érvényesek, maga az előírás elnevezése megváltozott: FoHMFS 2014:13. (<https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/foreskrifter-och-allmanna-rad/fohmfs-201413/>)

Az előírásban szereplő hangnyomásszint-korlát, amelyet nem szabad túllépni *felnőtteknek szánt műsorok esetében* 100 dB LAeqT és 115 dB LAFmax, ahol LAeqT az A súlyozott ekvivalens hangnyomásszint, a T a mérési idő és LAFmax a legmagasabb A súlyozású hangnyomásszint.

A 13 év alatti gyermekeknek szánt műsorok esetében az előírt határérték 90 dB LAeqT, vagyis 10 dBA-val alacsonyabb szint mint a felnőttek esetében!

A T mérési idő 60 perc, abban az esetben, ha a hallgatóság nem mozog. 60 percnél rövidebb előadásokkor pedig, a teljes műsor idő. Amennyiben a hallgatóság mozog, mint például a diszkókban, táncos eseményekkor, a mérési idő 15 perc. A hallgatóság terében az ilyen módon mért hangnyomásszinteknek az előírt határértékeket sehol sem szabad túllépni.

Magyarország

A halláskárosodás elleni védelemmel hazánkban a munkavállalókat érő zajexpozícióra vonatkozó minimális egészségügyi és biztonsági követelményekről szóló 66/2005. (XII. 22.) EüM rendelet foglalkozik. A rendelkezést részleteiben a 4..3.1 fejezet taglalja.

4 Zajvizsgálatok gyermekeknek szóló, illetve gyermekek által látogatható rendezvényeken

4.1 A rendezvények kiválasztása, lebonyolítás

4.1.1 A vizsgált rendezvények

A gyerekeknek (fiataloknak) szánt zenés, műsoros rendezvények kiválasztásánál a sokszínű jelleget (népzene, táncverseny, mozi, ...) és a feltételezett jelentősebb zajterhelést tekintettük alapvető szempontnak.

A méréseket a szervezőkkel többnyire előre egyeztetttük, de végeztünk „inkognitó” mérést is.

Adatvédelmi okból ez a jelentés csak a rendezvényekre vonatkozó általános, az értékeléshez szükséges adatokat foglalja össze.

A jelen munka keretében 17 zenés műsor helyszínén összesen 25 műszeres zajmérés eredményét dolgoztuk fel. A vizsgált rendezvények részletes zajmérési eredményeit a Z melléklet tartalmazza, ezekből az értékeléshez alkalmazott eredményeket a 4.1. táblázat foglalja össze.

4.1.2 A mérés célja és módja

A zajvizsgálattal a „Gyermekek hallásvédelmének stratégiája” tárgyú feladattal összhangban

- egyrészt átfogó képet kívántunk kapni a zenés, műsoros gyermek-rendezvényeken részvevő személyeket érő zajterhelésről,
- másrészt pedig a mérési eredmények feldolgozásával, értékelésével alapoztuk meg a gyermekek és fiatalok hallásvédelme érdekében készülő szabályozást.

A zenés rendezvényeken kialakuló zajterhelés meghatározásához a hazai és a nemzetközi gyakorlatban elfogadott L_{Aeq} egyenértékű A-hangnyomásszint és L_{Cpeak} C-csúcsangnyomásszint értékeket mértük [1, 2]. A zajterhelést precíziós integráló zajsztimérrel, a helyszínen mért adatokból számítással határoztuk meg. A mérés és értékelés során a [3] rendelet és a [4] szabvány előírásait vettük figyelembe.

Megjegyezzük, hogy a munkahelyi zajterhelés vizsgálatára vonatkozó [3] rendelet használatát a zenés rendezvényeken a munkahelyekhez hasonló, időben változó, nagy zajterhelés indokolja (lásd 2.3 fejezet: az Európai Unió tanulmánya). Ugyanakkor tisztában voltunk azzal is, hogy a munkahelyi zajterhelés sok szempont miatt – hosszú, éveken át tartó zajterhelés, munkahelyi kötelezettség stb. – lényegesen más megítélés alá tartozik, mint a szórakozóhelyeken kapott zajterhelés.

A zajterhelés minősítéshez szükséges alapmennyiségeken túl, a részletes értékeléshez, a teljes műsoridő alatt az 1 másodperces időtartamokra vonatkozó, különböző súlyozású és időállandójú hangnyomásszint (L_{Aeq} , L_{AFmin} , L_{AFmax} , L_{Cpeak} , L_{Ceq} stb.) adatsorokat is rögzítettük.

4.1.3 A mérést végző személyek és a mérőműszerek

A zajmérést nagy gyakorlattal rendelkező szakemberek, zajvédelmi-, akusztikus szakértők végezték. A zajmérésnél alkalmazott műszerek minden esetben a vonatkozó rendeletben, illetve szabványban meghatározott 1. pontossági osztályú kézi zajsztimérök voltak.

4.1.4 Mérési pontok, mérési idő, egyéb körülmények

A zajméréseknél a mérési pontokat a közönség által is megközelíthető, várhatóan a legnagyobb zajterhelést adó helyeken úgy vettük fel, hogy az előadást, illetve eseményt a legkevésbé zavarja.

A mérési pontokat – a vonatkozó zajmérési előírásokhoz igazodva – az épületfalaktól, egyéb nagyméretű határoló elemektől legalább 2m távolságban, a járószinthez képest a közönség ülő testhelyzete esetén 1,25m, álló testhelyzetnél 1,5m magasságban jelöltük ki.

A mérési idő általában megegyezett a teljes műsoridővel, illetve egyes rendezvényeknél rövidebb idejű, de a műsorzajra jellemző méréseket végeztünk.

4.2 A vizsgálati eredmények

A vizsgált rendezvények részletes zajmérési eredményeit az **Z** melléklet tartalmazza, ezekből az értékeléshez alkalmazott eredményeket a 4.1. táblázat foglalja össze. A mérések alkalmával néhány elrettentő esetről fotót is készítettünk, amelyeket a **ZZ** mellékletben közlünk.

A 4.1. táblázatban megadott paraméterek értelmezése:

$\Delta t_{\text{műsor}}$	[s]	a rendezvény műsorideje
$\Delta t_{\text{mérés}}$	[s]	mérési idő
L_{Aeqm}	[dB]	a rendezvényen méréssel meghatározott egyenértékű A- hangnyomásszint, a teljes műsoridőre vonatkoztatva
$L_{\text{Aeq,1perc}}$	[dB]	a rendezvényen méréssel meghatározott legnagyobb 1 perces egyenértékű A- hangnyomásszint
$L_{\text{Aeq,M30}}$	[dB]	a rendezvényen méréssel meghatározott legnagyobb 30 perces egyenértékű A-hangnyomásszint
$L_{\text{Cpeak,max}}$	[dB]	a rendezvényen méréssel meghatározott legnagyobb C-hangnyomásszint, csúcs (peak) időállandóval
$L_{\text{Cpeak, lin átl}}$	[dB]	a rendezvényen csúcs (peak) időállandóval, méréssel meghatározott legnagyobb C-hangnyomásszintek lineáris átlaga
$S_{L_{\text{Cpeak}}}$	[dB]	a rendezvényen csúcs (peak) időállandóval, méréssel meghatározott legnagyobb C-hangnyomásszintek tapasztalati szórása A mérések alkalmával néhány elrettentő esetről fotót is készítettünk, amelyeket a B mellékletben közlünk.

A zenés gyermekrendezvényeken mért zajjellemzők

Műsor	A Z melléklet szerinti jelölés	A mérés helye	$\Delta t_{\text{műsor}}$	$\Delta t_{\text{mérés}}$	L_{Aeqm}	$L_{\text{Aeq,1perc}}$	$L_{\text{Aeq,M30}}$	$L_{\text{Cpeak max}}$	$L_{\text{Cpeak, lin átl}}$	$S_{L_{\text{Cpeak}}}$
			[perc]	[perc]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Színházterem, gyermek-koncert	Z1.1	földszint, 1.sor.	63	63	84,3	90,5	85,3	118,4	103,4	6,6
	Z1.2	földszint, középen			81,9	87,5	83,0	117,1	101,5	7,3
	Z1.3	erkélyen			81,5	87,1	82,3	114,4	100,2	6,9
Egy musical	Z2	földszinten, a csarnok közepén	70+73	143	87,9	96,4	90,0	121,3	106,6	5,8
Mozi-gyerekfilm, I.	Z3	moziterem, 6.sor	96	96	69,7	76,1	69,9	119,1	84,5	7,9
Mozi-gyerekfilm, II.	Z4	a moziterem közepén	92	92	75,6	80,3	75,7	115,8	89,2	7,3
Mozi-gyerekfilm, III.	Z5	a moziterem közepén	95	95	67,6	73,1	68,8	110,9	81,4	17,6
Táncverseny I.	Z6	a lelátó legfelső sora	112	112	83,0	87,3	83,6	121,8	102,6	6,7
Táncverseny II.	Z7	a lelátó legfelső sora	166	166	83,2	86,4	83,8	116,5	98,6	5,9
Óvodai koncert	Z8	a nézőtér első sora	80	80	86,5	91,4	87,8	116,5	100,4	7,6
Népzenei előadás	Z9	a színpaddal szemben, 5,5m-re	68	68	82,1	88,7	86,6	116,3	98,5	6,3
Iskolai táncos, zenés program	Z10	a tornaterem oldalfala előtt	130	130	86,9	94,6	88,6	117,2	99,8	8,8
Koncert gyerekeknek	Z11	a színpadtól 7m-re	90	90	88,4	94,9	90,3	119,6	107,1	6,4

A zenés gyermekrendezvényeken mért zajjellemzők (folytatás)

Műsor	A Z melléklet szerinti jelölés	A mérés helye	$\Delta t_{\text{műsor}}$	$\Delta t_{\text{mérés}}$	L_{Aeqm}	$L_{\text{Aeq,1perc}}$	$L_{\text{Aeq,M30}}$	$L_{\text{Cpeak max}}$	$L_{\text{Cpeak, lin átl}}$	$S_{L_{\text{Cpeak}}}$
			[perc]	[perc]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Egy rock-fesztivál egy napja	Z12.1	az 1. mérőszemély mozgását követve	450	450	90,3	98,5	94,1	134,9	119,8	10,4
	Z12.2	a 2. mérőszemély mozgását követve	460	460	96,3	106,3	101,5	140,8	123,3	12,6
	Z13.3	a 3. mérőszemély mozgását követve	460	460	93,7	105,9	100,9	139,5	121,8	10,7
	Z13.4	a 4. mérőszemély mozgását követve	405	405	97,3	109,9	104,5	137,2	122,6	11,1
Gyermeknap műsorok*										
katonazenekar	Z13.1	10m-re	30	7	84,4	86,6	-	111,9	110,8	1,0
katonazenekar, a mérés előtt elhalad	Z13.2	10m-re	30	10	87,9	90,3	-	119,1	116,2	3,4
latin gépzene+ének	Z13.3	hangfaltól 8m-re	30	4	95,5	96,6	-	119,3	118,9	1,0
latin gépzene+ének	Z13.4	hangfaltól 3m-re	30	2	100,1	100,7	-	123,7	-	-
élő gitárzene	Z13.5	hangfaltól 8m-re	30	18	87,5	90,5	-	117,7	114,1	2,1
tánc, gépzenevel	Z13.6	hangfaltól 8m-re	30	5	91,2	92,6	-	119,8	118,5	2,8
élő gitárzene	Z13.7	hangfaltól 8m-re	30	5	98,3	101,0	-	125,6	123,4	1,9
élő gitárzene	Z13.8	hangfaltól 4m-re	30	4	100,1	101,0	-	125,5	122,0	2,4

* A műsorajra jellemző rövid idejű (2-18 perc) mérésekből a 30 perc műsoridőkre vonatkoztatott eredmények

4.3 A javasolt mérési, értékelési módszer

4.3.1 Elvi megfontolások

Ahogyan a 2. fejezetben részletesen kifejtettük, az intenzív, illetve hosszú időtartamú zaj a hallószervünkben kárt okoz és egyéb pszicho-fiziológiai veszélyt is hordoz magában. Az egyes zajesemények után hallószervünk kedvező esetben regenerálódik, ha van idő rá, hallásküszöbünk a csendesebb időszakban visszatér kiinduló helyzetébe. *Nagyobb zajterhelés hatására a romlás visszafordíthatatlan, ez kumulatív módon, fokozatosan alakul ki, miután az emberi hallószerv legsérülékenyebb részében, a csigában a sérült szőrsejtek nem képesek regenerálódni. Ha a napi, heti zajterhelés rendszeres, és kevés a pihenőidő, akkor a halláscsökkenés állandósul.*

A hallásromlás folyamatát a hang intenzitása, a zaj előfordulási gyakorisága, illetve a hatás időtartama (dózis-hatás) befolyásolja a legnagyobb mértékben.

A dózis-hatás modell a munkahelyi zajjal kapcsolatban alakult ki először: a kapott zajdózis függvényében becsülhető a hallásromlás kockázata. Az ezzel kapcsolatos első nemzetközi szabvány 1975-ben jelent meg (ISO 1999). A dózis-hatás modell mondanivalója az, hogy egy adott korlátot nem átlépő napi zajdózis után akkor regenerálódik a szervezet, ha a következő napig nem kap újabb jelentős zajdózt. Ugyanez érvényes a heti zajdózisra: a hétvégén időt kell hagyni a heti zajdózis kipihenésére. Ha az expozíció a napi (heti) adagot túllépi, illetve nem adunk magunknak megfelelő napi (heti) pihenőidőt, akkor a hallásküszöb idővel nem képes visszaállni eredeti helyzetébe.

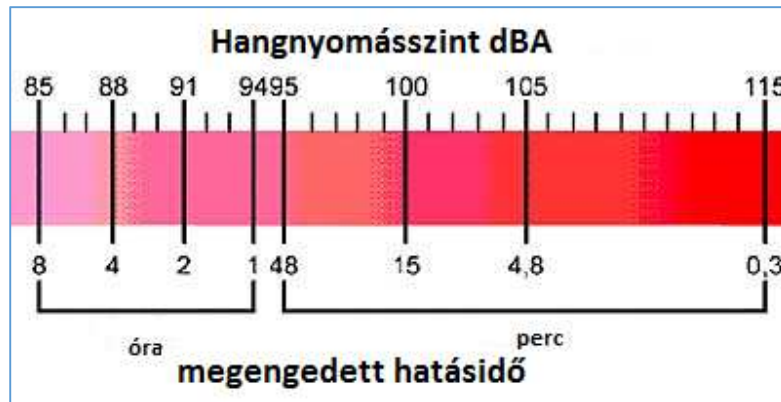
Ennek a folyamatnak a legfőbb veszélye az, hogy a lassú romlást nem vesszük észre, csak hosszú évek hatásai után regisztráljuk, hogy a hallásunk elromlott (kumulatív hatás).

A kívánt kritériumokat maradéktalanul kielégítő zajvédelmi mérőszám a zajexpozíció (más néven zajdózis), az adott időtartamra vonatkozó idővel súlyozott átlagos hangnyomásszint. Egy zaj szubjektív megítélésénél a két legfontosabb tényező a hangnyomásszint (a zaj erőssége) és a hatásidő (amely idő alatt a zaj a hallószervet terheli). Szubjektív szempontból a rövid ideig ható kis hangnyomásszinttel jellemezhető zajterhelést általában kedvezőbbnek ítéljük, mint a hosszú ideig tartó nagy hangnyomásszintűt.

Adott zaj szubjektív megítélését hangnyomásszint és az idő mellett más tényezők is befolyásolják (frekvencia időbeli lefutás, színek, ...) ezek közül a frekvencia hatását az A-szűrő veszi figyelembe, amely a hallószerv frekvencia-érzékenységét tükrözi. Ezért zajdózis meghatározásánál az A-hangnyomásszintet mérjük. Zajterhelés hatására a hallószervben kialakuló elváltozásokkal kapcsolatban, a szakirodalomban széles körben alátámasztott az a megállapítás, amely szerint 8 óra időtartamra vonatkozó 75 dB(A), vagy annál kisebb zajterhelés esetén nagy biztonsággal nem lép fel maradandó halláskárosodás. Ezzel szemben 8 óra időtartamra vonatkozó 85 dB(A) fölötti zajexpozíció esetén rohamosan megnő a maradandó halláskárosodás kialakulásának veszélye [pl.: 5]. Mindezek alapján a gyermekek és fiatalokak rendezvényein a hallás védelme érdekében javasolt mérőszám meghatározásakor alapvetően a zajdózt tekintettük vonatkoztatási mennyiségnek.

Az ISO 1999 A-hangnyomásszintben megfogalmazott korlátjának alapértéke: 8 óra hosszú munkaidő alatt legfeljebb 85 dB egyenértékű A-hangnyomásszintet szabad megengedni a halláskárosodás kockázata nélkül. Ugyanakkor, már ennek a hangnyomásnak a közelében is egyéni zajvédő eszköz használatát kell lehetővé tenni. Az idővel súlyozott átlagnak megfelelően 8 órától eltérő munkaidő (besugárzási idő) esetén a 85 dB(A) egyenértékű A-hangnyomásszint határérték rövidebb munkaidő esetén növekszik, hosszabb munkaidő esetén csökken (ld.: 4.1. ábra). A 85 dB egyenértékű A-hangnyomásszint értéknek a kiterjesztése

más időtartamra (hatásidőre) azt jelenti, hogy 3 dB-es egyenértékű szintnövekedés esetében feleannyi hatásidő engedhető meg.



4.1 ábra
A megengedett hatásidők az A-hangnyomásszint függvényében
(85 dB/8óra kiinduló értékkel)

A halláskárosodás elleni védelemmel hazánkban a munkavállalókat érő zajexpozícióra vonatkozó minimális egészségügyi és biztonsági követelményekről szóló 66/2005. (XII. 22.) EüM rendelet foglalkozik.

(A rendelet a következő uniós jogi aktusnak való megfelelést szolgálja: az Európai Parlament és a Tanács 2003/10/EK irányelve (2003. február 6.) a munkavállalók fizikai tényezők (zaj) hatásának való expozíciójára vonatkozó egészségügyi és biztonsági minimumkövetelményekről [tizenhetedik egyedi irányelv a 89/391/EGK irányelv 16. cikke (1) bekezdésének értelmében]).

A rendelet 7. § 1. bekezdés (c) sora szerint a kockázatértékelés során „különösen figyelembe kell venni” – egyebek mellett – a sérülékeny kockázati csoportba tartozó munkavállalók (terhes nők, *fiatalkorúak*, hallássérült munkavállalók) egészségét és biztonságát érintő bármilyen hatást.

A kockázatértékelést „A munkavédelemről” szóló 1993. évi XCIII. törvény 54. § 2. bekezdése írja elő.

A 66/2005. (XII. 22.) EüM rendelet előírása szerint a napi zajexpozíció $L_{EX,8h}$ határértéke 87 dB(A), illetve a megengedett legnagyobb pillanatnyi csúcs-hangnyomásszint 140 dB(C). A rendelet az előírt határértékek mellett felső és alsó beavatkozási határértékeket határoz meg: A felső beavatkozási határérték a napi zajexpozíció $L_{EX,8h}$ értékére 85 dB(A), a legnagyobb pillanatnyi csúcs-hangnyomásszintre 137 dB(C), illetve az alsó beavatkozási határérték a napi zajexpozíció $L_{EX,8h}$ értékére 80 dB(A), a legnagyobb pillanatnyi csúcs-hangnyomásszintre 135 dB(C).

A nem munkavállalók, így a gyermekek és fiatalkorúak halláskárosodás elleni védelmére hazánkban nincs előírás.

Anélkül, hogy részletes elemzést végeznénk (nagyvárosi élet, közlekedés, gyermekek óvodai foglalkozásai stb.), az alábbiakban a témánkba vágó példákkal szemléltetjük e korcsoportot érő zajterhelés veszélyességét.

A 70-es évek óta fokozatosan alakult ki az utcai zenehallgatás technikai lehetőségeinek térhódítása: a táskai ill. zsebrádió után megjelent a walkman, ma pedig már mp3-lejátszó és jó minőségű fülhallgató áll rendelkezésünkre, amikor az utcán zenét hallgatva el akarjuk fedni a nagyváros zaját – ekkor a hallásunk nem pihen. Ehhez járul a szórakozási szokások megváltozása: diszkó, élő koncert, mozi, ahol (az mp3-lejátszóhoz hasonlóan) semmi korlátja nincs a fülünket érő terhelésnek.

A fent idézett, EüM rendelet szerinti 80 dB(A) alsó beavatkozási határértéket (amely meghaladása esetén a rendelet szerint már egyéni hallásvédő eszközt kell a munkavállaló részére biztosítani) például $L_{Aeq} = 90$ dB műsorzaj esetén 48 perc napi, illetve 4 óra heti zajhatás-idő alatt érjük el.

A 4.1. táblázat eredményei szerint az adott napon, az adott műsorzaj és műsoridő mellett, a résztvevők zajterhelése a 25 mérés közül 11 esetben túllépte a 80 dB(A) alsó beavatkozási határértéket, és ezen belül a zajterhelés 7 esetben a 85 dB(A) felső beavatkozási határértéket is meghaladta.

4.3.2 Zenés, műsoros rendezvények zajvizsgálati módszerei

A jelen Tanulmány 2. fejezete számos külföldi, illetve nemzetközi ajánlást említ a gyermekek és fiatalok hallásvédelme érdekében teendő intézkedésekre, a megengedhető zajszinthatárokról.

A zenés, műsoros rendezvények zajmérésére és a résztvevők zajterhelésének meghatározására – a vonatkozó nemzetközi szakirodalom áttekintése alapján – a németországi DIN 15905-5 „A hallás veszélyeztetése hangosított rendezvények közönsége körében” szabvány [7] módszerét találtuk a gyakorlatra alkalmasnak.

A német szabvány által leírt eljárás, amelyet mérési módszertként javasolunk, a következő:

A rendezvény idején mérést kell végezni a kritikus pontban (a közönségtér legnagyobb zajterhelést adó pontjában). A mérés során rögzíteni kell

- az $L_{Aeq,T}$ egyenértékű A-hangnyomásszint időfüggvényét ($T \geq 5$ s). Ez az érték lehetővé teszi, hogy a hangosító személyzet informálva legyen a pillanatnyi terhelésről, és szükség esetén módosítsa a hangosítást.
- az L_{Aeq,T_r} megítélési egyenértékű A-hangnyomásszintet ($T_r = 30$ perc). A félóránként rögzített egyenértékű szint információt adhat a műsor egyes részeinek zajterhelő hatásáról.
- az L_{Cpeak} C-súlyozású csúcserőértéket. Ennek az ismerete azért fontos, mert a rövididejű, impulzusszerű zaj közvetlenül is halláskárosodást okozhat.

A méréshez legalább 2. pontossági osztályú (EN 61672-1) integráló zajszintmérőt kell használni. A mérés előtt és/vagy után helyszíni pontosságellenőrzést kell végezni akusztikai kalibrátor segítségével.

Az üzemeltető (ide értve a hangosítót, hangmérnököt, műszaki személyzetet is) számára elsősorban a műsor adott hangereje (a nézőtérre kialakuló hangnyomásszint) a releváns. A közönség (gyermekek, szülők) számára is az a – műsoridőnél lényegesen rövidebb – zajhatás szintje bír mondanivalóval, azaz a pillanatnyi hangerőt (hangintenzitást) értékeli, illetve közvetlenül érzékeli. Erre szolgál az $L_{Aeq,T}$ egyenértékű A-hangnyomásszint ($T \geq 5$ s) vagyis egy tájékoztató jellegű pillanatnyi zajszint.

Ugyanakkor a gyermekek, fiatalok halláskárosodás elleni védelme tekintetében a műsor várható zajszintje mellett figyelemmel kell lenni az adott zajszintű műsor időtartamára, illetve a műsoron való tartózkodási időre is, azaz a zajdózisra (lásd a következő 4.3.3 fejezet). A mérési módszerben a megengedett zajdózis szintjét a fent említett 30 perces L_{Aeq,T_r} értékkel ellenőrizzük. Bár a 30 perces átlagolás a tényleges műsoridőnél bizonyára rövidebb vagy hosszabb, mégis elég jó megközelítés, a gyakorlatban jól kivitelezhető mérési eljárás.

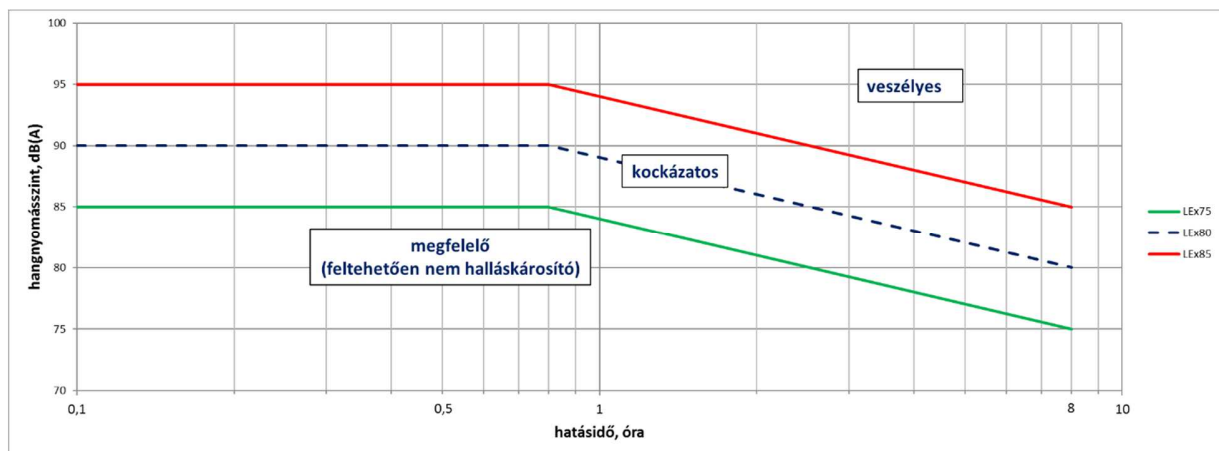
A zajterhelés és a behatási idő (műsoridő) által képviselt zajdózis leírását, illetve ennek az 30 perces L_{AeqTr} méréssel történő megközelítő ellenőrzését a következő fejezetben írjuk le.

4.3.3 A zenés, műsoros rendezvényeken részt vevő gyermekek és fiatalok zajterhelésének megítélése – zajszt, zajdózis

A 4.3.1. pontban írtak alapján 8 óra időtartamra vonatkozó 75 dB(A), vagy annál kisebb zajterhelés esetén nagy biztonsággal elkerülhető a maradandó halláskárosodás kialakulása, ezzel szemben a 8 óra időtartamra vonatkozó 85 dB(A) zajterheléstől kezdődően már rohamosan nő a maradandó halláskárosodás kialakulásának veszélye [5, 6].

A 4.2. ábra ezekhez a „küszöbértékekhez” (a 8 óra megítélési időre vonatkozó L_{Ex} „zajexpozíció-értékhez”) mutatja a megfelelő egyenértékű A-hangnyomásszinteket, a zajhatás idejének függvényében (zöld vonal: 75 dB(A); piros vonal: 85 dB(A)). Az ábrán jelöltük a 4.3.1 pontban hivatkozott EüM rendelet szerinti 80 dB(A) alsó beavatkozási határértékhez tartozó egyenértékű A-hangnyomásszinteket is (szaggatott vonal).

Megjegyzés: A zajexpozíciós görbe a 8 órás kiindulási érték tizedrésze (48 perc) alatt irreális követelményeket támasztana, ezért a mértékadó görbéket az ez alatti időtartamokra a 48 perces értékeken tartjuk.



4.2. ábra
A halláskárosodási „küszöbértékek” a hatásidő és az egyenértékű A-hangnyomásszintek, azaz a zajdózis függvényében

A rövid ideig tartó kiemelkedően magas zajhatások elkerülése érdekében a zajdózis korlátot 125 dB(C) csúcs (peak) időállandóval mért C-hangnyomásszint legfelső határértékkel kell kiegészíteni. Az ábrán jól látható, hogy egy óra időtartamú rendezvény esetében 84 dB(A) alatt nem áll fenn a halláskárosodás veszélye, 94 dB(A) felett viszont már veszélyes mértékű zaj éri a hallószervet. Négy óra hosszúságú rendezvény esetén ezek az értékek rendre 78 dB(A) és 88 dB(A).

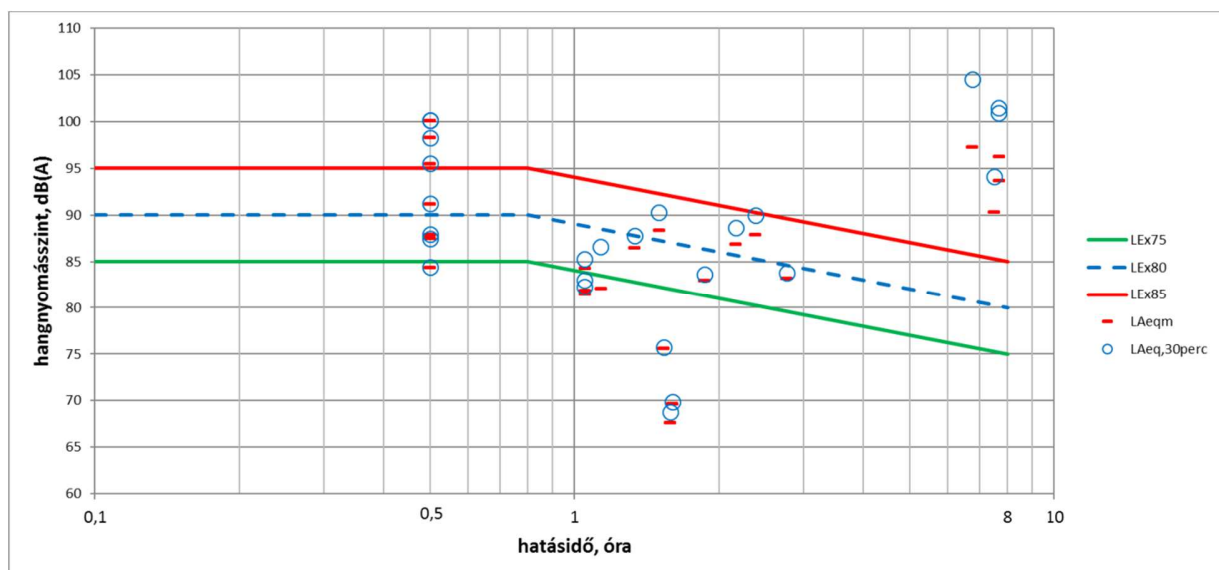
A zajdózis meghatározás előnye a hosszabb ideig tartó rendezvények megítélésében is jelentkezik. Ezekben az esetekben ugyanis a hosszú zajexpozíció kártékony hatására ez a módszer jól felhívja

a figyelmet. Míg rövid ideig tartó nagy erősségű, akár fájdalmat keltő zaj esetében jól működik az ember szubjektív kritikai ítélete, addig a hosszabb zajhatásnál a folyamatos terhelés talán megszokottá válik, nem feltűnően zavaró, a káros behatás ugyanakkor észrevétlenül kumulálódik.

Az eljárás egyszerűbbé, illetve a nem szakemberek számára érthetőbbé tétele érdekében megítélési szintként két átlagos műsoridő hossz, egy 45 perces és egy 2 óra hosszat tartó rendezvény irányértékeit vesszük alapul a szabályozás megalkotásánál. Ez esetben olyan előíráshoz jutunk, amelyek e két rögzített időnél rövidebb rendezvények esetében a zajdózishoz képest kissé szigorúbbak, e két rögzített időnél hosszabb rendezvények esetében viszont kissé enyhébbek. A hosszabb idő felvételének gyakorlati indoka műsorok esetében nincs, hiszen hosszabb (3 óra – több nap) rendezvények esetében feltehetően a közönség az egész rendezvény ideje alatt nem tartózkodik a legnagyobb zajszintű helyen.

A vizsgált rendezvényeknél mért zajszintértékek eloszlását a zajhatás idejének (a műsor idejének) a függvényében a 4.3. ábrán mutatjuk be.

Az ábrán az L_{Aeqm} a műsor teljes idejére vonatkoztatott egyenértékű A-hangnyomásszintet, az $L_{Aeq,30perc}$ pedig a műsor alatt mért legnagyobb 30 perces egyenértékű A-hangnyomásszintet jelenti (rövid, piros, vízszintes vonal, illetve kék kör) – mindkét értéket a műsoridőnek megfelelő x-koordináta szerint ábrázoltuk. Az ábra a 4.1. táblázatban közölt mérési eredményeket ábrázolja.



4.3. ábra

A vizsgált rendezvények eloszlása a hatásidő és a zajszint függvényében. Az ábrastruktúra megfelel a 4.2. ábrának.

Az ábra szerint a 30 perces egyenértékű A-hangnyomásszintek és a teljes műsoridőre vonatkozó egyenértékű A-hangnyomásszintek között az esetek többségében 2 dB-en belüli az eltérés (a 30 perces érték egyenlő vagy nagyobb a teljes műsoridőre vonatkozó értéknél). Ennél nagyobb eltérés csak olyan esetekben fordul elő, amikor a résztvevő rövidebb-hosszabb időt a műsor helyszínétől nagyobb távolságban tölt, például egy nagy kiterjedésű rock-fesztiválon való több órás tartózkodása alatt.

A 4.3. ábrán látható az is, hogy a zajterhelés a 25 mérésekből 7 esetben „veszélyes mértékű”, 6 esetben „megfelelő” (azaz feltehetően nem halláskárosító), 13 esetben pedig „kockázatos” volt, azaz a 25 mérésekből összesen 20 esetben lenne (lett volna) szükség a gyermek- illetve fiatalok bizonyos mértékű (a zajterheléstől és célszerűen az életkortól is függő mértékű) védelmére.

A jelen munka alapvető célja olyan követelményeket, javaslatokat megfogalmazni a zenés, műsoros rendezvények szervezői, az ilyen intézményeket üzemeltetők, a zenszolgáltatók, -hangosítók, illetve a közönség és a szülők részére, melyek megtartásával csökkenthető a gyermekek, fiatalok halláskárosodásának a veszélye.

A szabályozási javaslat kidolgozásához alapvető szempontnak tekintettük azt, hogy az érintettek nehézség nélkül alkalmazhassák ezeket. (Az olyan paramétereket, amelyek csak szakemberek számára érthetőek, továbbá az olyan eljárásokat, amelyek csak előképzettséggel alkalmazhatóak, igyekeztünk kerülni).

A gyermekek, fiatalok halláskárosodás elleni védelme tekintetében tehát, a tájékozódó jellegű pillanatnyi zajszint mellett, figyelemmel kell lenni az adott zajszintű műsor időtartamára, illetve a műsoron való tartózkodási időre is, azaz a zajdózisra. Éppen ezért a szabályozási javaslatunkban a műsor várható zajszintje mellett a tipikus műsoridőket is figyelembe vesszük. A zajdózis figyelembevétele tükröződik a zajszint-kategória meghatározásában (lásd 6.2.).

4.4 Szakirodalom

- [1] Thomas D. Rossing (Ed.): Springer Handbook of Acoustics, Springer, 2007.
- [2] Kurutz Imre, Szentmártony Tibor: A műszaki akusztika alapjai, Műegyetemi Kiadó, 2001.
- [3] 66/2005. (XII.22.) EüM rendelet „A munkavállalókat érő zajexpozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről”
- [4] MSZ 18150-1:1998 „Környezeti zaj vizsgálata és értékelése” magyar szabvány
- [5] Noise and Hearing Loss, U.S.Department of Health & Human Services National Institutes of Health, Consensus Statement, 1990 January 22-24
- [6] Sinkó György: A zenehangosítás mértéke, OPAKFI Zajinfó VII/3., 2002. szeptember
- [7] DIN 15905-5 Maßnahmen zum Vermeiden einer Gehörgefährdung des Publikums durch hohe Schallemissionen elektroakustischer Beschallungstechnik
- [8] Gehörgefährdung des Publikums bei Veranstaltungen – Kommentar zu DIN 15905-5, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2009
- [9] L. Werner - R.R. Fay - A.N. Popper: Human Auditory Development, Springer 2011

5 Hallásvizsgálatok (audiológiai mérések) a rendezvények zajterhelésével kapcsolatosan

5.1 A rendezvények kiválasztása, lebonyolítás, a gyermekek kiválasztása

Gyermekeknek szóló, többféle stílusú zenés műsort, ezen túl táncrendezvényeket, illetve mozifilmeket választottunk vizsgálataink célpontjául. Mindössze egy vizsgálat történt olyan felnőtt rendezvény helyszínén (Sziget Fesztivál), amelyen a tapasztalatok és a jelzések szerint igen sok gyermek is részt szokott venni szüleivel vagy társaival. A szülők gyakran teszik szóvá, hogy a rendezvények közül sok túlzottan hangos, egyes esetekben élvezhetetlen és a gyermekeiknek akár ijesztő hangosságú.

A kiválasztott helyszínek, események, ahol vizsgálatainkat végeztük:

- Mozi - gyermekeknek szóló rajzfilm vetítése
 - Zenés szórakoztató rendezvények
 - egy népzenei modern feldolgozásokat előadó zenekar műsora
 - egy tipikus gyermekdalokat előadó énekesnő koncertje
 - egy zenei fesztivál
 - Zenés táncversenyek
- A helyszínek kiválasztásában az a szempont is szerepelt, hogy a rendező engedélyt adott-e a vizsgálatok elvégzésére. A helyszínek akusztikai szempontból történő leírása a 4.1 fejezetben található.

A vizsgált gyermekek

Összesen 7 helyszínen 82 gyermek vizsgálatát végeztük. Ezen belül: otoakusztikus emisszió mérés 48 gyermeknél 2 fülön, azaz 96 esetben történt, kérdőíves vizsgálatot pedig 51 gyermeknél és szüleinél végeztünk.

A nemek aránya kiegyenlített volt. Az átlagéletkor a rendezvények függvényében 4,2 év és 9,3 év között változott.

5.2 Hallásmérési vizsgálatok leírása

5.2.1 Otoakusztikus emisszió mérés, DPOAE

5.2.1.1. A mérési módszer indoklása

A fiatalok zaj okozta halláskárosodásával foglalkozó tudományos vizsgálatokra jellemző, hogy a mérési adatok a 6 éven felüli gyermekekre, illetve a tizenévesekre és a fiatal felnőttekre vonatkoznak. A kisgyermekek (1-6 év) hallási veszélyeztetettségét nehezebb dokumentálni, aminek több oka van. Ennél a korosztálynál, de az idősebb gyermekeknél is sokoldalúan indokolt a disztorziós otoakusztikus emisszió (DPOAE) mérése a zaj közvetlen hatásának detektálására. Ez a módszer a mi vizsgálatunk számára is célravezetőbb volt, mint a hallásküszöb meghatározása a tisztahang audiometria segítségével (ld. lent).

1. Kisgyermekek általában nem képesek halláspanaszaikat (átmeneti halláscsökkenés, tompaság-érzése a fülben, fülzúgás stb.) megfogalmazni ezért az erre vonatkozó *anamnesztikus vizsgálat* náluk nem

végezhető. Egyszerűen fogalmazott hangbenyomásaikat ugyanakkor meg tudják határozni: kérdőíves vizsgálatunk erre alapult (ld. 5.2.3. pont).

2. A *hallásküszöb vizsgálata* (halk hangok felismerése és azonnali jelzése, más néven "tisztahang-audiometria") kisgyermekeknél nem ad pontos eredményt, miután mintegy 6 éves korig csak az ún. reakcióküszöböt mérhetjük: a szabadterű vagy fejhallgató, sokszor játékos mérések a vizsgált gyermek bizonytalan figyelmére, reakcióira hagyatkoznak. Objektív vizsgálatok, mint például az agytörzsi kiváltott potenciálok mérése (BERA), amely egy frekvencia specifikus módszer, és közelítően jó hallásküszöb-értéket nyújt, csak altatásban végezhető, ezért nem alkalmas a zajbehatás halláskárosító hatásának direkt mérésére.

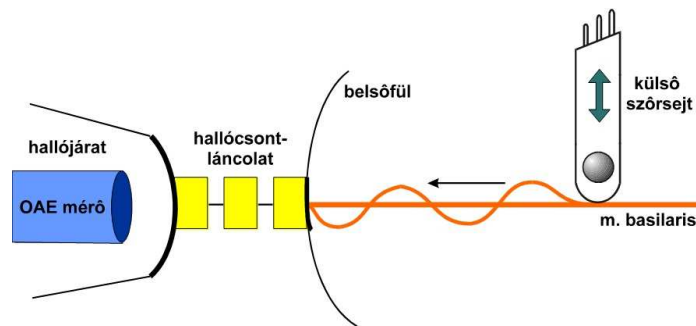
Hat év felett a hallásküszöb mérése (halk hangok felismerése és azonnali jelzése) alkalmas lehet a zajártalom közvetlen (átmeneti?), vagy már maradandó hatásának vizsgálatára. A DPOAE méréssel (ld. lent) szemben az a hátránya, hogy szubjektív, tehát a vizsgált személy által (akaratlanul-akaratlan) történő befolyásolásra érzékeny (pl. figyelem, hangulat, begyakorlás stb.). Ezen túlmenően az egész hallórendszert vizsgálja a külső hallójáratától az agykéreg hallómezőjéig, és így nem csak a zajra legsebezhetőbb struktúrát, a külső szőrsejteket veszi célba. A hallásküszöb mérése nagyobb populáció átmeneti és maradandó hallásvesztésének vizsgálatára a jó átlagértékek alapján alkalmas. A hallásküszöb vizsgálatától mindezek alapján eltekintettünk.

3. A *disztorziós otoakusztikus emisszió (DPOAE)* mérése bizonyos mérés technikával megközelítően alkalmas a hallásküszöb frekvencia-specifikus, meghatározására. Ennél fontosabb az, hogy a DPOAE mérése képes a hallórendszer legsebezhetőbb részének, a belsőfül külső szőrsejtjeinek a zaj általi károsodását frekvencia-specifikusan detektálni. Az otoakusztikus emisszió ennek alapján megbízható információt ad a belsőfül funkciójának állapotáról.

Az otoakusztikus emisszió (OAE) jelenségét Kemp fedezte fel (Kemp, 1978). Az OAE a belsőfülben a külső szőrsejtek aktív működése által létrehozott igen kis intenzitású hangjelenség, amely a fülünk hangvezető rendszerén keresztül kifelé egészen a hallójáratig vezetődik. Mivel egy hang kisugárzásáról van szó, ezért nevezzük emisszióknak. A hangjelenséget a hallójáratban egy megfelelően érzékeny mikrofon segítségével tudjuk regisztrálni, ez az otoakusztikus emisszió mérés (5.1. ábra).

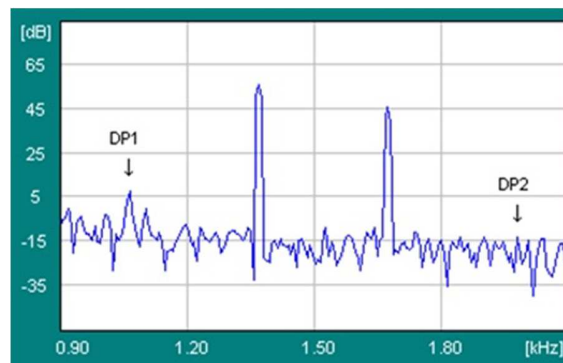
Az otoakusztikus emisszióknak két alapvető típusát ismerjük. Az egyik a spontán otoakusztikus emisszió (SOAE), mely az emberek kb. 50%-ában mérhető. Nem tudjuk, mitől függ a jelenléte, ezért mérésének klinikai alkalmazhatósága még kutatás alatt áll. A másik típushoz tartoznak az ún. kiváltott (evoked) otoakusztikus emissziók (EOAE), amelyek esetén hangingeret adunk a vizsgált egyén fülébe a mérőszondán keresztül és a hanginger által kiváltott hangjelenséget, az emissziót regisztráljuk. A kiváltó hanginger szerint két fontos típusa van az OAE-nak: az ún. tranzitoros otoakusztikus emisszió (TOAE), amelynek mérését leggyakrabban csecsemők hallásának szűrővizsgálataként használunk. Jól működő külső szőrsejtek esetén (ha a középfül hangvezető rendszere is ép) ez minden esetben regisztrálható.

Jelen vizsgálataink során a kiváltott otoakusztikus emisszió disztorziós formáját (DPOAE) használtuk. Ennek során két meghatározott frekvenciájú ún. primér hang f_1 , (amely alacsonyabb) és f_2 azonos idejű adása történik (arányuk $f_2/f_1=1,22$). Az interferencia hatására a belsőfülben jelentkező, és onnan kisugárzott új, disztorziós (torzított) hang, "termék" egy meghatározott, mélyebb frekvencián ($2f_1-f_2$) kerül regisztrációra (5.2. ábra). A primér hangok megfelelő eltolása alapján nagy frekvencia-terjedelemben, például 1.000-10.000 Hz között fél oktávonként lehet regisztrálni az emissziót, azaz vizsgálni a külső szőrsejtek működését (5.3. ábra).



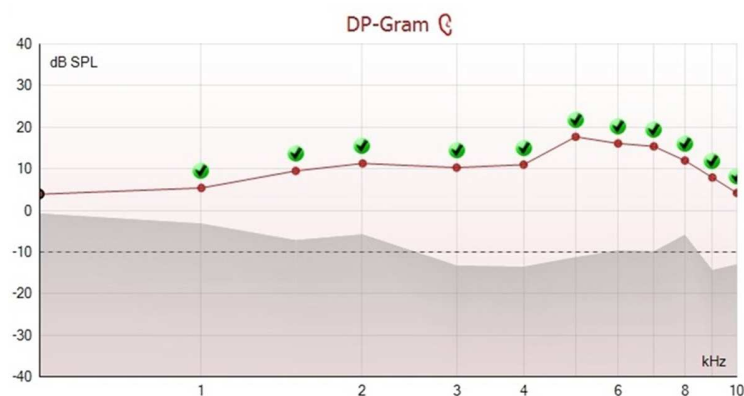
5.1. ábra

Az otoakusztikus emisszió a külső szőrsejtek által létrehozott mozgási energia, amely a hangvezető rendszeren (hallócsont láncolat) keresztül kifelé vezetődik, így a hallójáratban szonda segítségével (OAE mérő) mérhető hangjelenség.



5.2. ábra

x-tengely: primérhang f_1 1.35 kHz felett, f_2 kb. 1.65 kHz felett emelkedik ki a görbéből. DP1 és DP2 az "új" disztorziós hangok, amelyek közül a mélyebb frekvenciájú DP1 kerül mérésre. y-tengely: az amplitúdó relatív mértéke (dB).



5.3. ábra.

1000-10000 Hz között mért DPOAE értékek ábrázolása: az ábra alsó részén látható szürke terület a fülbe helyezett szonda által mért zajt ábrázolja. Ha az OAE a zajnál, az adott frekvencián meghatározott értékkel hangosabb, akkor az emisszió értéke (piros pont) rögzítésre kerül (zöld pipa). Így alakul ki a DP-Gram, a disztorziós produktum görbéje.

A nagymértékű zaj hatására azonnal létrejöhet, a csiga ún. külső szőrsejtjeinek funkciózavar, és ezzel együtt egy átmeneti halláskárosodás, amelynek legbiztosabb jele a disztorziós otoakusztikus emisszió (DPOAE) csökkenése. Gyermekeknél ez a vizsgálat jól kivitelezhető. A nemzetközi irodalomban számos közlemény jelent meg a munkahelyi zaj, illetve a fiatal felnőttek hangos zenehallgatás okozta átmeneti és maradandó halláskárosodásának vizsgálatáról, amelyek a DPOAE és a hallásküszöb mérését egyaránt használják. Ezen vizsgálatok eredményei a kis- és nagyobb gyermekekre is érvényesíthetők. A tudományos vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy a hallásküszöbhez közel mért emisszió változása a külső szőrsejtek funkciózavarának (szenzitivitás-csökkenés és kompressziófunkció-romlás) legjobb indikátora (többek között Kummer 1998, Janssen et al. 1998, Müller és mtsai 2010).

Megjegyzendő, hogy a zajbehatásra történt átmeneti vagy permanens tisztahang küszöbváltozás és az DPOAE csökkenés között nem lehet szoros korrelációt találni (Engdahl, 1996, Lapsley Miller et al., 2006): azaz előfordulhat, hogy a DPOAE csökkenése a szőrsejtek "elfáradását" mutatja, ugyanakkor a küszöbaudiometriai érték nem romlik. Ezért nem volt számunkra célravezető a zaj rövid idejű károsító hatását a tisztahang-küszöbvel és a DPOAE módszerrel együttesen mérni.

A külső szőrsejteken mért funkciózavar nemcsak közvetlenül a zajbehatás után, de egyes esetekben 24 órával az expozíciót követően is kimutatható, ami alapján feltételezhető, hogy hosszantartó vagy ismételt zajhatások idővel visszafordíthatatlan belsőfül- (szőrsejt-) károsodást okoznak (Müller et al. 2010).

5.2.1.2. A hallásmérés részletes leírása

A kiválasztott rendezvények előtt és után terveztük és végeztük a hallásvizsgálati méréseket. Miután a mérések feltétele a csendes környezet, az alacsony háttérzaj, a rendezvények helyszínein kerestük meg és biztosítottuk a megfelelő mérési lehetőséget, amiben a rendezvény szervezői készségesen segítettek. Fontos volt, hogy a műsorok, azaz a zajbehatás és a mérések között minimális idő, csak néhány perc teljen el, amit sikerült biztosítani.

Otoakusztikus emisszió mérését, közelebbről "disztorziós produktum otoakusztikus emissziójának" (DPOAE) mérését végeztünk, amely egy non invazív, gyors vizsgálat, és amelynek előnyeit fent leírtuk (ld. 5.2.1.1. 3. pont). Egy gyermek két fülének vizsgálata 3-4 percet vett igénybe. A gyermekek érdeklődőnek bizonyultak, megfelelő együttműködést mutattak (5.4. ábra). A szülők a vizsgálatról tájékoztatást kaptak mind szóban, mind írásban, és beleegyező nyilatkozatot írtak alá.



5.4. ábra

OAE-mérése a gyermek jobb fülén.

A vizsgálatok elvégzését a Semmelweis Egyetem Regionális, Intézményi Tudományos és Kutatásetikai Bizottsága engedélyezte (etikai engedély SE TUKEB száma: 73/2016).

Jelen vizsgálataink során a primér hangok megfelelő eltolása alapján nagy frekvencia-terjedelemben, 1000-10000 Hz között regisztráltuk az emissziókat, azaz vizsgáltuk a külső szőrsejtek működését. Méréseinket az Interacoustics A/S Titan 3.2, Interacoustics, Danmark típusú eszközével végezhettük a Semmelweis Egyetem Fül-Orr-Gégészeti és Fej-Nyaksebészeti Klinika, illetve a Nemzetközi Gyermekmentő Szolgálat nagylelkű felajánlása segítségével. A készüléket optimálisan tudtuk alkalmazni a helyszíneken kis mérete, hordozhatósága, könnyű kezelhetősége miatt. Vezeték nélkül, illetve számítógéphez kapcsoltnak is volt alkalmunk használni, a vezeték nélküli nyomtatás segítségével pedig akár percekben belül a kezünkben tarthattuk eredményeinket. Sikerült a gyermekek figyelmét lekötni, és koncentrálásra, türelemre bízgatni őket. Méréseink előtt mindig elmagyaráztuk, hogy először az egyik, majd a másik fülükbe színes gumivégű „csövecskét” fogunk helyezni, majd „madárcsicsergést”, illetve „ciripelést” fognak hallani. Az érdekes hangok, a színes illesztékek és a mérés közben folyamatosan figyelhető kis kijelző, amelyen a külső szőrsejtek funkcióját értékelő, kialakulóban lévő görbéket és „pipákat” (a jól sikerült mérés jeleit) láthatták, inkább érdeklődéssel töltötte el őket, mintsem szorongással. A készülékhez tartozó program segítségével akár egy hét múlva is tudtunk úgy méréseket végezni, hogy a kapott eredményeket a már regisztrált alany adataihoz kapcsolhattuk, így megkönnyítve az esetleges változások detektálását és a hosszútávú archiválást, utánkövetést.

5.2.2 Kérdőíves vizsgálatok

A rendezvények után kérdőíves felmérést végeztünk. Néhány mondatos bemutatkozás, tájékoztatás után a kérdőívet a szülő vagy kísérő a gyermekkel együtt kitöltötte, ez 1-2 percet vett igénybe. A gyermekbarátnak tervezett kérdőív értelmezhetőnek és szerethetőnek bizonyult (5.5. ábra). Bizonyos esetekben a gyermekek maguk vitték egymáshoz a papírjaikat és kérdezték egymást, hogy hogyan értékelték a zenés műsort, türelmesen, figyelmesen magyarázták egymásnak a rajzok értelmezését.

Mennyire volt hangos az előadás az Ön gyermeke szerint?



Pont jó volt: ☒



Kicsit hangos volt: ☐



Nagyon hangos volt: ☐

Ön szerint mennyire volt hangos az előadás?

A hangerő megfelelő volt: ☐

Kicsit hangos volt: ☐

Nagyon hangos volt: ☐

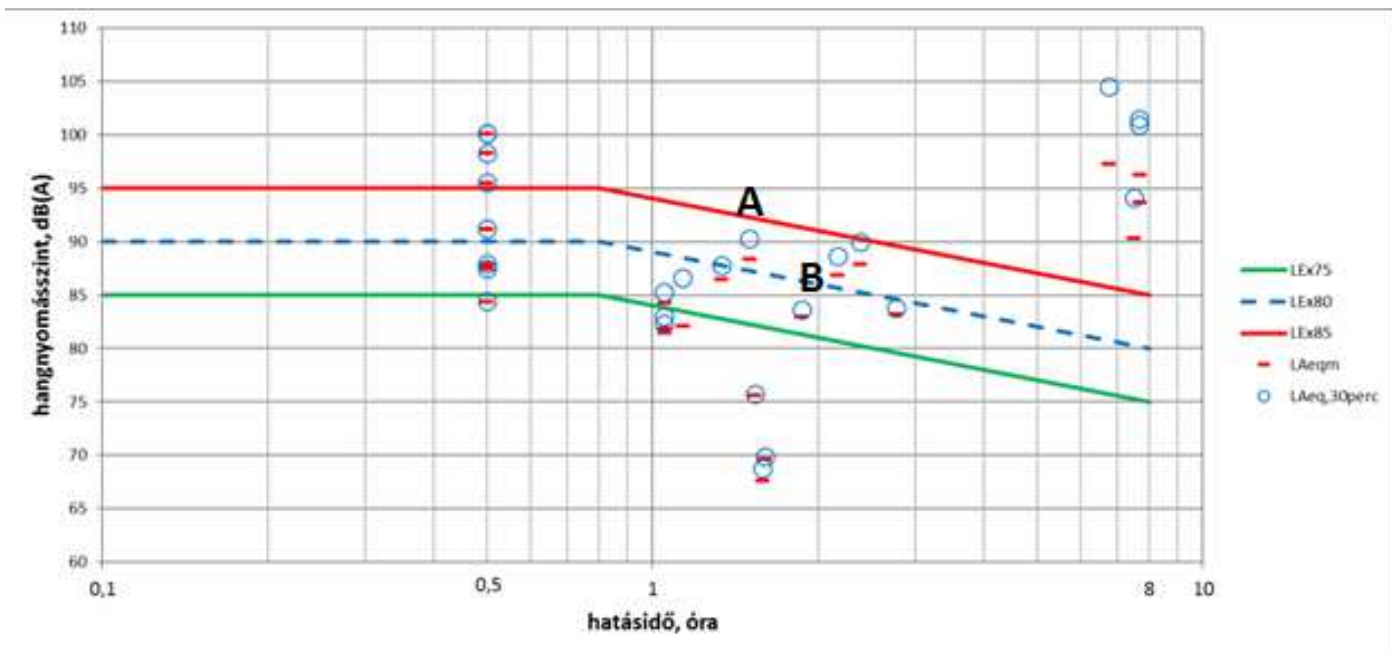
5.5. ábra

Az előadásra vonatkozó kérdőív, amely a gyermek, illetve a szülő véleményét tükrözi a hangosság-érzetről

5.3 Eredmények

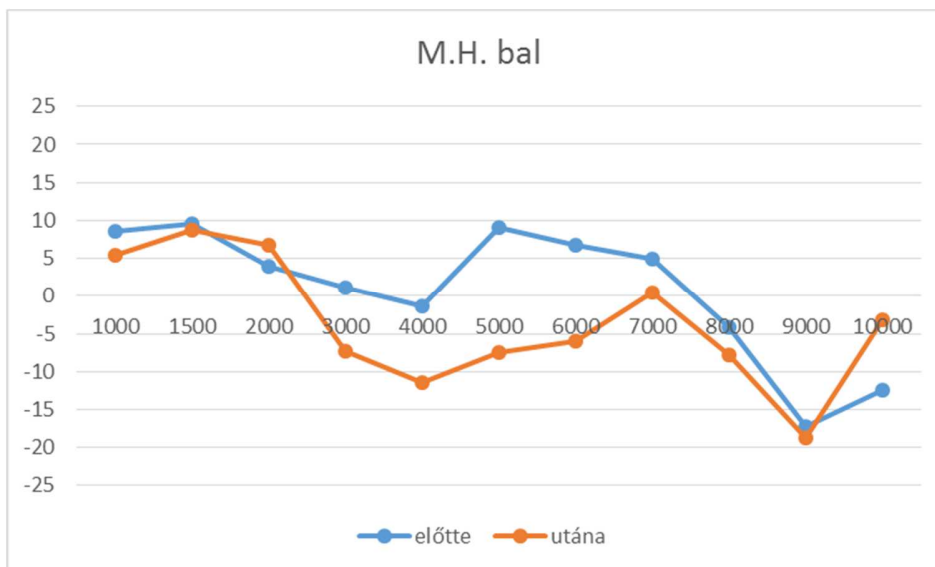
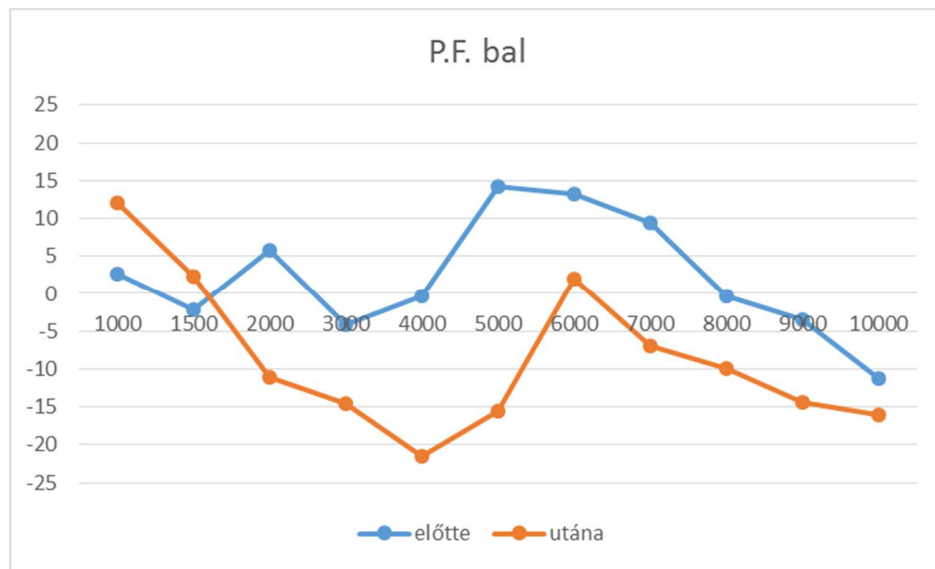
5.3.1 Otoakusztikus emisszió mérések eredményei

A hangosnak megítélt rendezvények után több gyermeknél mértünk jelentős változást, csökkenést az otoakusztikus emisszióban. Példaképp megmutatunk néhány vizsgálati eredményt. Az előző fejezet 4.3. ábráját, ahol a vizsgált rendezvények eloszlása van bejelölve a hatásidő és a zaj függvényében, megismételjük 5.6 ábra néven. Ebbe az ábrába jelöljük be, hogy az adott otoakusztikus vizsgálat melyik műsor esetében került elvégzésre.



5.6. ábra
A vizsgált rendezvények eloszlása a hatásidő és a zajszint függvényében

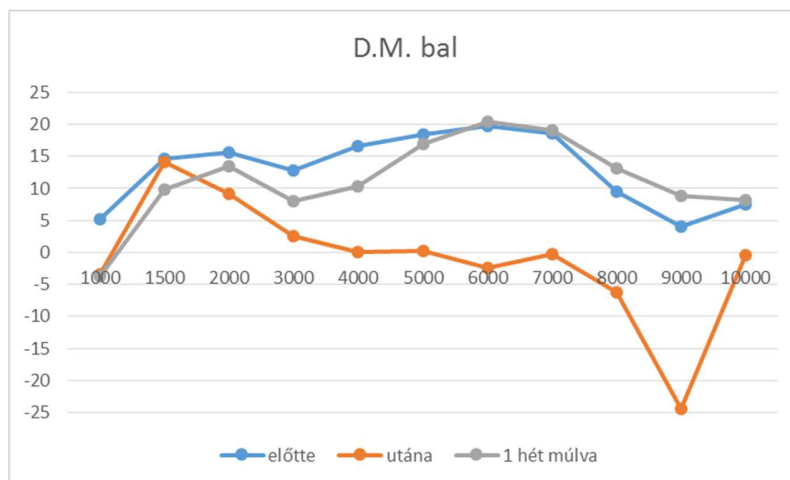
Az 5.6. ábrán a hatásidő és a zajszint szerint bemutatott műsorok közül az A-val jelölt műsor esetében ($L_{Aeq,M30} = 90$ dB, $t=143$ perc) kaptuk az 5.7a, 5.7b és 5.8 ábrákon bemutatott emissziós görbéket. Az ábrákon világosan látszik, milyen nagymértékben csökkent a műsor után mind a két vizsgált gyermek hallóképessége.



5.7a (fent) és 5.7b ábra

Az *y*-tengely az OAE relatív hangnyomása, *x*-tengely az emittált hang frekvenciája ezer Hz-enként. A kék görbe az előadás előtt mért emisszió, a piros görbe az előadás után mért emisszió felel meg. A mérés az 5.6. ábrán A-val jelölt műsor esetében készült

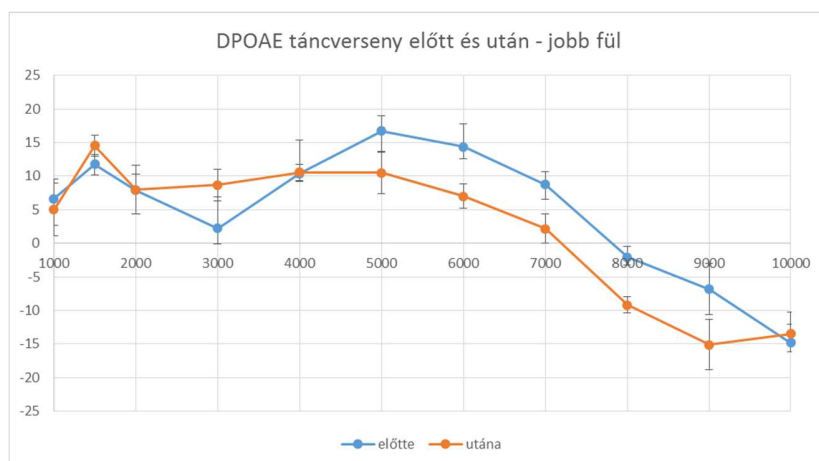
Egyes esetekben módunk volt a DPOAE vizsgálatára a rendezvényt követő néhány napban, melyek során az általunk megfigyelt változások (az emisszió csökkenése) megszűntek, tehát ezekben az esetekben a változást reverzibilisnek értékelhetjük (5.8. ábra). Ha azonban ilyen időleges halláscsökkenés többször előfordul, akkor már maradandóvá válhat. A hallószerv, és ezen belül a szőrsejtek nem-lineáris viselkedése alapján nem megjósolható, mikor történik egy patológiás elváltozás.



5.8. ábra

Az y-tengely a DPOAE relatív hangnyomása, x-tengely az emittált hang frekvenciája ezer Hz-enként. A kék görbe az előadás előtt mért emisszióknak, a piros görbe az előadás után mért emisszióknak, a szürke görbe 1 héttel az előadás után mért DPOAE-nak felel meg. A mérés az 5.6. ábrán A-val jelölt műsor esetében készült

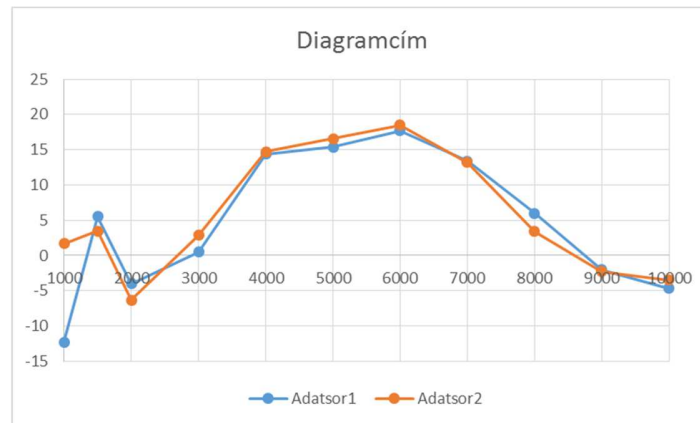
Az 5.6 ábrán a hatásidő és a zajszint szerint bemutatott rendezvények közül a B-vel jelölt **közepes hangerejű** rendezvény ($L_{Aeq,M30}=83,6$ dB, $t=112$ perc) mérési eredményeinek átlagát mutatja az 5.9. ábra. Látható, hogy a gyermekek jobb fülén mért emisszió átlaga a rendezvény előtt (kék görbe) és után (narancssárga görbe) eltérő: átlagában is a belsőfül működési romlására utal. (Az átlagban természetesen azok a gyermekek is szerepelnek, akiknél nem történt változás.) A romlás mértéke itt lényegesen kisebb, mint az A jelű jóval hangosabb rendezvényen, de a romlás itt is világosan kimérhető.



5.9. ábra

Az y-tengely a DPOAE relatív hangnyomása, x-tengely az emittált hang frekvenciája ezer Hz-enként. A kék görbe az előadás előtt mért emisszióknak, a piros görbe az előadás után mért emisszióknak felel meg. A mérés az 5.6. ábrán B-val jelölt műsor esetében készült

A normál hangerejű rendezvényeken, az 5.6 ábra zöld görbéje alá eső rendezvények esetében a legtöbb gyermeknél semmilyen változás nem volt kimutatható, a disztorziós otoakusztikus emisszió (DPOAE) a rendezvény előtt és után egyforma lefutásúnak bizonyult (5.10. ábra).



5.10. ábra

Az y-tengely az OAE relatív hangnyomása, x-tengely az emittált hang frekvenciája ezer Hz-enként. A kék görbe az előadás előtt mért emisszió, a piros görbe az előadás után mért emisszió felel meg. A mérés az 5.6. ábrán bemutatott hatásidő és a zajszint szerint a zöld görbe alatti rendezvények esetében készült

5.3.1.1. A DPOAE eredmények magyarázata, értékelése

A DPOAE mérési görbék lefutása visszatükrözi a belsőfülnek, mint a hallórendszer részének azt az alapvető tulajdonságát, hogy nem-lineáris fiziológiai rendszer. Így az egy-egy frekvenciatartományban látható kisebb-nagyobb kiugrás, esetleg emelkedés, "javulás" a hangbehatás után, ennek a nem-linearitásnak is tudható be. Ezen túlmenően az egyes frekvenciákon mért eredményt befolyásolja a hallójárat rezonanciája, amelyet az OAE-mérő készülék illesztékének a fülbe való behelyezése minden alkalommal kissé megváltoztat. Utolsó sorban még megjegyzendő, hogy az olivocochleáris idegkötegnek a külső szőrsejtekre való átmeneti, szintén nem prediktív hatása is befolyásolja a kapott DPOAE-eredményeket. Mindezek figyelembe vétele mellett a görbék lefutásának egésze, a frekvenciák java részén történt változása az irányadó. Eredményeink interpretálásánál ennek megfelelően jártunk el.

Klinikai tapasztalataink és az irodalmi adatok azt bizonyítják, hogy a zaj károsító hatása nem egyformán jelentkezik mindenkinél. Jellemző az érzékenység egyedi volta, mely valószínűleg egyrészt genetikailag meghatározott, másrészt függ az személy egyéb halláskárosító terheltségével. A hangos rendezvények után több esetben mért otoakusztikus emisszió csökkenés a belsőfül működésének érintettségét, funkcióromlását jelzi.

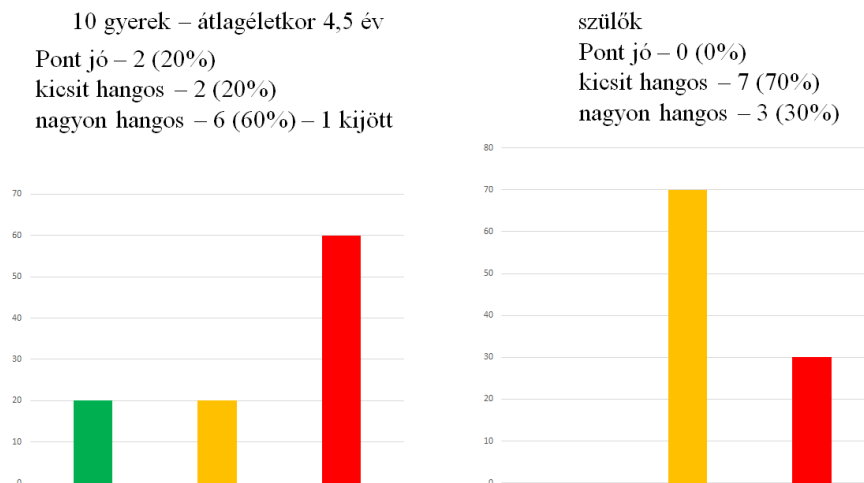
Feltűnő zajkárosodás, halláspanasz, fülzúgás egyik esetben sem jelentkezett. Ugyanakkor megjegyzendő, hogy a belsőfül érintettsége, működésének akár „csak” átmeneti csökkenése is, mint amelyet a hangos rendezvények esetén tapasztaltunk, aggodalomra ad okot egy-egy gyermeknél (felnőttnél is), mivel ez a változás potenciálisan a belsőfül károsodásának lehetőségét jelzi. Ilyen változást a kisebb hangerejű rendezvényeknél nem találtunk, ami bizonyítja, hogy ezek az alacsony hangintenzitások nem befolyásolják közvetlenül a hallást, feltehetően kumulatív módon sem károsítják a hallószerv működését.

Eredményeink és az irodalmi és tapasztalati ismereteink alapján a potenciálisan halláskárosodást okozó hangerők korlátozása elengedhetetlenül szükséges gyermekkorban.

5.3.2 Kérdőívek eredményei

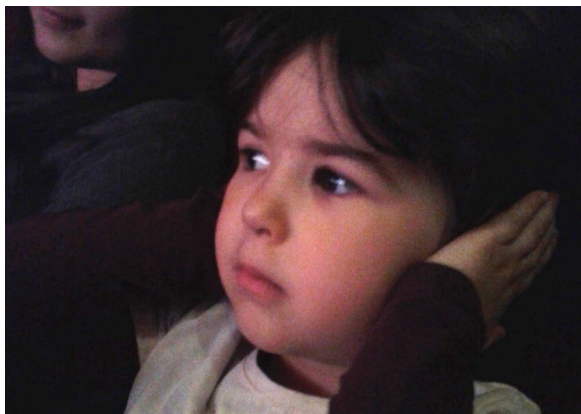
A kérdőíveket úgy állítottuk össze, hogy a hangosság-érzet megjelölése egyszerű, a gyermekek számára is könnyen kategorizálható legyen. Ennek az igénynek felelnek meg a színek (zöld, sárga, piros és a kis figurák arckifejezései, valamint a verbális kategóriák: "pont jó", "kicsit hangos", "nagyon hangos" (5. 10 ábra).

Az 5.6 ábrán A-val jelölt rendezvényen kiosztásra kerültek ezek a kérdőívek 10 gyermek és a szüleik részére. A "pont jó", "kicsit hangos", "nagyon hangos" válaszok eloszlása az 5.11 ábrán látható.



5.11. ábra. Példa a kérdőívek kiértékelésére. Hangos előadás.

Sok esetben a gyermekek fülüket befogva jelezték a hangosság érzetet.



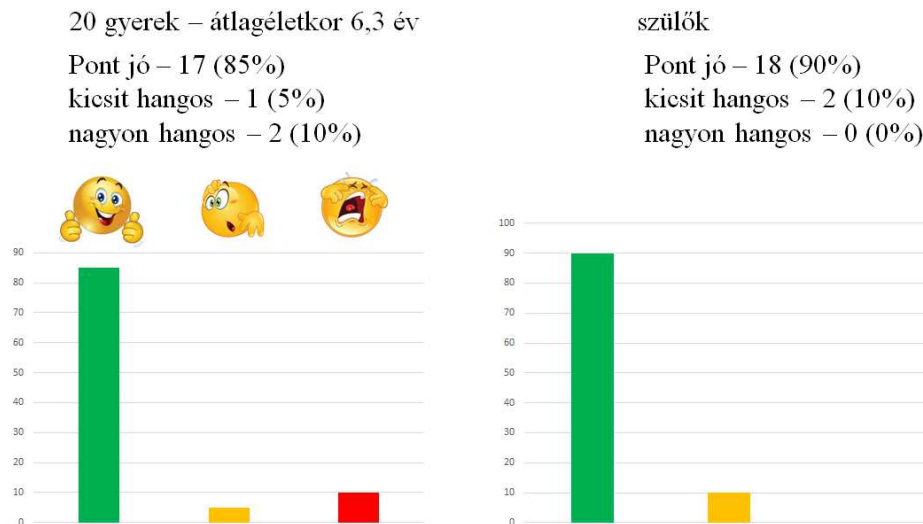
5.12. ábra

Nagy hangerő esetén a gyermekek egy része spontán befogja a fülét.

Előfordult, hogy kisgyermek sírva, ijedten jött ki a műsor közben a túlzott hangerő miatt. Ezeken a rendezvényeken a szülők is hangosnak véleményezték a zenét, de többen inkább a „kicsit hangos” megfogalmazást választották (5.11. ábra). Ennek feltételezhető oka az, hogy ők már az állandó zajos

környezet és a hangos zenehallgatás következményeképpen már „hozzászoktak” a hangos zenéhez, és sajnos természetesebbnek tűnik nekik.

A 5.6. ábra zöld görbéje alatt elhelyezkedő rendezvényeken a gyermekek és szülők nagyrészt a „pont jó”, „megfelelő hangerejű” válaszokat adták (5.13. ábra).



5.13. ábra.

Példa a kérdőívek kiértékelésére. Normális hangerejű előadás.

5.3.2.1 Eredmények értékelése:

A 85 dB-t meghaladó hangerejű rendezvényeken, azaz az 5.6 ábrán bemutatott hatásidő és a zajszint szerint a zöld görbe feletti rendezvények esetében a megkérdezett gyermekek többsége „nagyon hangos”-nak véleményezte az adott eseményt.

A kérdőíves felmérések azt mutatják, hogy a gyermekek nem igénylik a túlzott hangerőket, sőt számukra ez inkább ijesztő, zavaró, kellemetlen. A felnőttek hangerő-megítélése engedékenyebb, bár az igen magas zajszinteket ők is "nagyon hangosnak" találják. A nagyobb hangerő tolerálásának oka lehet a hangos zenehallgatás már kialakult szokása, illetve lehetséges a szülői korosztályok évek alatt kialakult hallásküszöb emelkedése (rosszabb hallása) is.

Tehát a kérdőíves eredmények is azt sugallják, hogy *nem kellene a gyermekekre átvinni a felnőtt populációban már kialakult rossz szokásokat, a túlzott hangerőn való zenehallgatást.*

5.4 Szakirodalom a 2. és 5. fejezetekhez

Axelsson, A., G. Aniansson, and O. Costa (1987): Hearing loss in school children. A longitudinal study of sensorineural hearing impairment. Scand Audiol, 16(3):137- 43.

Axelsson A, Lindgren F. (1977): Does pop music cause hearing damage? Audiology. 16(5):432-7.

Axelsson A, Lindgren F. (1978a): Hearing in pop musicians. Acta Otolaryngol. 85(3-4):225-31.

- Axelsson A, Lindgren F. (1978b): Temporary threshold shift after exposure to pop music. *Scand Audiol.* 7(3):127-35.
- Dieroff HG, Schuhmann G, Meissner W, Bartsch R. (1991): Experiences with high-frequency hearing tests in the selection of personnel for noise occupations]. *Laryngorhinootologie.* 70(11):594-8 [Article in German].
- Doheny K. (2010): Hearing loss in Teens is on the rise. *WebMD Health News* Aug 17.
- Engdahl, B. (1996): "Effects of noise and exercise on distortion product otoacoustic emissions," *Hear. Res.* 93, 72–82.
- Harrison R. V. (2012): The Prevention of Noise Induced Hearing Loss in Children *International Journal of Pediatrics*, doi:10.1155/2012/473541
- Hoffmann, E. (1997): *Hörfähigkeit und Hörschäden junger Erwachsener.* Heidelberg: Median-Verlag.
- Katona G., Bozsik M., Csík I., Horvát A-né, Csákányi Zs.(2011): *Audiológiai szűrővizsgálat eredményei. Gyermekorvos Továbbképzés, Promenade Kiadó, X. évfolyam 1.* www.olo.hu
- Kemp, D.T. (1978): Stimulated acoustic emissions from within the human auditory system. *J Acoust Soc Am.* 64(5), 1386-1391.
- Kiss GJ, Tóth F, Rovó L, Venczel K, Drexler D, Jóri J, Czigner J. (2001): Distorsion product otoacoustic emission (DPOAE) following pure tone and wide-band noise exposures. *Scand Audiol* 30:52:138-140
- Kujawa SG, Liberman MC. (2006): Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: evidence of a misspent youth. *J Neurosci.* 26(7):2115-23.
- Kummer, P., Janssen, T., and Arnold, W. (1998):_The level and growth behavior of the 2f1-f2 distortion product otoacoustic emission and its relationship to auditory sensitivity in normal hearing and cochlear hearing loss. *J. Acoust. Soc. Am.* 103, 3431–3444.
- Janssen, T., Kummer, P., and Arnold, W. (1998):_Growth behavior of the 2f1-f2 distortion product otoacoustic in tinnitus. *J. Acoust. Soc. Am.* 103, 3418–3430.
- Kvojka Ferenc és Münch Margit (1977): *Óvodás gyermekek zajterhelése.* Budapesti Közegészségügy.
- Lapsley Miller, J.A., Marshall, L., Heller, L.M., Hughes, L.M. (2006): Low-level otoacoustic emissions may predict susceptibility to noise-induced hearing loss. *J. Acoust. Soc. Am.* 120, 280–296.
- Lee LT. (1999): A study of the noise hazard to employees in local discotheques. *Singapore Med J.* 40(9):571-4.
- Liebel J, Delb W, Andes C, Koch A. (1996): Detection of hearing loss in patrons of a discoteque using TEOAE and DPOAE *Laryngorhinootologie.* 75(5):259-64.
- Lindgren, F., and Axelsson, A. (1988):_The influence of physical exercise on susceptibility to noise-induced temporary threshold shift. *Scand. Audiol.* 17, 11–17
- Meyer-Bisch C. (1996): Epidemiological evaluation of hearing damage related to strongly amplified music (personal cassette players, discotheques, rock concerts) – high definition audiometric survey on 1364 subjects. *Audiology.* 35(3):121-42.
- Müller J., Dietrich S., Janssen Th (2010): Impact of three hours of discotheque music on pure-tone thresholds and distortion product otoacoustic emissions. *J Acoust Soc Am* 128(4),
- Niskar AS, Kieszak SM, Holmes AE, Esteban E, Rubin C, Brody DJ. (2001): Estimated prevalence of noise-induced hearing threshold shifts among children 6 to 19 years of age: the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994, *United States Pediatrics.* 108(1):40-43.
- Ohrkan Studie: Monitoring von Hörschwellenverschiebungen bei Jugendlichen in Bayern im Rahmen einer Kohortenstudie, Mai 2012. Sachbereich Arbeits- und Umweltepidemiologie unter Mitwirkung von Dr. Dorothee Twardella, Dr. Ulla Verdugo-Raab, Dr. Carmelo Perez-Alvarez, Dr. Thomas Steffens, Angelika Zirngibl, PD Dr. Gabriele Bolte, Prof. Dr. Hermann Fromme
- Révész, P., Gerlinger, I. (2011): A fiatalság és az mp3-as lejátszók – fokozott kockázat, kevés óvintézkedés. *Fül-Orr-Gégegyógyászat* 57:182-185.

Shargorodsky J, Curhan SG, Curhan GC, Eavey R. (2010): Change in Prevalence of Hearing Loss in US Adolescents (NHANES 2005-2006) JAMA. 304(7):772-8. doi: 10.1001/jama.2010.1124.

SCENIHR, Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function. 2008, Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, European Commission.

Størmer CC, Stenklev NC. (2007): Rock music and hearing disorders Tidsskr Nor Laegeforen. Mar 29; 127(7):874-7.

Struwe, F., et al. (1996): Untersuchung von Hörgewohnheiten und möglichen Gehörrisiken durch Schalleinwirkungen in der Freizeit unter besonderer Berücksichtigung des Walkman-Hörens, in WaBoLu-Hefte: Gehörgefährdung durch laute Musik und Freizeitlärm, W. Babisch, et al., Editors., Umweltbundesamt: Berlin. p. 44-154.

Vogel, I., et al., (2010): Estimating adolescent risk for hearing loss based on data from a large school-based survey. Am J Public Health. 100(6): p. 1095-100.

6 A szakértői csoportok által közösen levont következtetések

A zaj-akusztikusok felmérései, az orvosok hallásvizsgálatai mind egyértelműen azt mutatják, hogy nagy hangerejű gyermekrendezvények igen gyakran előfordulnak, és ezek veszélyeztetik a gyermekek hallását. A szabályozási kritériumok megalkotásánál vizsgálataink eredményeiből indultunk ki, mindig szem előtt tartva azt, hogy olyan szabályozást hozzunk létre, amelynek betartása esetén, nagy valószínűséggel, egy gyermeknél sem fordulhat elő, egy adott rendezvényen való részvétele miatti halláskárosodás.

6.1 A szabályozás javasolt feltételei

A gyermek (illetve fiatalkorúaknak szánt) rendezvényekre vonatkozó zajterhelés hazai szabályozásának hiányában a hallás védelme érdekében megalkotott kritérium rendszer javaslatainak összeállításánál a következő szempontokat vettük figyelembe:

- betartása nyújtson megfelelő védelmet a zajterhelést elszenvedő személy részére;
- a szakirodalom alapján legyen megfelelően alátámasztott;
- legyen összhangban a hasonló zajvédelmi kategóriák magyar rendeleti szabályozásával;
- azt a mérési módszert javasoljuk amelyet a DIN 15905-5:2007-11 szabvány javasol;
- használata legyen egyszerű és befogadható a nem zajvédelmi szakemberek számára is;
- a szülőknek, gyermekeknek szóló „előírásnak” nem tiltónak, hanem informálónak kell lennie. Ez az információ a közönség számára azt jelentse, hogy a közönségtér leghangosabb helyén irányadó hangnyomásszint szerint milyen védelmi intézkedésre van szükség ahhoz, hogy egészségkárosodás egyáltalán ne történhessen, és a közönség dönthessen arról, hogy elfogadható akusztikai környezetbe kerül-e.

A szabályozásra először is a rendezvény résztvevői számára a hallásvédelmük érdekében ajánlásokat fogalmazunk meg, továbbá a rendezvényszervezők számára kötelezően betartandó intézkedéseket javasolunk.

6.2 A hallásvédelem szempontjából tett ajánlások a rendezvény résztvevői számára

6.2.1 Ajánlások az életkor figyelembe vételével

A 3 éves kor alatti gyerekek hallásának terhelhetősége szakirodalmi adatokkal nem támasztható alá kellő biztonsággal. Erről a korosztályról viszont tudjuk, hogy a beszéd/hallás kialakulási folyamatában kritikus időszakban vannak [1]. Ezért a határértékek megállapításánál erre a korcsoportra a hallás erősen fokozott védelmét tűztük ki célul.

Másik szempont, hogy a rendezvényre érkező (gyermek-)közönség aznapi „előéletét” nem ismerjük. Feltételezhetjük azonban, hogy például egy óvodás napi 2-4 órás gyerek zsivaj, vagy iskolás 1-2 óra MP3 lejátszós zenehallgatással elszenvedett előzetes zajterheléssel érkezik a rendezvény helyszínére. Figyelembe véve a 3-14 éves korosztály kevés önvédelmi tapasztalatát és kiszolgáltatott helyzetét, a határértékek megállapításánál a hallás fokozott biztonságát vettük alapul. 14 éves kor felett a fiatalkorúak élettapasztalata és önrendelkezése elegendő, hogy alkalmazkodjanak a reális biztonsággal meghatározott felnőtt zajhatárértékekhez. A hangos rendezvényeken az életkor függvényében ajánlott 8 órára vonatkoztatott zajhatárértékeket a 7.1. táblázat foglalja össze.

7.1. táblázat

Rendezvényeken ajánlott 8 órára vonatkoztatott zajhatárértékek az életkor függvényében

Életkor	$L_{AEX\ 8óra}$ [dB(A)]	$L_{Cpeakmax}$ [dB(C)]
3 év alatt	75	125
3 év – 14 év között	75	125
14 év -18 év között	85	125

A zajmérési eredmények, helyszíni megfigyelések, a kérdőívek feldolgozása, valamint a hallásvizsgálatok eredményei (4. és 5. fejezet) alapján – áttekintve a külföldi szabályozást is (3. fejezet) – a zenés, műsoros rendezvényeken a közönséget érő zajterhelésre – a fenti szempontokat, de a 4.2. ábra szerinti halláskárosodási „küszöbértékekhez” tartozó zajszinteket is figyelembe véve – a szakértői egyeztetések alapján - zajszintkategóriákat határoztuk meg 75dB(A) szinttől kezdődően 5dB(A) osztású hangnyomásszint-sávokba. Ezeket a sávokat a közönség szemléletesebb tájékoztatására megfelelő színezéssel jelöljük, a 7.2. táblázat szerint, a zajszint növekedésével a zöldből sárga, majd piros, és 95 dB(A) felett bordó színnel.

7.2. táblázat

Zajszint-kategóriák

Zajszintkategória-jel	Irányérték $L_{Aeq,M30}^*$ [dB]
A	$L_{Aeq\ M30} \leq 75$
B	$75 < L_{Aeq\ M30} \leq 80$
C	$80 < L_{Aeq\ M30} \leq 85$
D	$85 < L_{Aeq\ M30} \leq 90$
E	$90 < L_{Aeq\ M30} \leq 95$
F	$95 < L_{Aeq\ M30}$

* A 7.2. táblázatban $L_{Aeq,M30}$ a műsorra vonatkozó megadott vagy a műsor ideje alatt, a 8. fejezet szerinti módszerrel mért legnagyobb 30 perces egyenértékű A-hangnyomásszint egész számra kerekítve.

6.2.2 Kiegészítő ajánlások a behatási idő figyelembevételére

A behatási idő és a zajszint együttes hatását a 4. fejezetben ismertettük. Az összefüggést a 4.2. ábra mutatja. Az életkor függvényében meghatározandó javasolt zajszintkategóriáknál a behatási időt is figyelembe kell venni.

Az eljárás egyszerűbbé, illetve a nem szakemberek számára érthetőbbé tétele érdekében megítélési szintként két átlagos műsoridő hossz, egy 45 perces és egy 2 óra hosszát tartó rendezvény irányértékeit vesszük alapul, mint ahogy azt a 4. fejezetben már leírtuk. A 4.2. ábrából jól látható, hogy kisgyermeknekél kockázat nélkül egy 85(A) dB hangnyomásszintű műsor mintegy 45 percig hallgatható, és a 80 dB(A) hangnyomásszintű műsor mintegy 2 óráig hallgatható, mivel náluk az ábra zöld görbéje mutatja a megfelelő és a kockázatos határt. A 14-18 éves fiataloknál már a felnőttekre vonatkozó piros színnel jelölt görbét vehetjük határnak, ami azt jelenti, hogy számukra egy 95 dB(A) hangnyomásszintű műsor max~ 45 percig hallgatható, és egy 90 dB(A) hangnyomásszintű műsor mintegy 2 óráig hallgatható. Mindezek figyelembevételével a hallásvédelem szempontjából tett ajánlásaink a rendezvény résztvevői számára a 7.3 táblázatban kerültek bemutatásra.

A hallásvédelem szempontjából tett ajánlások a rendezvény résztvevői számára:

7.3. táblázat

Ajánlások

Irányérték $L_{Aeq,M30}$ dB	A hallásvédelem szempontjából tett ajánlások a rendezvény résztvevői számára
≤ 75	Nincs korlátozásra vonatkozó ajánlás
$75 <$	3 éven aluli gyermek részvétele nem ajánlott.
$75 < L_{Aeq M30} \leq 80$	3 – 14 éves gyermek részvétele 2 óránál hosszabb műsor esetén nem ajánlott. *
$80 < L_{Aeq M30} \leq 85$	3 – 14 éves gyermek részvétele 45 percnél hosszabb műsor esetén nem ajánlott.
$85 <$	14 év alatti gyermek részvétele nem ajánlott*
$85 < L_{Aeq M30} \leq 90$	14 – 18 éves gyermek részvétele 2 óránál hosszabb műsor esetén nem ajánlott. *
$90 < L_{Aeq M30} \leq 95$	14 – 18 éves gyermek részvétele 45 percnél hosszabb műsor esetén nem ajánlott. *
$95 <$	18 év alattiak részvétele nem ajánlott*

* Amennyiben mégis részt vesz, illetve az időkorláton túl tartózkodik a rendezvényen, egyéni hallásvédő eszköz használata ajánlott.

6.3 A rendezvényszervezők számára kötelezően betartandó intézkedések

- Meg kell adni, hogy a rendezvény várható zajszintje a meghatározott zajszint- kategóriák (lásd a 7.2. táblázatot) közül melyikbe esik bele.
- A vállalt zajszint-kategóriát, valamint az ehhez tartozó, a hallás védelmében, korfüggően ajánlott részvételi feltételeket (7.3. táblázat) fel kell tüntetnie a műsorfüzetben, a kiadott részvételi jegyeken, interneten, plakáton, szórólapon stb.
- Biztosítani kell, hogy a közönség ne tudja megközelíteni a hangsugárzókat
76 dB-nél kisebb $L_{Aeq,M30}$ zajszint esetén 2 m-en belül;
 $L_{Aeq,M30} = 76 - 95$ dB közötti zajszint esetén 5 m-en belül;
 $L_{Aeq,M30} = 95$ dB-nél nagyobb zajszint esetén 15 m-en belül
- 95 dB-nél nagyobb zajszint esetén, a rendezvény helyszínén, a résztvevők számára hallásvédő eszközt kell biztosítani.
- Vállalnia kell, hogy 18 év alattiak részvétele esetén a C-csúcs hangnyomásszint ($L_{C,peak}$) 125 dB-nél kisebb marad a műsor teljes időtartama alatt.
-

6.4 A szabályozási javaslat összefoglalása

A zenei rendezvények hangerőszabályozására tett összefoglaló javaslatunk, a rendezvényszervezőkre érvényes kötelezően betartandó intézkedések és a rendezvény résztvevői számára megfogalmazott ajánlások tömören a 7.4. táblázatban kerülnek bemutatásra. Feltüntettük az egyes ajánlott kategóriahatárokat az életkor függvényében, valamint megjelöltük azokat a kategóriahatárokat ahonnan már egyéni hallásvédő eszköz használatát javasoljuk. Bejelöltük a hangnyomásszint függvényében a közönség hangsugárzóktól való távolságtartásának mértékét is.

Ez az összefoglaló szabályozási javaslat véleményünk szerint alkalmas arra, hogy megóvja a gyermekeket attól, hogy a hangosított zenei rendezvények kárt tegyenek a hallásukban.

Szakirodalom

- [1] L. Werner - R.R. Fay - A.N. Popper: Human Auditory Development, Springer 2011

A rendezés, részvétel feltételei

* A 30 perc vonatkoztatási időre megadott legnagyobb egyenértékű A-hangnyomásszint, egész számra kerekítve

Zajsint kategória-jel	Írányérték $L_{Aeq,M30}$ dB*	Hallásvédelem szempontjából tett ajánlások a rendezvény résztevői számára			A rendezvényszervezők kötelezettségei	
		3 évesnél fiatalabb	3 – 14 év között	14-18 év között		
A	$L_{Aeq M30} \leq 75$	Nincs korlátozás			Biztosítani kell, hogy a közönség ne tudja megközelíteni a hangsugárzókat 2 m-en belül***	Biztosítani kell, hogy 18 év alattiak részvétele esetén a legnagyobb C csúcs-hangnyomásszint ($L_{C,peak}$) nem lehet 125 dB-nél nagyobb
B	$75 < L_{Aeq M30} \leq 80$	Nem ajánlott	Legfeljebb 2 óra tartózkodás **	Nincs korlátozás	Biztosítani kell, hogy a közönség ne tudja megközelíteni a hangsugárzókat 5 m-en belül***	
C	$80 < L_{Aeq M30} \leq 85$		Legfeljebb 45 perc tartózkodás**			
D	$85 < L_{Aeq M30} \leq 90$		Nem ajánlott**	Legfeljebb 2 óra tartózkodás**		
E	$90 < L_{Aeq M30} \leq 95$			Legfeljebb 45 perc tartózkodás**		
F	$95 < L_{Aeq M30}$			Nem ajánlott**		

** Amennyiben mégis részt vesz, illetve az időkorláton túl tartózkodik a rendezvényen, egyéni hallásvédő eszköz használata ajánlott.

*** Amennyiben van nagyobb távolságra lehetőség, ne az ajánlott legkisebbet alkalmazzák!

7 Társadalmi mozgósítás

Világszerte megnőtt az egészséget károsító szabadidős zaj veszélye (Preambulum 1.1, 1.2). A WHO a kormányok, a pedagógusok, az orvosok, a szülők és a személyes zenelejátszó készülékeket gyártók és forgalmazók felelősségére apellál. Az elektroakusztikus hangerősítők egyre olcsóbban beszerezhetők, ezek teljesítményével könnyen el lehet érni a hallás fájdalomküszöbét, a hosszú idejű használattal pedig a vissza-nem-fordítható halláskárosodást is. A felnőtt társadalom mai korosztályai már az egyre hangosodó szabadidős szórakozásokban nevelkedtek. Így a helytelen hallási szokások "újratermelődnek": a zajra érzéketlen, a túlzott hangerőt "normálisnak" tekintő szülők gyermekeiket a hátukon és babakocsiban popkoncertekre viszik, az óvodai, iskolai rendezvények zajos gyermekeregét nem csendre szoktatják, hanem hangerősítő segítségével túlharsogják. A kérdés a közösség szokásaival és az egészséggel foglalkozó szakembereket egyaránt sürgetően érdekli: hol lehetne ebbe az "ördögi körbe" beavatkozni?

Munkacsoportunk meggyőződése az, hogy a szabadidős zajt már megszokott társadalmat egyetlen beavatkozási ponton lehet elérni, megmozgatni: a gyermekek hallási egészségének és evvel együtt testi és lelki egészségének védelme érdekében. Ha a felvilágosító munkával elérjük a szülőket, a nevelőket és magukat a gyermekeket is, akkor így az információk leghatásosabb multiplikátorai segítségével komoly hatást érhetünk el a társadalom egészségtelen szokásainak megváltoztatására. A szabadidős zajjal kapcsolatos információ terjedésének és terjesztésének – az előírás és rendeleti formák javaslatán túl - a következő lehetőségeit látjuk a leghatásosabbnak:

1. Internet fórum (7.1 alfejezet), amely lehetővé teszi a szabadidős zajjal kapcsolatos egészségi, pedagógiai, egyéni és társadalmi jellegű információk cseréjét.
2. Mobiltelefonos (okostelefonos) zajmérésnek (7.2 alfejezet), olyan nyilvános, a rendezvények alatt sokak által használható formája, amely nemcsak hasznos, de népszerű, korszerű, így a zajmérés "divatos" eszközévé válhat.

7.1 Internet fórum

Létrehoztunk majd továbbfejlesztettünk egy interaktív honlapot www.ovdafuled.hu címmel.

Ez a honlap olyan közösségi platformot képvisel, amelyen a gyermekek hallásért és hallgatási szokásaikért felelős személyek (szülők, nevelők, orvosok, akusztikus mérnökök stb.) kommunikálhatnak egymással, megoszthatják egymással gondolataikat, felhívhatják a figyelmet a túl zajos rendezvényekre és a gyermekek zenehallgatással kapcsolatos egészségi, viselkedési, tanulási problémájára. Általános információkat ad szülőknek, nevelőknek a zajterhelésről, a zajterhelés káros hatásáról, zajvédelmi lehetőségekről.

A honlap a következőket tartalmazza:

- a "Gyermekek hallásvédelme" projekt ismertetése;
- tudatos zenehallgatásra nevelés;
- ismeretek arról, hogy, hogyan működik a fül, mi a zaj, hogyan károsítja a hallást;

- letölthető oktatási információk külön pedagógusok, külön a szülők számára;
- szabványok, rendelkezések;
- felhívás kérdőív kitöltésére az egyes zenés műsorok hallgatásakor;
- felhívás mobiltelefonos zajsztintmérésre a zenés rendezvényeken való részvételkor - mobiltelefonos adatgyűjtés (lásd 6.2).
- gyakorlati és általános információk, pl. milyen trendek vannak manapság, mikor, milyen halláskárosodással kell számolni, hogyan lehet védekezni, stb.

7.2 Mobiltelefonos zajmérés

Egy mobiltelefonos alkalmazás rendkívül hatékonyan segít abban, hogy felhívjuk az emberek tudatosságát a nagy hangerőkre. Ezzel az emberek saját maguk is tájékozódhatnak, hogy adott szituációban mekkora hangerőnek is teszik ki gyermeküket, valamint hozzájárulhatnak ahhoz, hogy nagy mennyiségű információt gyűjthessünk és megállapíthassuk, pontosan milyen is a helyzet ma Magyarországon, valamint akár helyszínenként (állandó hangosítással rendelkező helyek esetén) vagy előadónkénti statisztikák állhassanak elő, hogy mire számíthat valaki, aki adott helyszínen koncertre megy, avagy adott előadót hallgatja. Ezek az információk pedig közvetlenül hasznosak lehetnének bárki számára, aki tudatosan válogatja meg, hova viszi gyermekét.

A mobiltelefonos zajmérésnek azonban két problémája van:

- (1) zajmérési szaktudással nem rendelkező felhasználók mérései nem tekinthetők hitelesnek,
- (2) a mobil telefonok nem tekinthetők hiteles mérőműszernek.

Minden zajtípus mérésének van saját mérési metodikája, esetleg szabványba foglalt végrehajtási utasítása, így feltételezhetően a laikus ember nem ezek szerint fogja végrehajtani a méréseket. Ez mindenképpen azt vetíti előre, hogy a laikusok által végzett mérések semmilyen szinten nem tekinthetők majd hiteles mérési adatoknak, azok eredményei jogvitában nem lesznek felhasználhatók. Azonban néhány alapvető utasítás betartásával (pl. az eszköz hangforrás felé fordítása, nem leárnyékolása, egyéb zajforrásoktól távolság tartása stb.) elérhetjük, hogy az átlagos felhasználó – feltéve, hogy törekszik rá és a „mérőeszköze” elfogadható pontosságú – kielégítően megközelítse a megfelelő mérési metodikát. Így legalább az elérhető, hogy az ő mérési pozíciójára indikatív mérési eredményt kapjon, hogy ott a hangerő megfelelő-e vagy veszélyes. És pont ez lenne a cél: hogy az emberekben kialakuljon egyfajta tudatosság, hogy óvják a hallásukat. Manapság a legnagyobb probléma az az, hogy az emberek nincsenek tudatában, hogy milyen hangerők károsak, veszélyesek a hallásukra.

Egy ilyen alkalmazás második előnyét vizsgálva, nevezetesen, hogy „állapotfelmérés” céljából adatot lehet gyűjteni (természetesen a felhasználó hozzájárulásával), azt mondhatjuk, hogy a statisztikából jól ismert „nagy számok törvénye” értelmében kellően sok pontatlan mérés átlaga egész pontos lehet. Ezt megint csak úgy kell érteni, hogy még az átlag sem tekinthető jogvitában perdöntőnek (pl. egy-egy koncerten sok ember mérése alapján szankcionálni a rendezvény lebonyolítóját túl nagy hangerő miatt), de arra feltétlenül alkalmas lenne, hogy előbb utóbb olyan adatbázisok legyenek elérhetőek adott helyszínek/előadók hangerő szokásairól, melyek sokkal hitelesebbek, mint egy-egy ember, egy-egy koncert alapján tett személyes véleménye. És mint olyan, alkalmas lehet arra, hogy az akusztikával, hallásvédelemmel foglalkozók kutatói közössége visszajelzést adjon egyes helyszíneknek, előadóknak, hogy ők is tudatában legyenek – esetleg nem is tudatos – „népegészség” károsító magatartásukról, avagy ennek ellenkezőjéről, hogy ők tesznek az egészséges zene-hangerő kultúra terjedéséért.

Visszatérve az eredeti két probléma közül az elsőre elmondhatjuk, hogy tény, hogy a mobiltelefonok nem zajmérő műszerek, azonban az is tény, hogy vannak olyan típusok, melyek audio rendszere rendkívül jó,

így akár a velük megvalósított zajmérő pontossága megközelítheti olcsóbb mérőműszerek képességeit. Különösen akkor igaz ez, ha egy-egy telefont *kalibrálunk*, azaz megmérjük a hangrögzítési tulajdonságait és amit csak lehet, azt korrigálunk. Tekintve azonban, hogy nagyon sokfajta mobiltelefon létezik és kíváncsatos lenne, hogy a lehető legtöbb ember végezhesen kielégítően pontos mérést, ezért rendkívül fontos, hogy olyan mérési eljárást dolgozzunk ki, melynek segítségével hatékonyan (gyorsan és pontosan) lehessen mobiltelefonok audio rendszerét bemérni. (Melyeket felhasználva a mobiltelefonos mérő-alkalmazás *kalibrált* mérési eredményeket tud biztosítani.)

Jelen projekt kereteiben a munkacsoport pont ennek a kalibrálási eljárásnak a kidolgozását vállalta, valamint azt, hogy annak megfelelően megvalósított kalibráló szoftvert és hozzá a szükséges kalibráló-dobozt elkészítse. A következő fejezetekben leírt kalibrálási eljárás, valamint a mérőszoftver leírása előtt fontos, hogy bizonyos kifejezéseket, fogalmakat pontosan meghatározzunk, elkerülendő, hogy az akusztikai méréstechnika szellemével ellentétes állítások alakulhassanak ki az olvasóban.

hitelesítés / kalibrálás: forrás: http://mkeh.gov.hu/meresugy/gyakori_kerdesek/hit-kal

Mi a különbség a hitelesítés és a kalibrálás között?

hitelesítés	kalibrálás
a jog eszközei által szabályozott (hatósági) tevékenység	nem hatósági tevékenység
mérésügyi hitelesítést csak az MKEH (volt OMH) végezhet	mérőeszközöket bárki kalibrálhat
hitelesíteni a jogszabály által meghatározott mérőeszközöket kell	kalibrálni bármely eszközt lehet, ha a visszavezetettséget igazolni szükséges
a hitelesítésnek jellemzően előfeltétele a mérőeszköz típusra vonatkozó hitelesítési engedély megléte	a kalibrálásnak nincs engedélyezési előfeltétele
a (sikeres) hitelesítést tanúsító jel (hitelesítési bélyeg, plomba stb.) és/vagy hitelesítési bizonyítvány tanúsítja	a kalibrálás eredményeként kalibrálási bizonyítvány készül
a hitelesítési bizonyítvány hatósági dokumentum és meghatározott időtartamig érvényes	a kalibrálási bizonyítvány nem hatósági dokumentum és nincs érvénytartama
a hitelesítést jogszabályban előírt időközönként meg kell ismételni	a kalibrálás megújításáról a tulajdonos saját hatáskörében és saját felelősségére dönt

Röviden azt mondhatjuk, hogy a hitelesítés az hatósági tevékenység, míg a kalibrálás az bármire elvégezhető (így a mérésre felhasznált mobiltelefon és a hallásvédelemre kifejlesztett mérőalkalmazás párosra, együttesen *mérőeszközre* is), és célja az, hogy a mérőeszközt a lehető legpontosabbá tegye.

- **zajmérésre alkalmas eszköz:** olyan eszköz, mely minimálisan a következő elemeket tartalmazza: mikrofon, (analóg) audio rendszer, majd valamilyen feldolgozó, mely a mért hangjelből hangnyomásszintet „készít” és jelenít meg. Manapság az ilyen eszközök digitálisak, tehát az analóg audio rendszer által szolgáltatott hangjelet digitalizálják (számok sorozatává alakítják), majd a jelet digitálisan dolgozzák fel, azaz számításokat végeznek rajta.
- **zajmérő műszer:** olyan zajmérésre alkalmas eszköz, mely *hitelesíthető* és ennek feltételeként valamilyen pontossági osztályba sorolható. Így különösképpen meg van adva, hogy milyen hangerőtartomány mérésére alkalmas, a használható tartományban mennyire lineáris, milyen toleranciájú a frekvenciamenete, az iránykarakterisztikája, a hőmérséklet/páratartalom stabilitása,

valamint ezen tulajdonságai bizonyos, az egyes pontossági osztályokra előírt követelményeket teljesítik.

Így megállapíthatjuk, hogy a mobiltelefonos zajmérő nem tekinthető zajmérő műszernek, hiszen a mikrofonja, az audio rendszere (azaz azok a részei, melyek szoftveresen nem befolyásolhatók), nem rendelkeznek azon pontos leírással, melyek alapján pontossági osztályú besorolást kaphatnának és így hitelesíthetők lennének.

Ebből a szempontból nézve a nem hiteles műszernek szánt kifejezetten olcsó zajmérők sem jobbak, kivéve, hogy ott jó esetben legalább az adott típusú eszköz pontosságának néhány paramétere meg van adva.

- **hangsugárzó, hangszóró:** egy többutas rendszerben több hangszóró van egyetlen házba (dobozba) építve, melyek együttesen hangsugárzót alkotnak.

Végül azt is fontos megjegyezni, hogy mivel a későbbiekben elkészítendő mobiltelefonos alkalmazást társadalom-tudatosság felhívó eszközként szeretnénk az emberek rendelkezésére bocsájtani, ezért annak eleinte egészen biztosan ingyenesnek kell lennie. Ez egy olyan közösségi alkalmazás lesz, amely ugyan pontosan mér, de nem a mérési eredmények ledokumentálhatóságát (és így mérőeszközként használhatóságát) fogja a felhasználónak nyújtani, hanem az eredmények felhasználásával olyan információkat közöl, hogy az adott felhasználó veszélyes hangerejű közegben találja-e magát. Valamint megadja, hogy milyen korosztályú hallgató számára az adott hangerő mennyi ideig hallgatható egészségkárosodás veszélye nélkül. Felhívhatja a figyelmet a védekezésre, pl. hangsugárzóktól távolabb menéssel, szünet beiktatásával (menjen ki WC-re, büfébe, stb.), avagy hallásvédő (füldugó) alkalmazásával. (Megjegyzendő, hogy füldugó viseltetése kicsi gyerekeknél aggályos, hiszen a szülő nem tud arról meggyőződni, hogy a hallásvédő megfelelően van-e behelyezve és így garantáltan védi-e gyermeke hallását.)

7.2.1 A mobiltelefon zajmérés szempontjából releváns műszaki jellemzői – kalibrálási feladat és megoldása

Minden mobiltelefon rendelkezik mikrofonnal, hozzá kapcsolódó analóg áramkörökkel, majd egy analóg-digitál (A/D) átalakítóval. Ennek a rendszernek bizonyos tulajdonságait (pl. hangerő érzékenység, kisfrekvenciás hangok levágása) szoftveresen lehet állítani, másokat nem. A későbbiekben megvalósítandó mobil alkalmazástól elvárható, hogy ezen állítható tulajdonságokat a mérés szempontjából lehető legkedvezőbb állásba hozza, így elegendő a telefonoknak minden esetben csak ezt a legkedvezőbb állapotát vizsgálni. (Az alkalmazás pedig a digitálisan megkapott hangjelet értelemszerűen úgy fogja feldolgozni, hogy az A/D átalakító előtti hibákat amennyire tudja, korrigálja, utána pedig az akusztikai szabványok által előírt módon számítja akusztikai paramétereiket.) Az alábbiakban vizsgáljuk meg milyen, a zajméréssel kapcsolatosan releváns hibákkal rendelkeznek a mobiltelefonok:

- ingadozó frekvenciamenet
- esetleges mélyhang vágás
- esetleges kompressziós görbe (azaz a hangerő növekedtével az érzékelt hangjel nem 1:1 arányban növekszik)
- korlátozott maximálisan elviselt hangerő
- túlvezérlés utáni "regenerálódási" idő

A technológia mai állása szerint az első 3 hiba mérhető, és többnyire korrigálható, a maximális hangerő azonban alig tolerálható. Amennyiben a vizsgált hangjel energiájának nagy része a maximális hangerő alatt van és a túlvezérlés utáni regenerálási idő rövid, úgy az eszköz tulajdonképpen csak levágja a csúcsokat, de mivel azok a hangenergiának csak kis százalékát érintik, az így okozott hiba nem jelentős. Hogy milyen mértékű hiba jelentős, az azonban nem triviális. Ennek megállapítása megfelelő intelligenciát követel meg a későbbiekben megvalósítandó mobil alkalmazástól, így első megközelítésben tekintsük úgy, hogy ez nem áll rendelkezésre, azaz egy-egy telefon csak a maximálisan tolerált hangnyomásszintjéig használható.

Ennek a projektnek a keretében ezért az első 4 – korrigálható – hiányosság gyors és hatékony feltárását megvalósító kalibráló eljárás megvalósítása történt meg. A kalibráló hardver kidolgozásának a leírását, valamint a mobiltelefon kalibrációs adatait mérő szoftver működését a ZZZ mellékletben közöljük.

Ez a projekt keretében kidolgozott kalibráló hardver és szoftver együttes lehetővé teszi a különböző típusú mobil készülékek gyors kalibrálását, amivel a típusonként változó hibák korrigálhatók annyira, hogy megfelelő pontosságú legyen az átlagos felhasználó indikatív mérésére. Tehát lehetőséget teremt széleskörű közösségi alkalmazásra.

A kalibrációs adatokat felhasználó mobil alkalmazás megvalósítása, bár nem képezte részét jelen projektnek, de annak elkészítése hamarosan várható, egy következő projekt részeként.

8 Gyermek zajvédelmére tett jogalkotási javaslatok

A készülő jogszabályt (célszerűen miniszteri rendeletet) **a gyermekek védelméről és a gyámügyi igazgatásról szóló 1997. évi XXXI. törvény módosításával lehetne bevezetni.**

A törvény 6. § így szól:

6. § (1)⁴¹ A gyermeknek joga van a testi, értelmi, érzelmi és erkölcsi fejlődését, egészséges felnevelkedését és jólétét biztosító saját családi környezetében történő nevelkedéshez.

(2) A gyermeknek joga van ahhoz, hogy segítséget kapjon a saját családjában történő nevelkedéséhez, személyiségének kibontakoztatásához, a fejlődését veszélyeztető helyzet elhárításához, a társadalomba való beilleszkedéséhez, valamint önálló életvitelének megteremtéséhez.

(2a)⁴² A hátrányos helyzetű és a halmozottan hátrányos helyzetű gyermeknek joga van ahhoz, hogy fokozott segítséget kapjon a fejlődését hátráltató körülmények leküzdéséhez és esélyeinek növeléséhez.

(3) A fogyatékos, tartósan beteg gyermeknek joga van a fejlődését és személyisége kibontakozását segítő különleges ellátáshoz.

(4) A gyermeknek joga van ahhoz, hogy a fejlődésére ártalmas környezeti és társadalmi hatások, valamint az egészségére káros szerek ellen védelemben részesüljön.

A javasolt jogszabály-tervezet szerkezetéhez, szövegezéséhez segítséget adhat

- *a médiaszolgáltatásokról és a tömegkommunikációról szóló 2010. évi CLXXXV. törvény és*
- *a filmalkotások korhatár szerinti megjelölésének feltételeiről és a korhatár besorolási kategóriák feltüntetésének módjairól, valamint az állami támogatás igénybevételének alapjául szolgáló filmgyártási költségek megállapításáról szóló 10/2012. (III. 28.) NMHH rendelet*

A javasolt jogszabály hatálya

Szabad téren vagy zárt térben tartott, elektroakusztikus hangerősítésű műsor, zenés rendezvény (a továbbiakban: műsor)

- szervezőjére, ill az ilyen jellegű rendezvénynek helyet adó intézmény vezetőjére, akik a zeneszolgáltatást végző zenekarral és a hangosításért felelős hangmérnökkel, hangtechnikussal megkötött szerződéssel biztosítják a vállalt kategóriát betartását,
- a rendezvényen közönségként részt vevő gyermekekre és fiatalokúra,
- a rendezvényen részt vevő gyermekek és fiatalok szülei vagy más, rájuk vonatkozó felelősséggel rendelkező felnőttre.

Értelmező rendelkezések

- zajsztint-kategória: az 1. melléklet szerinti A-E besorolási kategóriák
- jelzés: a műsor zajsztint-kategóriájának jelzése piktogrammal vagy színezéssel

- műsoraj: a 2. melléklet szerinti mérési módszerrel meghatározott megítélési szint

A műsor zajszint-kategóriába sorolása

A zeneszolgáltatást végző zenekar vezetője és/vagy a hangosításért felelős hangmérnök, hangtechnikus meghatározza a műsor várható zajszintjét (a műsor ideje alatt mérhető, a 2. melléklet szerint $L_{Aeq,M30}$ legnagyobb 30 perces egyenértékű A-hangnyomásszintet), és ez alapján kiválasztja, illetve vállalja az annak megfelelő zajszint-kategória feltételeinek teljesítését.

A műsor zajszint-kategóriájának megjelenítése

A műsor zajszint-kategóriáját jelölni kell

- a műsor előzetes programjában
- a részvételi jegyen (ha van)
- az előzőek hiányában
 - o a műsoron részt vevő gyerekek szüleinek adott tájékoztatásban
 - o a mindenki által szabadon látogatható műsor helyszínén, célszerűen a belépéskor vagy a hangosító berendezésnél, a résztvevők számára jól észrevehető módon

Adott helyre szóló belépődíjas rendezvény esetén a közölt zajszint-kategóriák a helytől függően eltérőek lehetnek. Ez esetben a rendezvény szervezője a közönségtér különböző terhelésű területeire különböző zajszint-kategóriát határozhat meg. Az ezzel kapcsolatos eljárás (tájékoztatás, ellenőrzés) az előzőekhez hasonlóan történhet úgy, hogy a tájékoztatásból kiderüljön, mely helyekre mely kategória ajánlái és zajterhelési küszöbértékei vonatkoznak.

Intézkedések a résztvevők hallásvédelme érdekében

- Az egyes zajszint-kategóriába sorolt műsorok gyermek-résztvevői számára irányadó szabályok a 3. melléklet szerinti
- A 3. mellékletben a műsor zajszint-kategóriája szerint javasolt hallásvédelmi intézkedésekről a műsor szervezője vagy a zenekar köteles a műsor megkezdése előtt szóban tájékoztatni a résztvevőket.
- A 3. mellékletben a hangsugárzók megközelítésére vonatkozó tiltó szabály megtartásáért a műsor szervezője, ennek hiányában a zenekar a felelős
- A 3. mellékletben javasolt hallásvédő eszközt a részvételi díjas műsorok esetén a műsor szervezője köteles a résztvevők kérésére biztosítani.
- Az $L_{Aeq,M30}$ megítélési szint és az L_{Cpeak} C-csúcs hangnyomásszint értékek közül a legnagyobb a rendezvény ideje alatt nem lépheti túl a kategória irányértékét
- Óvodákban műsoros, zenés rendezvény, gyermekeknek hirdetett mozielőadás csak A vagy B jelű zajszint-kategóriájú lehet.

1. melléklet:

Zajszintkategória-jel	Irányérték $L_{Aeq,M30}^*$
A	$L_{Aeq\ M30} \leq 75$
B	$75 < L_{Aeq\ M30} \leq 80$
C	$80 < L_{Aeq\ M30} \leq 85$
D	$85 < L_{Aeq\ M30} \leq 90$
E	$90 < L_{Aeq\ M30} \leq 95$
F	$95 < L_{Aeq\ M30}$

* $L_{Aeq,M30}$ a műsorra vonatkozó megadott vagy a műsor ideje alatt, a 2. melléklet szerinti módszerrel mért legnagyobb 30 perces egyenértékű A-hangnyomásszint egész számra kerekítve

2. melléklet

MÉRÉSI UTASÍTÁS

Elektroakusztikai hangerősítésű rendezvények által okozott, a közönséget érő zajterhelés vizsgálatához

0. Az utasítás célja

Jelen mérési utasítás célja az elektronikus hangosítással ellátott rendezvények közönségét érő zajterhelés műszeres ellenőrzési eljárásának meghatározása.

1. A mérés előkészítése

1.1. A vizsgálatához használt mérőműszer

1.1.1 A zajterhelés minősítő vizsgálatához az MSZ EN 61672-1:2014 (IEC 61672:2013) szerinti 1. pontossági osztályba tartozó zajszintmérő műszert kell alkalmazni. Az alkalmazott műszer helyszíni pontosságellenőrzését a mérés előtt és után el kell végezni. Joghatással járó mérések esetében a műszer hitelesítésének a mérés időpontjában érvényesnek kell lennie.

1.1.2 Tájékoztató jellegű zajszintméréshez megengedett az MSZ EN 61672:2014 szerinti 2. pontossági osztályba tartozó zajszintmérő műszer alkalmazása.

1.2. A mérési pont kiválasztása

A mérési pont (**megítélési pont**) a közönségtér azon jellemző pontja, ahol a zajterhelés várhatóan a legnagyobb. Az elhelyezett mikrofon magassága a talajszint felett 1,2-1,6 m legyen. A mikrofont – ha nem diffúz téri mikrofont használnak – a zajforrás (hangszórók) felé kell irányítani.

Ha a rendezvény jellege, illetve a közönség elhelyezkedése megköveteli, **mozgó mérőpont** is választható. Ekkor a kijelölés fő szempontja (a magasságon túl) az, hogy jellemző legyen egy átlagos hallgató zajterhelésének meghatározására.

A megítélési ponttól eltérő zajterhelés meghatározására **további mérési pontok** is választhatók.

Ha a megítélési pontban előre láthatóan egyéb zajok (például a közönség zaja) zavarja a mérést, vagy más körülmény miatt a műsor mérése nem végezhető el a megítélési pontban, akkor **referenciapontot** kell kijelölni. A referenciapontban a vizsgált műsorzaj fizikai jellemzői ne térjenek el lényegesen a megítélési pontbeli műsorzaj jellemzőitől (elsősorban időbeli szerkezetében, frekvencia-összetételében), és az ott mérhető hangnyomásszint is – nem tekintve az egyéb zajokat – közel akkora legyen, mint a megítélési pontban.

1.3. A mérési idő meghatározása

A mérést a rendezvény, műsor teljes ideje alatt kell végezni úgy, hogy a mérési eredmény a műsor kezdetét és befejezését is tartalmazza. Amennyiben a „közönségzaj” része a vizsgálandó zajnak, akkor a gyülekezési és az eltávozási időszakokat is végig kell mérni.

1.4. Meghatározandó mennyiségek

1.4.1 A mérés során 5 másodperc - 60 másodperc közötti integrálási idővel rögzíteni kell a következő mennyiségeket:

egyenértékű A-hangnyomásszint L_{Aeq} dB

C-súlyozású csúcshangnyomásszint L_{Cpeak} dB

1.4.2 Az egymást követő 30 perc vonatkoztatási időkre meg kell határozni az $L_{Aeq,30}$ egyenértékű A-hangnyomásszinteket.

2. A mérési folyamat

2.1. Az alapzaj meghatározása

Ha a rendezvény környezetében nem a műsorhoz tartozó egyéb zajokkal (például közlekedési zajjal) is számolni kell, ami a rendezvény zajmérését befolyásolná, akkor a rendezvény előtt (és/vagy után) alapzajmérést kell végezni. Ekkor a kiválasztott mérési pont(ok)ban meg kell határozni a rendezvény-mérés idején jellemző, hosszú idejű, nem a rendezvényhez tartozó zajok szintjét.

2.2. Korrekciómérés

Ha van lehetőség referenciapont kiválasztására, akkor a műsor előtt (és/vagy után) korrekciómérést kell végezni. Ekkor az alkalmazott hangosító rendszeren keresztül, a műsor közben használt beállításokkal egy nagyon szélessávú, nagyon impulzusos hangfelvétel vagy műjel lejátszásakor mérni kell a megítélési pontban és a referenciapontban a hangnyomásszintet az 1.4. szakasz szerint. Az integrálási idő legyen nagyobb, mint 5 másodperc.

Hangfelvételnek (pl. **Rossini : Tell Vilmos nyitány** vagy **Beastie Boys/ Brass Monkey**), illetve műjelnek (**rózsazaj, sweep, impulzus**) alkalmazása javasolt.

2.3. A mérés lefolytatása

2.3.1 A műsormérést a megítélési ponton és (ha több mérési pontot is kijelöltek) valamennyi mérési ponton folyamatos felvételnél kell elkészíteni. Indokolt esetben külön szabad indítani az egyes műsorrészek felvételét (például több felvonás, szünet, színpadátrendezés stb.).

2.3.2 Ha a megítélési ponton a folyamatos mérés nem végezhető el (például, ha itt a mérés a közönséget vagy a műsort zavarja), és referenciapontot is kijelöltek, valamint elvégezték a 2.2. szerinti korrekciómérést, akkor a folyamatos műsormérést a referenciaponton kell elvégezni.

2.3.3 Ha szükségessé válhat a felvétel egyes pillanatainak vagy eseményeinek azonosítása, akkor ehhez folyamatos feljegyzéseket kell készíteni a mérés közben. A feljegyzésnek – az esemény leírásán túl – tartalmaznia kell a műszerről vagy szinkronizált óráról való időpont-leolvasás értékét is. Ha a műszer alkalmas marker elhelyezésére a regisztrátumban, azzal is segíthető az azonosítás.

2.4. Különleges körülmények kezelése

Épületen kívüli (szabad téri) mérés esetében figyelembe kell venni az [MSZ ISO 1996-2:2009](#) időjárással kapcsolatos előírásait.

3. A vizsgálat eredménye

3.1 A megítélési szint

A rendezvény, műsor közönségét érő zajterhelés $L_{Aeq,M30}$ megítélési szintje az 1.4.2 pont szerinti egymást követő 30 perc vonatkoztatási időkre meghatározott az $L_{Aeq,30}$ egyenértékű A-hangnyomásszintek legnagyobb értéke.

3.2 A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint

Az 1.4.1 pont szerint meghatározott L_{Cpeak} C-súlyozású csúcshangnyomásszintek közül a legnagyobb érték.

Megjegyzés: A műsorzaj megítéléséhez nem szabad figyelembe venni a nem az előadáshoz tartozó zajokat, beleértve a műsor előtti és utáni tetszésnyilvánítás zajait.

3.3 A megítélési szint meghatározása a referenciaponton való mérésből

A 2.3.2 pont szerinti mérés esetén a megítélési pontra vonatkozó L_{AeqM30} megítélési szintet és az $L_{Cpeak,max}$ legnagyobb C-csúcshangnyomásszintet a következő eljárással kell meghatározni:

$$L_{Aeq,M30} = L_{Aeq30ref} + K_{Aeq}$$

$$L_{Cpeak,max} = L_{Cpeak,ref,max} + K_{Cpeak}$$

ahol

K_{Aeq} a megítélési ponton mért $L_{Aeq,30}$ és a referenciaponton mért $L_{Aeq,30ref}$ egyenértékű A-hangnyomásszintek különbsége. A mérést a két pontban azonos időben kell mérni.

K_{Cpeak} a megítélési ponton mért $L_{Cpeak,max}$ és a referenciaponton mért $L_{Cpeak,ref,max}$ legnagyobb C-csúcshangnyomásszintek különbsége. A mérést a két pontban azonos időben kell mérni.

A rendezvényhelyszínek, hangsugárzó-rendszerek/beállítások és mérési pontok minden kombinációjára külön korrekciós értékpárokat kell meghatározni.

4. A műsorzaj megfelelőségének folyamatos ellenőrzése

javasolt, hogy az üzemeltető, illetve a hangosítást végző folyamatosan ellenőrizze a műsorzaj megfelelőségét az 1.4.1 szerint mért L_{Aeq} értékek megfigyelésével.

A rövid integrálási idejű értékek lehetővé teszik az üzemeltető, illetve a hangosító számára, hogy a hangnyomásszintet megfelelő értéken tartsa. A hangnyomásszintet az adott rendezvényre, műsorra meghatározott zajszint-kategória irányértéke (L_{AeqM30}) alatt kell tartani, illetve csak rövid ideig szabad azt túllépni.

Arra alkalmas készülékkel a műsorzaj változását színekkel lehet kísérni, például: **zöld** ($L_{AeqM30} - 3$ dB-ig); **sárga** ($L_{AeqM30} - 3$ és L_{AeqM30} között); **piros** (L_{AeqM30} fölött).

3. melléklet

A zenés, műsoros rendezvényeken résztvevő gyermekek és fiatalok halláskárosodás elleni védelme érdekében javasolt hallásvédelmi intézkedések az egyes zajszint-kategóriákba tartozó rendezvények esetén:

A rendezvényszervezők számára kötelező előírások:

- Meg kell adni, hogy a rendezvény zajszintje a meghatározott zajszint- kategóriák (lásd at 1. mellékletet) közül melyikbe esik bele.
- A vállalt zajszint-kategóriát, valamint az ehhez tartozó, a hallás védelmében, korfüggően ajánlott részvételi feltételeket (vö. az alábbi táblázattal) fel kell tüntetnie a műsorfüzetben, a kiadott részvételi jegyeken, interneten, plakáton, szórólapon stb.
- Biztosítani kell, hogy a közönség ne tudja megközelíteni a hangszórókat
 $76 \text{ dB-nél kisebb } L_{Aeq,M30} \text{ zajszint esetén } 2 \text{ m-en belül;}$
 $L_{Aeq,M30} = 76 - 95 \text{ dB közötti zajszint esetén } 5 \text{ m-en belül;}$
 $L_{Aeq,M30} = 95 \text{ dB-nél nagyobb zajszint esetén } 15 \text{ m-en belül}$
- 95 dB-nél nagyobb zajszint esetén, a rendezvény helyszínén, a résztvevők számára hallásvédő eszközt kell biztosítani.
- Vállalnia kell, hogy 18 év alattiak részvétele esetén a C-csúcs hangnyomásszint ($L_{C,peak}$) 125 dB-nél kisebb marad a műsor teljes időtartama alatt.

A hallásvédelem szempontjából tett ajánlások a rendezvény résztvevői számára

Ajánlások

Irányérték $L_{Aeq,M30}$ dB	A hallásvédelem szempontjából tett ajánlások a rendezvény résztvevői számára
≤ 75	Nincs korlátozásra vonatkozó ajánlás
$75 <$	3 éven aluli gyermek részvétele nem ajánlott.
$75 < L_{Aeq,M30} \leq 80$	3 – 14 éves gyermek részvétele 2 óránál hosszabb műsor esetén nem ajánlott. *
$80 < L_{Aeq,M30} \leq 85$	3 – 14 éves gyermek részvétele 45 percnél hosszabb műsor esetén nem ajánlott.
$85 <$	14 év alatti gyermek részvétele nem ajánlott*
$85 < L_{Aeq,M30} \leq 90$	14 – 18 éves gyermek részvétele 2 óránál hosszabb műsor esetén nem ajánlott. *
$90 < L_{Aeq,M30} \leq 95$	14 – 18 éves gyermek részvétele 45 percnél hosszabb műsor esetén nem ajánlott. *
$95 <$	18 év alattiak részvétele nem ajánlott*

* Amennyiben mégis részt vesz, illetve az időkorláton túl tartózkodik a rendezvényen, egyéni hallásvédő eszköz használata ajánlott.

A rendezés, részvétel feltételei

Zajszint kategória-jel	Irányérték $L_{Aeq,M30}$ dB*	Hallásvédelem szempontjából tett ajánlások a rendezvény résztvevői számára			A rendezvényszervezők kötelezettségei	
		3 évesnél fiatalabb	3 – 14 év között	14-18 év között		
A	$L_{Aeq M30} \leq 75$	Nincs korlátozás			Biztosítani kell, hogy a közönség ne tudja megközelíteni a hangsugárzókat 2 m-en belül***	Biztosítani kell, hogy 18 év alattiak részvétele esetén a legnagyobb C-csúcshang- nyomásszint ($L_{C,peak}$) nem lehet 125 dB-nél nagyobb
B	$75 < L_{Aeq M30} \leq 80$	Nem ajánlott	Legfeljebb 2 óra tartózkodás	Nincs korlátozás	Biztosítani kell, hogy a közönség ne tudja megközelíteni a hangsugárzókat 5 m-en belül***	
C	$80 < L_{Aeq M30} \leq 85$		Legfeljebb 45 perc tartózkodás**			
D	$85 < L_{Aeq M30} \leq 90$		Nem ajánlott**	Legfeljebb 2 óra tartózkodás**		
E	$90 < L_{Aeq M30} \leq 95$			Legfeljebb 45 perc tartózkodás**		
F	$95 < L_{Aeq M30}$			Nem ajánlott**	Biztosítani kell, hogy a közönség ne tudja megközelíteni a hangsugárzókat 15 m-en belül	

* A 30 perc vonatkoztatási időre megadott legnagyobb egyenértékű A-hangnyomásszint, egész számra kerekítve

** Amennyiben mégis részt vesz, illetve az időkorláton túl tartózkodik a rendezvényen, egyéni hallásvédő eszköz használata ajánlott.

*** Amennyiben van nagyobb távolságra lehetőség, ne az ajánlott legkisebbet alkalmazzák!

9 Z melléklet:
A zenés rendezvények, műsorok zajmérési eredményei

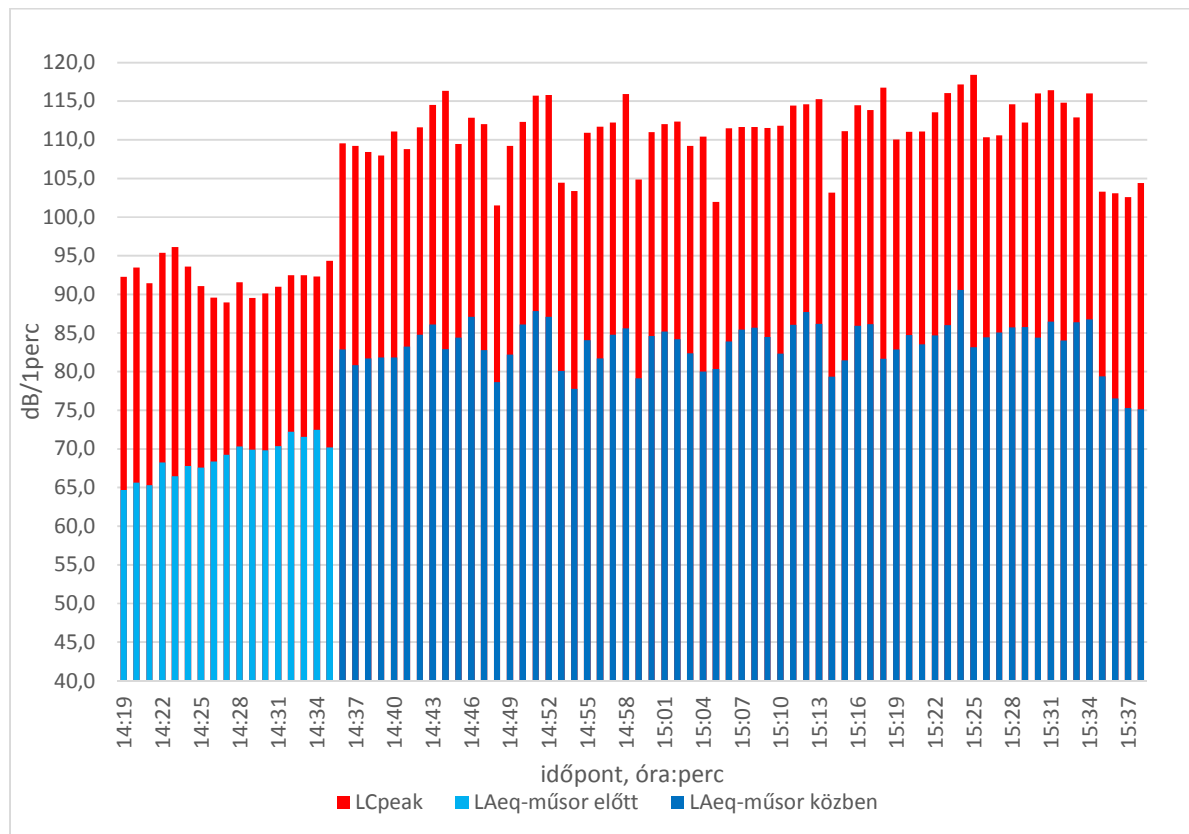
Z1 Színházterem, gyermek-koncert

Z1.1 Földszint, 1. sor

Műsorforrás:	zenekar + énekes
Helyszín:	nagyméretű színházterem
Műsoridő:	63 perc
A zajmérés helye:	földszint, 1.sor
Mérésidő:	17 perc műsor előtt + 63 perc műsor közben

Műsor zajszenetek:

A műsor teljes időtartamára	$L_{Aeq,műsor}$	84,3 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	90,5 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	85,3 dB
A legnagyobb C-csúcszhangnyomásszint	L_{max}	118,4 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	103,4 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	6,6 dB



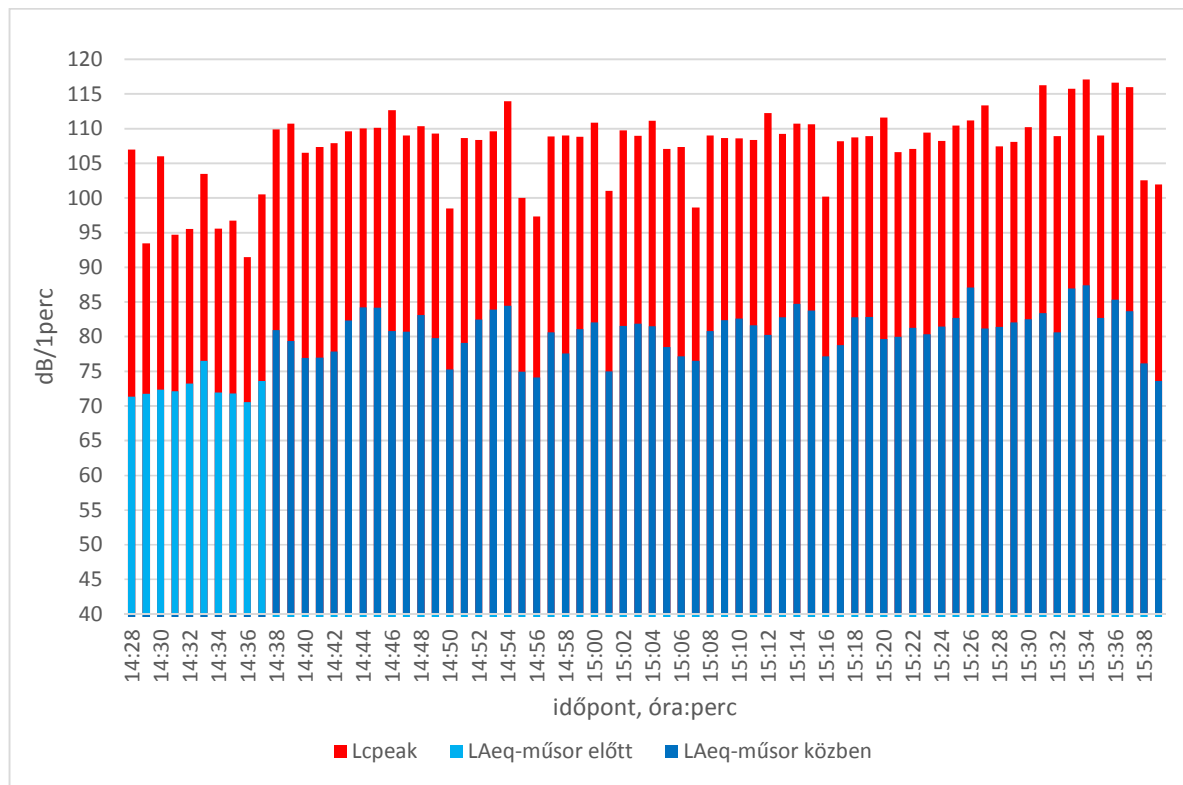
Z1.1 ábra: Színházterem – gyermek-koncert, földszint 1. sor

Z1.2 Földszint, középén

Műsorforrás: zenekar + énekes
Helyszín: nagyméretű színházterem
Műsoridő: 63 perc
A zajmérés helye: földszint, középén
Mérésidő: 10 perc műsor előtt + 63 perc műsor közben

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára	$L_{Aeq,műsor}$	81,9 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	87,5 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	83,0 dB
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	117,1 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	101,5 dB
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	7,3 dB



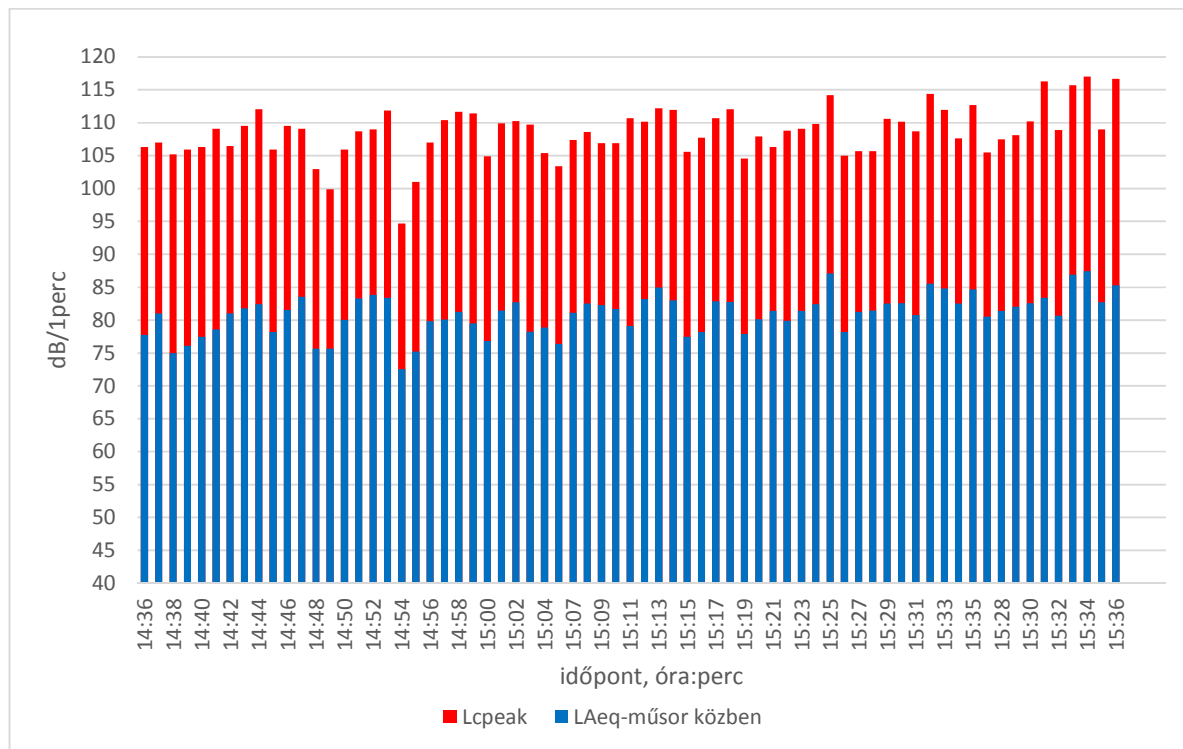
Z1.2 ábra: Színházterem – gyermek-koncert, földszint, középén

Z1.3 Erkély

Műsorforrás: zenekar + énekes
Helyszín: nagyméretű színházterem
Műsoridő: 63 perc
A zajmérés helye: erkélyen
Mérésidő: 60 perc műsor közben

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára	$L_{Aeq,műsor}$	81,5 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	87,1 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	82,3 dB
A legnagyobb C-csúcszhangnyomásszint	L_{max}	114,4 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	100,2 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	6,9 dB



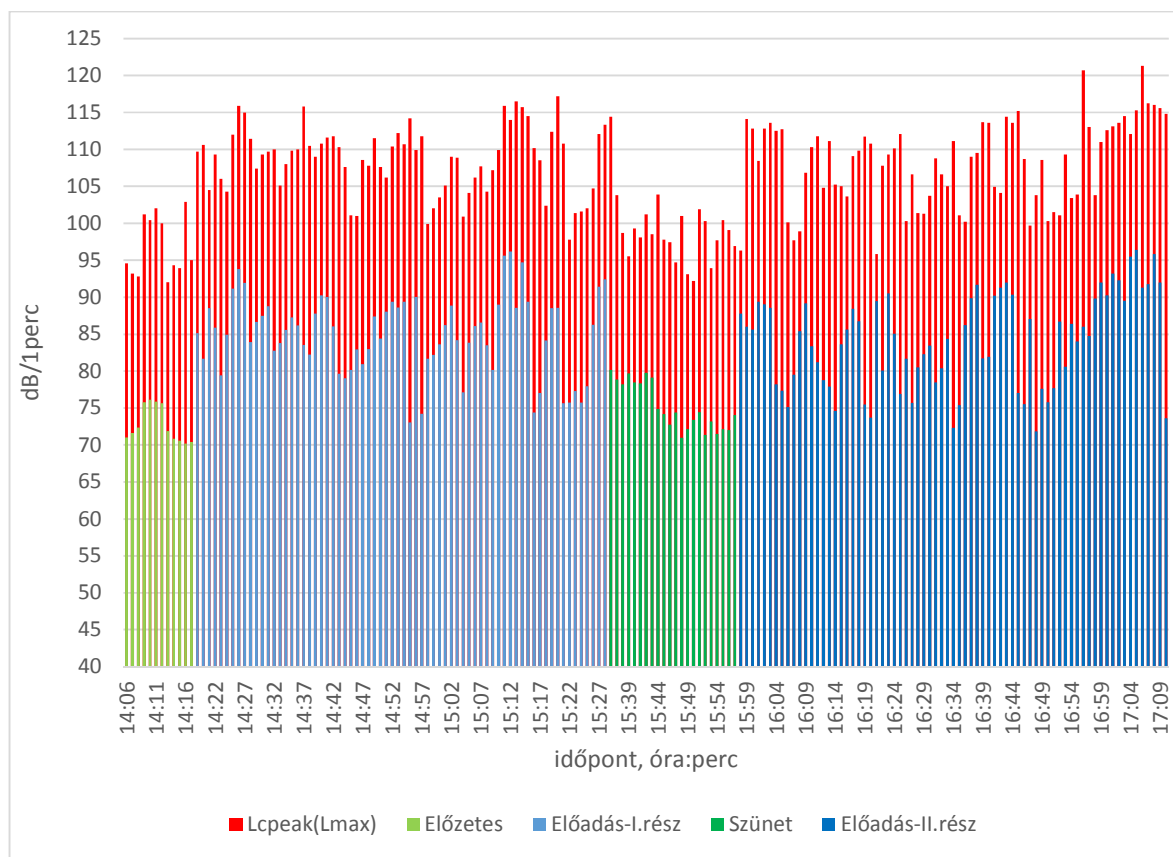
Z1.3 ábra: Színházterem – gyermek-koncert, erkély

Z2 Egy musical

Műsorforrás: zenekar + ének
Helyszín: nagyméretű sportcsarnok
Műsoridő: 70+73 perc
A zajmérés helye: földszinten, a csarnok közepén
Mérésidő: 12 perc – műsor előtt; 70 perc – műsor I. rész;
22 perc – szünetben; 73 perc – műsor II. rész

Műsor zajsztintek:

A műsor teljes időtartamára (143 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	87,9 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	96,4 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	90,0 dB
A legnagyobb C-csúcszhangnyomásszint	L_{max}	121,3 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	106,6 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	5,8 dB



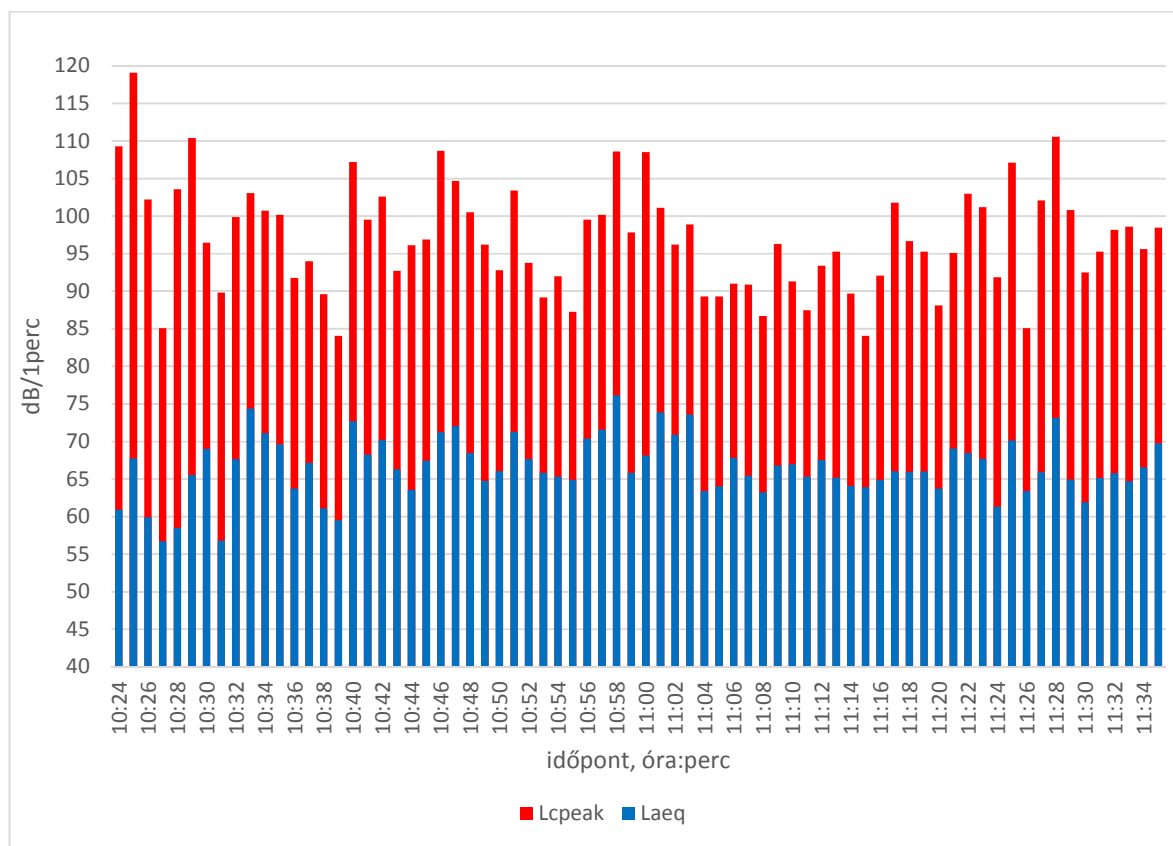
Z2 ábra: Egy musical

Z3 Mozi -gyerekfilm, I.

Műsorforrás: mozifilm; szöveg, zene, elektronikus hangosítással
Helyszín: moziterem
Műsoridő: 96 perc
A zajmérés helye: 6. sor
Mérésidő: 96 perc

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára (90 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	69,7 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	76,1 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	69,9 dB
A legnagyobb C-csúcs hangnyomásszint	L_{max}	119,1 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	84,5 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	7,9 dB



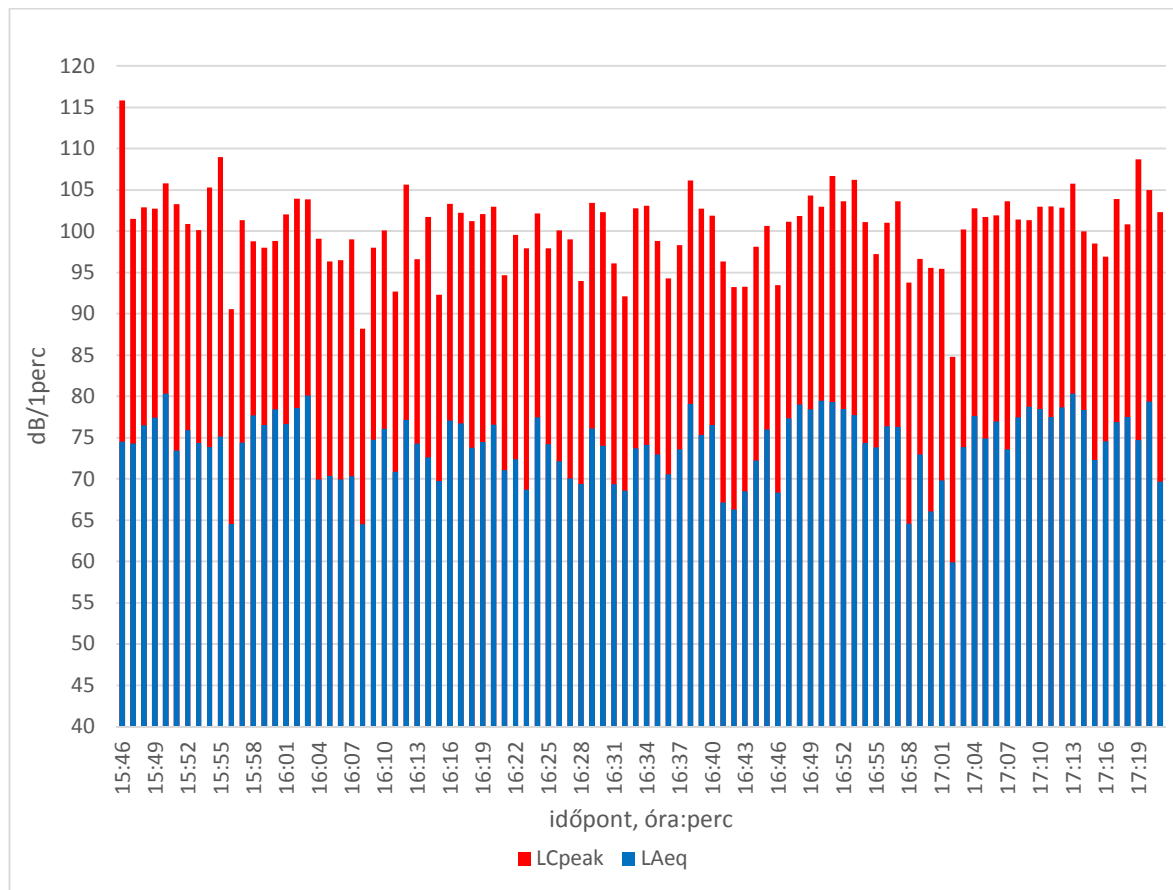
Z3 ábra: Mozi – gyerekfilm I.

Z4 Mozi -gyerekfilm, II.

Műsorforrás: mozifilm; szöveg, zene, elektronikus hangosítással
Helyszín: moziterem
Műsoridő: 92 perc
A zajmérés helye: a terem közepén
Mérésidő: 92 perc

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára (92 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	75,6 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	80,3 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	75,7 dB
A legnagyobb C-csúcszhangnyomásszint	L_{max}	115,8 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	89,2 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	7,3 dB



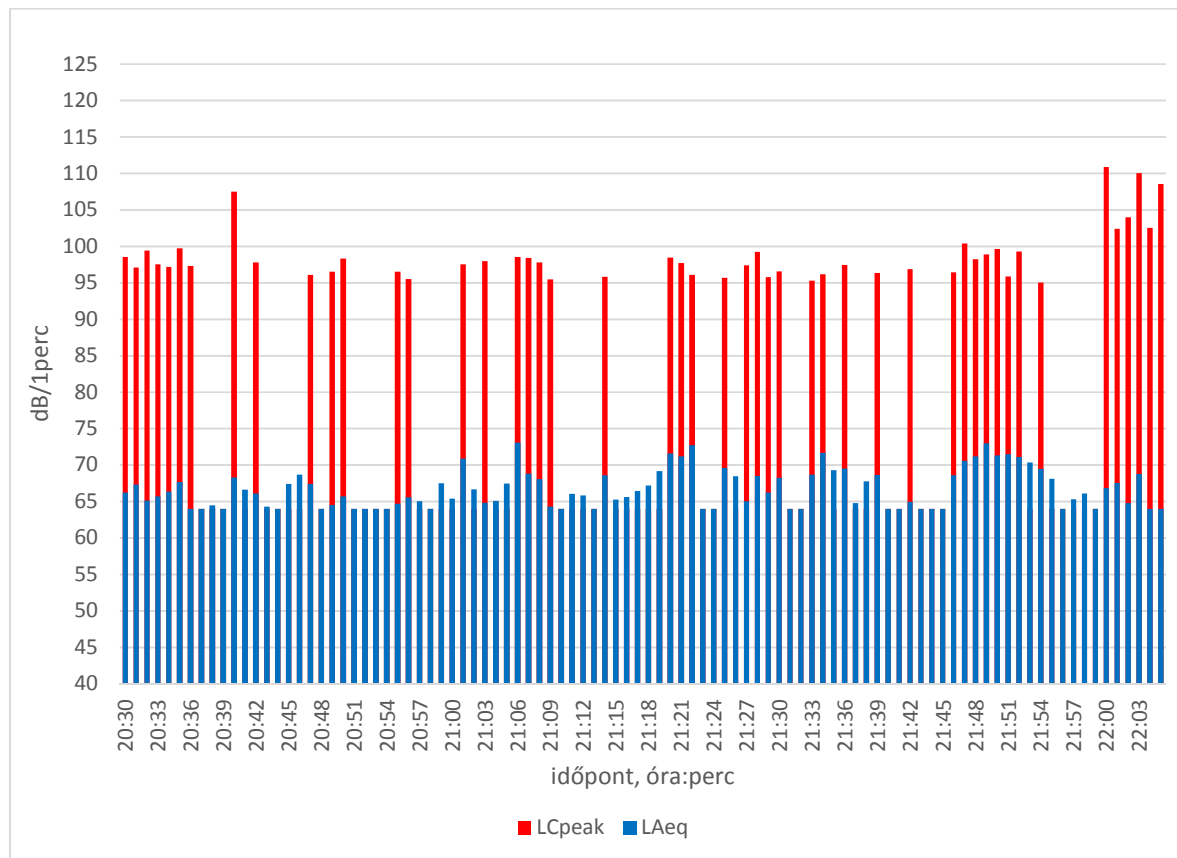
Z4 ábra: Mozi – gyerekfilm II.

Z5 Mozi -gyerekfilm, III.

Műsorforrás: mozifilm; szöveg, zene, elektronikus hangosítással
Helyszín: moziterem
Műsoridő: 95 perc
A zajmérés helye: a terem közepén
Mérésidő: 95 perc

Műsor zajszenetek:

A műsor teljes időtartamára (92 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	67,6 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	73,1 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	68,8 dB
A legnagyobb C-csúcs hangnyomásszint	L_{max}	110,9 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	81,4 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	17,6 dB



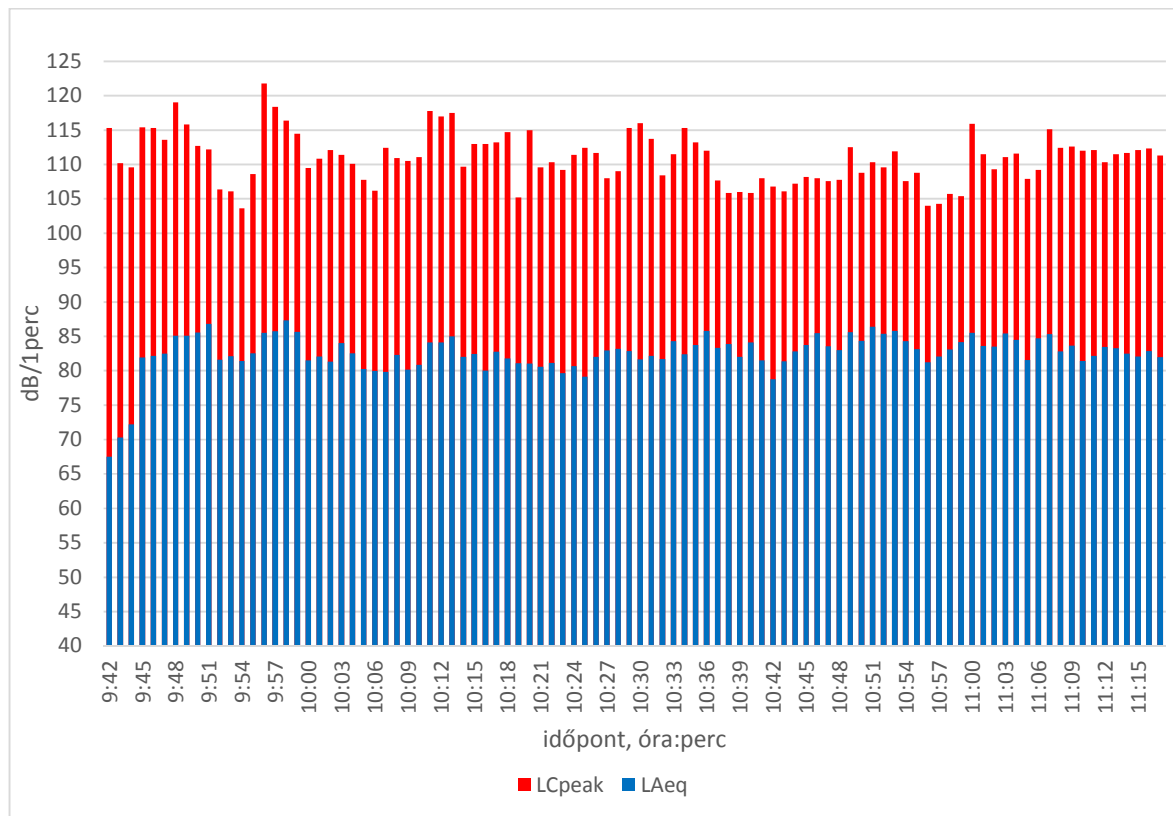
Z5 ábra: Mozi – gyerekfilm III.

Z6 Táncverseny, I.

Műsorforrás: tánczene, elektronikus hangosítással
Helyszín: sportcsarnok
Műsoridő: 112 perc
A zajmérés helye: a lelátó legfelső sora
Mérésidő: 112 perc

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára (112 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	83,0 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	87,3 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	83,6 dB
A legnagyobb C-csúcs hangnyomásszint	L_{max}	121,8 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	102,6 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	6,7 dB



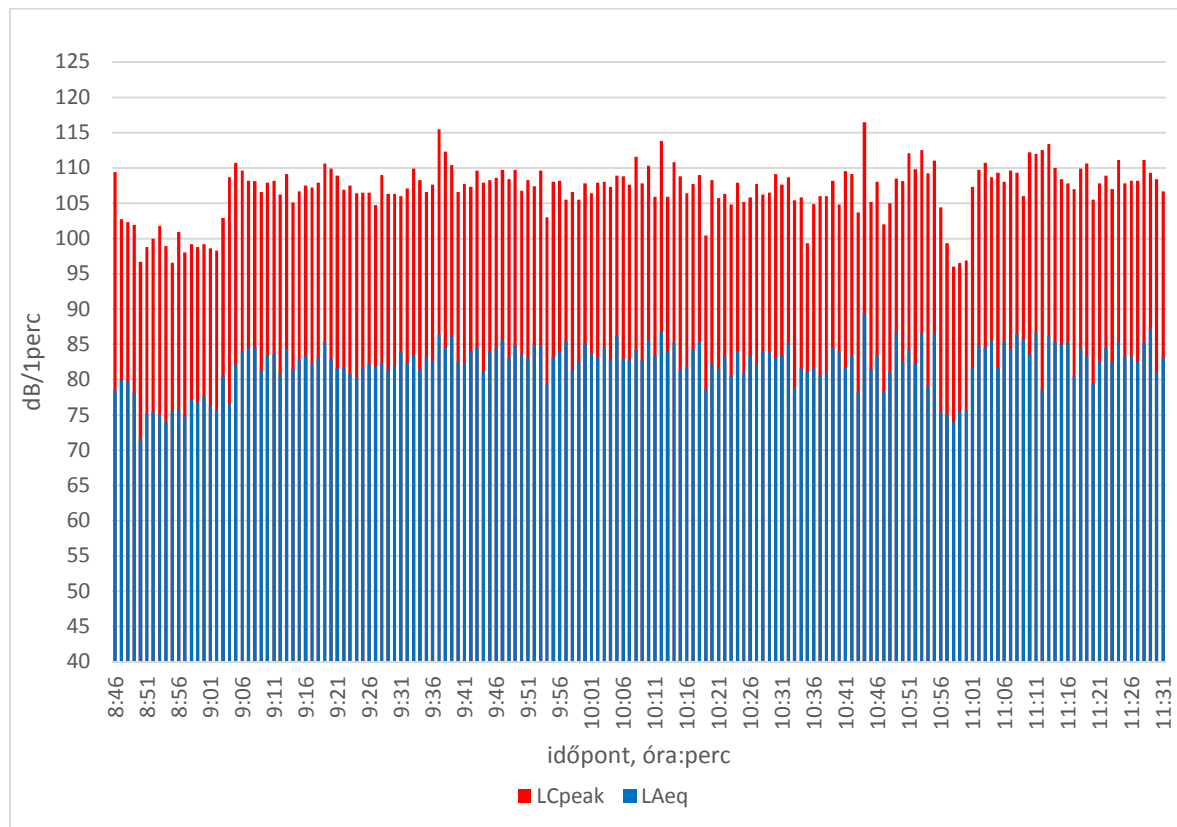
Z6 ábra: Táncverseny, I.

Z7 Táncverseny, II.

Műsorforrás: tánczene, elektronikus hangosítással
Helyszín: sportcsarnok
Műsoridő: 166 perc
A zajmérés helye: a lelátó legfelső sora
Mérésidő: 166 perc

Műsor zajszenek:

A műsor teljes időtartamára (166 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	83,2 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	86,4 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	83,8 dB
A legnagyobb C-csúcsangnyomásszint	L_{max}	116,5 dB
A C-csúcsangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	98,6 dB
A C-csúcsangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	5,9 dB



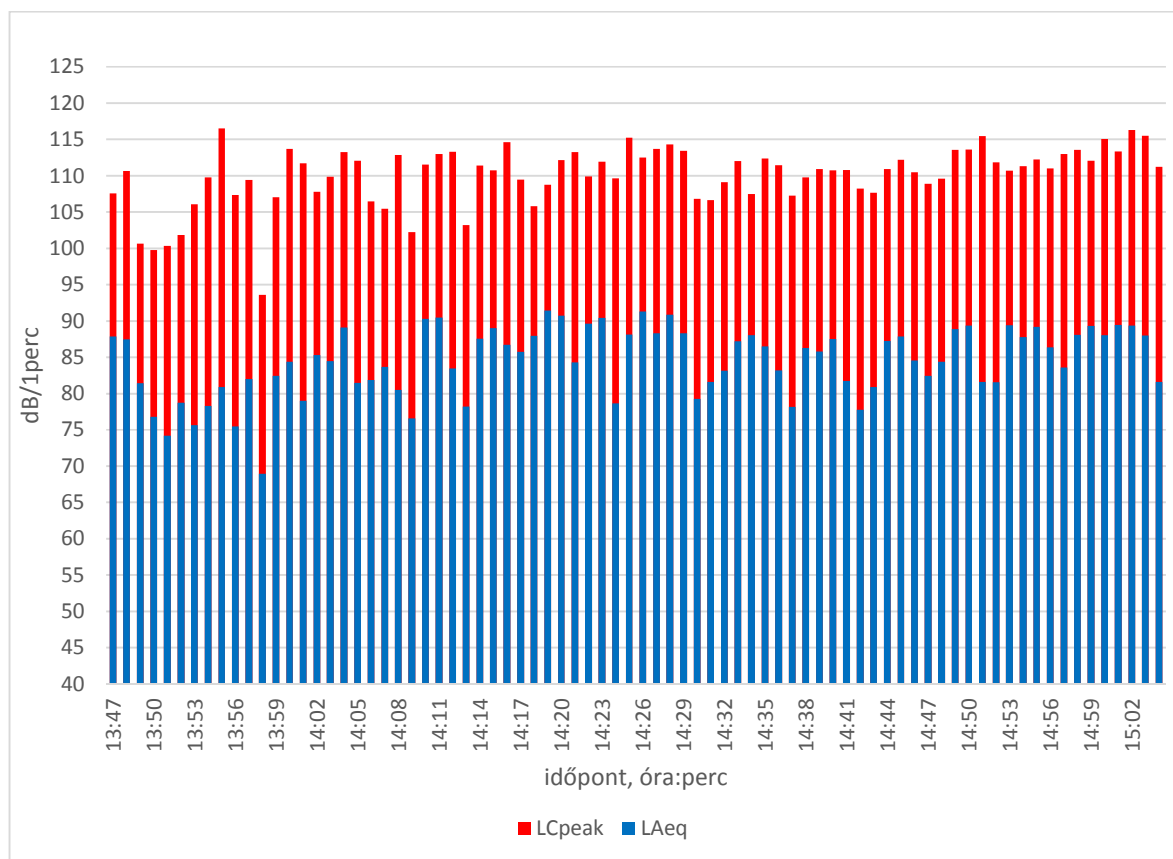
Z7 ábra: Táncverseny, II.

Z8 Óvodai koncert

Műsorforrás: rock-zenekar
Helyszín: óvoda udvara
Műsoridő: 80 perc
A zajmérés helye: a nézőtér első sora
Mérésidő: 80 perc

Műsor zajsintek:

A műsor teljes időtartamára (80 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	86,5 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	91,4 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	87,8 dB
A legnagyobb C-csúcs hangnyomásszint	L_{max}	116,5 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	100,4 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	7,6 dB



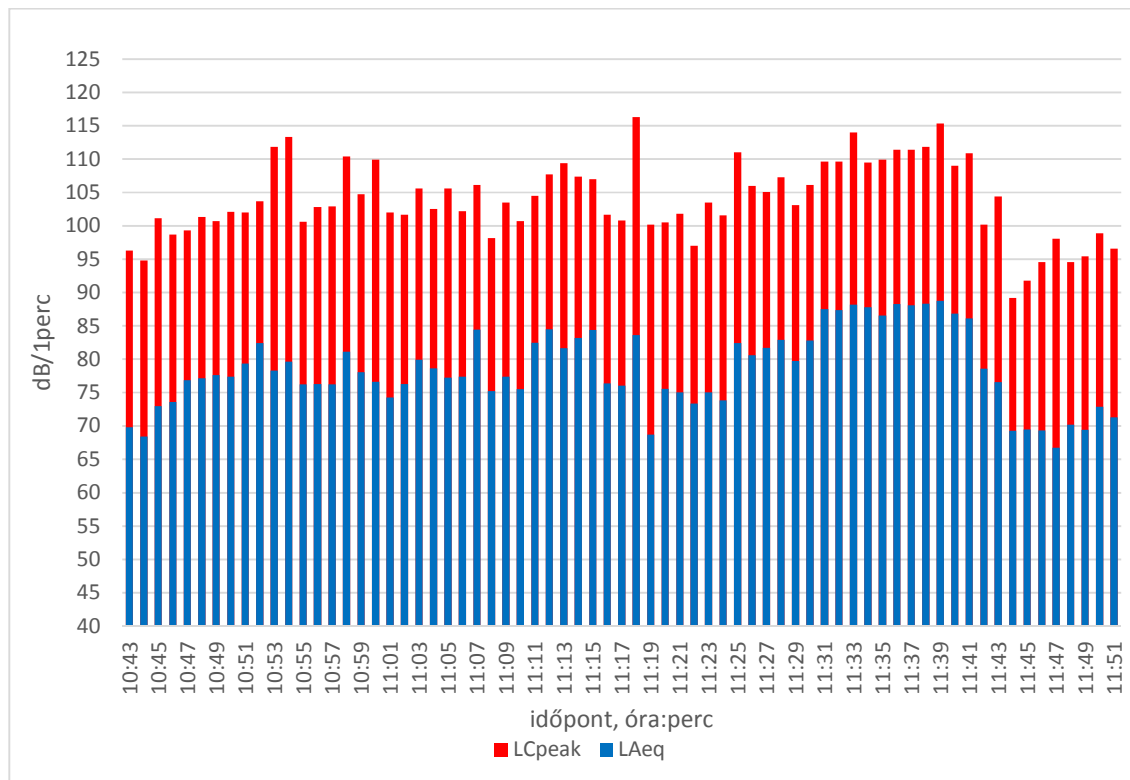
Z8 ábra: Óvodai koncert

Z9 Népzenei előadás

Műsorforrás: élő népzenei előadás; ének, akusztikus hangszerek, hegedű
Helyszín: díszterem
Műsoridő: 68 perc
A zajmérés helye: a színpaddal szemben, 5,5 m-re
Mérésidő: 68 perc

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára (68 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	82,1 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	88,7 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	86,6 dB
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	116,3 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	98,5 dB
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	6,3 dB



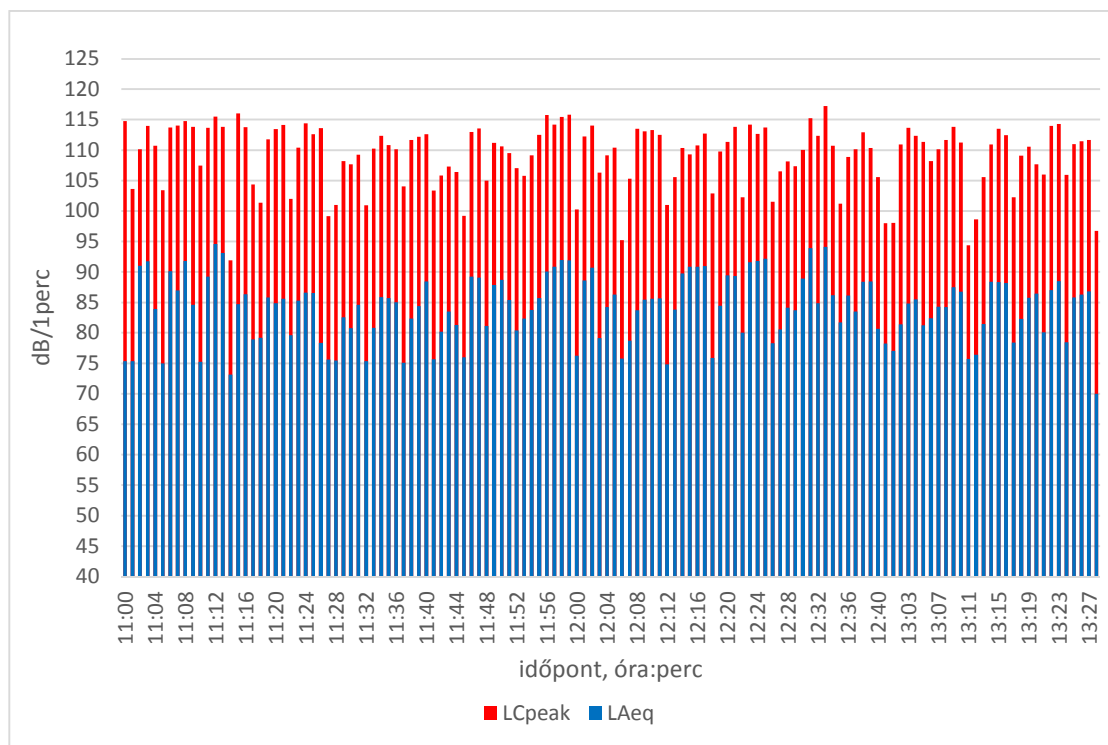
Z9 ábra: Népzenei előadás

Z10 Iskolai táncos, zenés program

Műsorforrás: „gépzene”, hangfalakkal
Helyszín: iskolai tornacsarnok
Műsoridő: 130 perc
A zajmérés helye: a tornaterem oldalfala előtt, a terem középvonalában
Mérésidő: 130 perc

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára (130 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	86,9 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	94,6 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	88,6 dB
A legnagyobb C-csúcs hangnyomásszint	L_{max}	117,2 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	99,8 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	8,8 dB



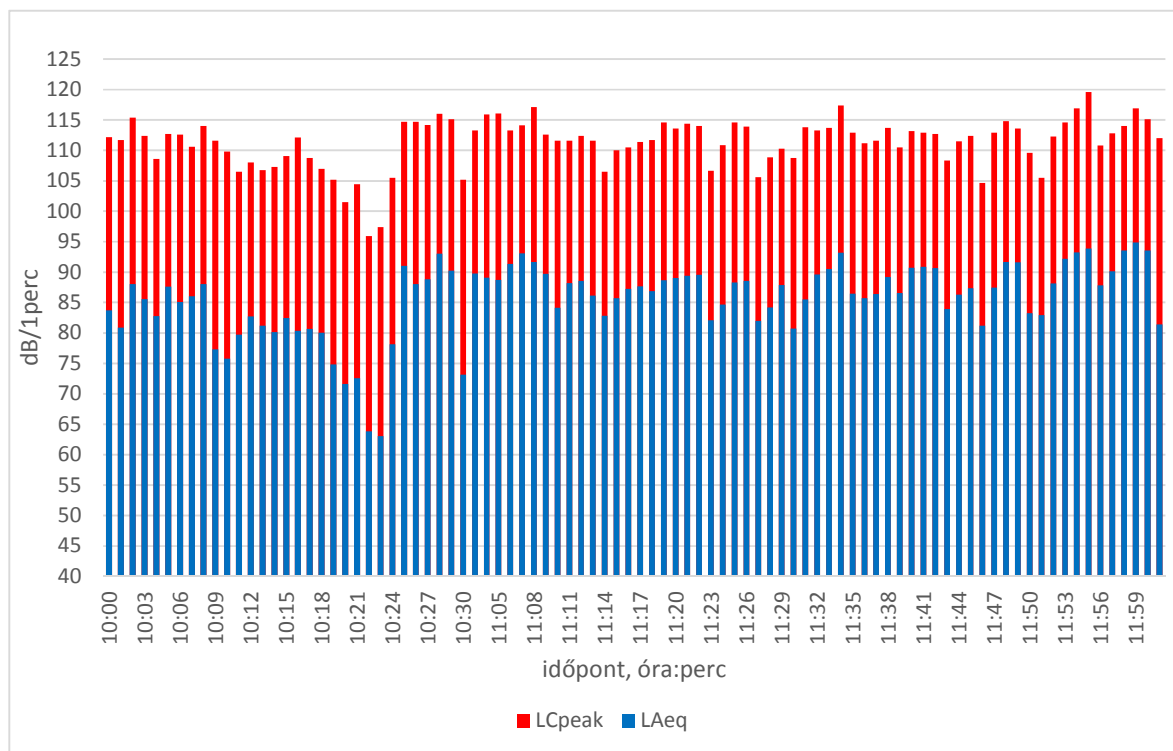
Z10 ábra: Iskolai táncos, zenés program

Z11 Koncert gyerekeknek

Műsorforrás: rock-együttes, elektronikus hangosítással
Helyszín: művelődési ház színházterme
Műsoridő: 90 perc
A zajmérés helye: a színpadtól 7 m-re
Mérésidő: 90 perc

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára (90 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	88,4 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	94,9 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	90,3 dB
A legnagyobb C-csúcs hangnyomásszint	L_{max}	119,6 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	107,1 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	6,4 dB



Z11 ábra: Koncert gyerekeknek

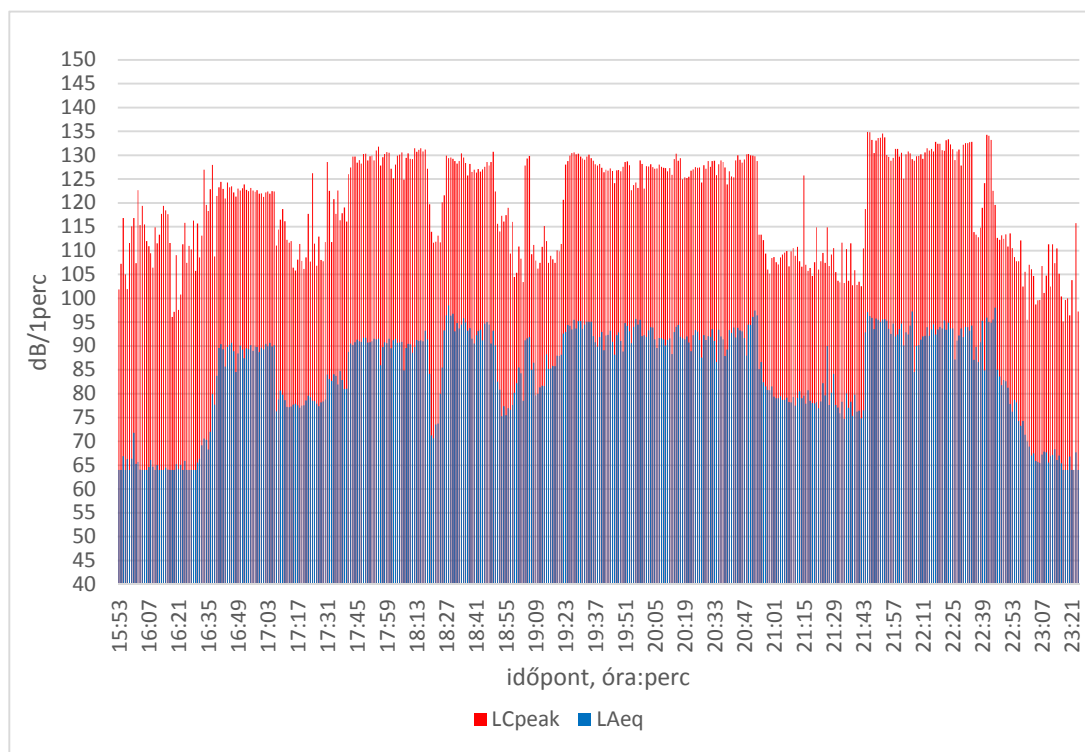
Z12 Egy rock-fesztivál egy napja

Z12.1 Az 1. sz. mérő személy zajterhelése

Műsorforrás:	a fesztivál színpadjain játszó együttesek
Helyszín:	a színpadok előtti terek
Műsoridő:	450 perc
A zajmérés helye:	a mérő személy mozgását követve, személyi zajdózismérővel
Mérésidő:	450 perc

Műsor zajszenk:

A műsor teljes időtartamára (450 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	90,3 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	98,5 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	94,1 dB
A legnagyobb C-csúcszhangnyomásszint	L_{max}	134,9 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	119,8 dB
A C-csúcszhangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	10,4 dB



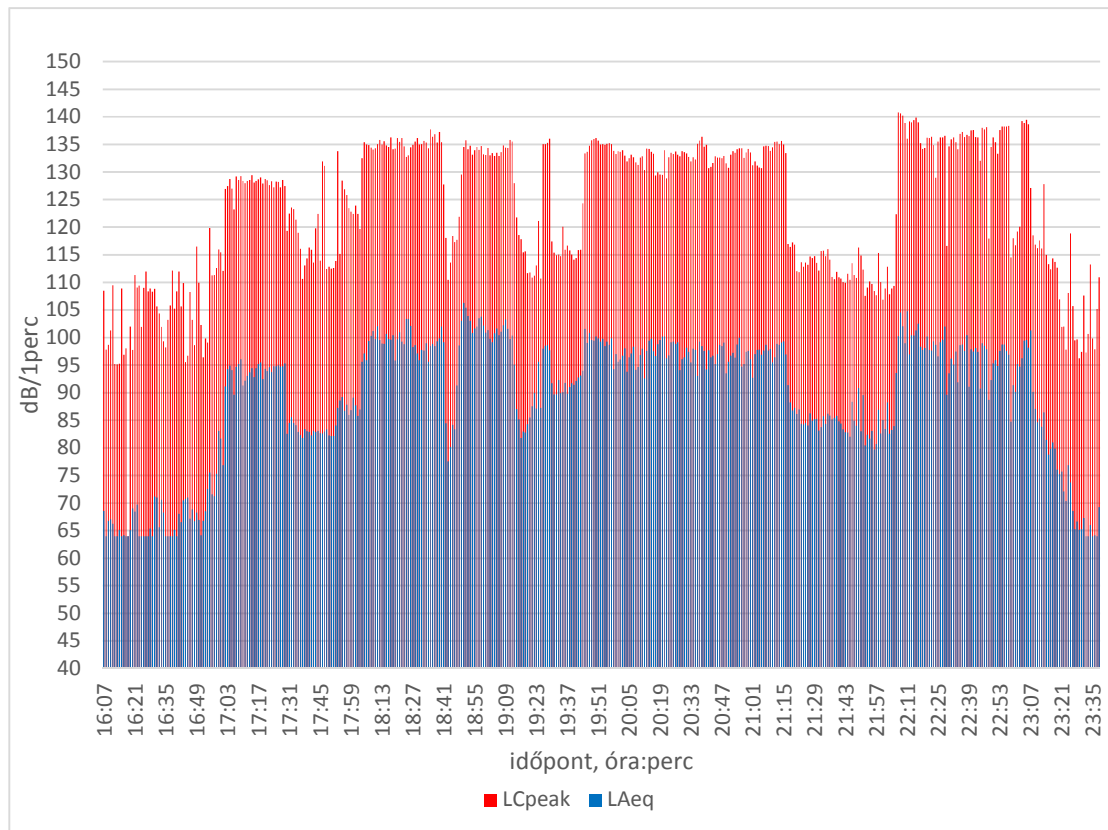
Z12.1 ábra: Egy rock-fesztivál egy napja, 1. mérő személy

Z12.2 A 2. sz. mérő személy zajterhelése

Műsorforrás:	a fesztivál színpadjain játszó együttesek
Helyszín:	a színpadok előtti terek
Műsoridő:	460 perc
A zajmérés helye:	a mérő személy mozgását követve, személyi zajdózismérővel
Mérésidő:	460 perc

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára (460 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	96,3 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	106,3 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	101,5 dB
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	140,8 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	123,3 dB
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	12,6 dB



Z12.2 ábra: Egy rock-fesztivál egy napja, 2. mérő személy

Z12.3 A 3. sz. mérő személy zajterhelése

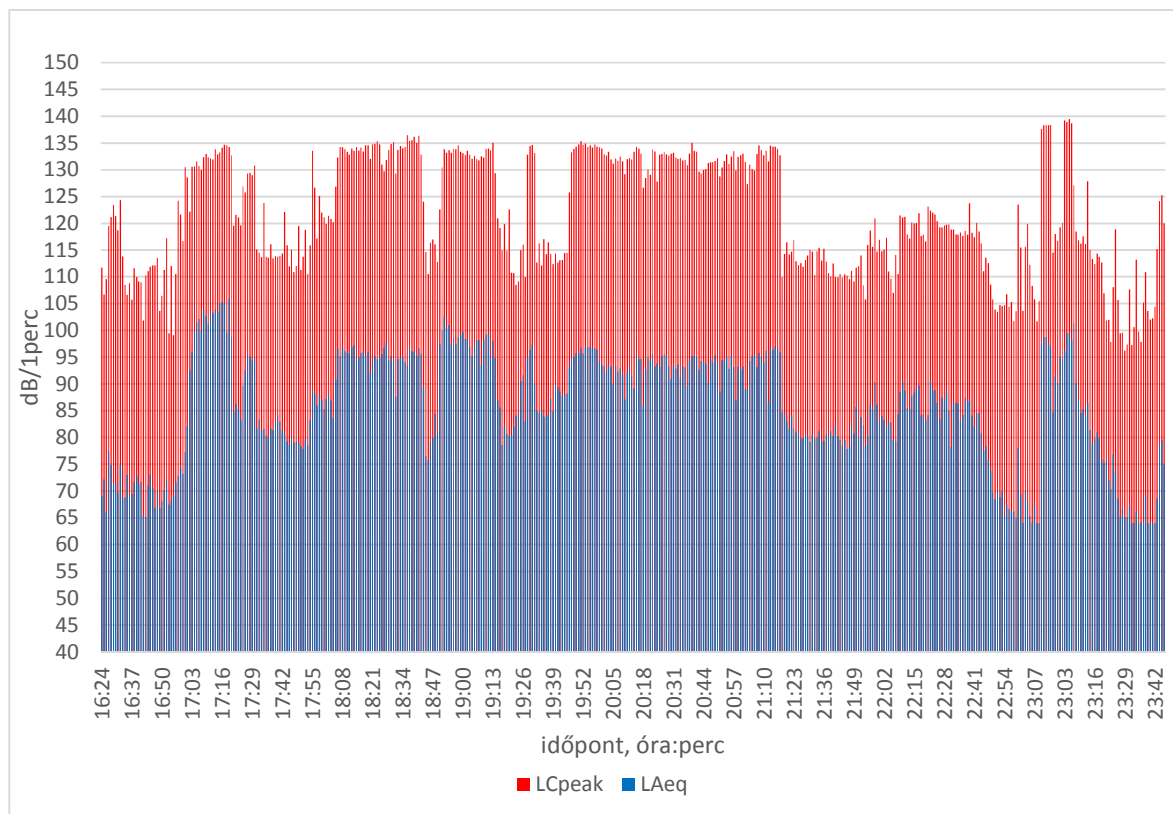
Műsorforrás:	a fesztivál színpadjain játszó együttesek
Helyszín:	a színpadok előtti terek
Műsoridő:	460 perc
A zajmérés helye:	a mérő személy mozgását követve, személyi zajdózismérővel
Mérésidő:	460 perc

Műsor zajszintek:

A műsor teljes időtartamára (460 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	93,7 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	105,9 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	100,9 dB
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	139,5 dB

A C-csúcshangnyomásszintek átlaga
A C-csúcshangnyomásszintek szórása

$L_{Cpeak, \text{átlag}}$ 121,8 dB
 S_{Cpeak} 10,7 dB



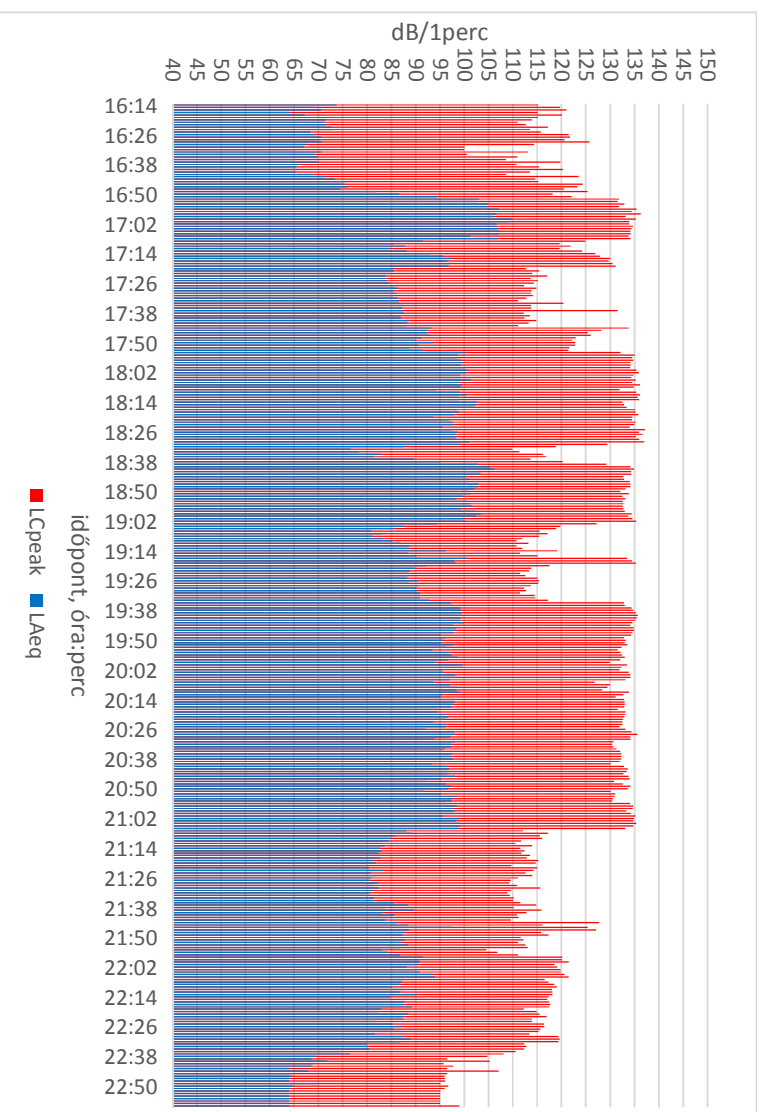
Z12.3 ábra: Egy rock-fesztivál egy napja, 3. mérő személy

Z12.4 A 4. sz. mérő személy zajterhelése

Műsorforrás: a fesztivál színpadjain játszó együttesek
Helyszín: a színpadok előtti terek
Műsoridő: 405 perc
A zajmérés helye: a mérő személy mozgását követve, személyi zajdózismérővel
Mérésidő: 405 perc

Műsor zajsztintek:

A műsor teljes időtartamára (405 perc)	$L_{Aeq, \text{műsor}}$	97,3 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq, 1\text{perc}}$	109,9 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq, 30\text{perc}}$	104,5 dB
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	137,2 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak, \text{átlag}}$	122,6 dB
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	11,1 dB



Z12.4 ábra: Egy rock-fesztivál egy napja, 4. mérő személy

Z13 Gyermeknap i mősorok

Z13.1

Mősorforrás:	Katonazenekar
Helyszín:	szabad tér
Műsoridő:	30 perc
A zajmérés helye:	a csoporttól 10 m-re
Mérésidő:	7 perc

Műsor zajszintek:

A mérés időtartamára (7 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	84,4 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	86,6 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	-
A legnagyobb C-csúcs hangnyomásszint	L_{max}	111,9 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	110,8 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	1,0 dB

Z13.2

Mősorforrás:	Katonazenekar
Helyszín:	szabad tér
Műsoridő:	30 perc
A zajmérés helye:	a zenekar a mérés előtt 10 m-re elhalad
Mérésidő:	10 perc

Műsor zajszintek:

A mérés időtartamára (10 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	87,9 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	90,3 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	-
A legnagyobb C-csúcs hangnyomásszint	L_{max}	119,1 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	116,2 dB
A C-csúcs hangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	3,4 dB

Z13.3

Műsorforrás:	Latin gépzene + ének
Helyszín:	szabad tér
Műsoridő:	30 perc
A zajmérés helye:	hangfaltól 8 m-re
Mérésidő:	4 perc

Műsor zajszintek:

A mérés időtartamára (4 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	95,5 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	96,6 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	-
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	119,3 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	118,9 dB
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	1,0 dB

Z13.4

Műsorforrás:	Latin gépzene + ének
Helyszín:	szabad tér
Műsoridő:	30 perc
A zajmérés helye:	hangfaltól 3 m-re
Mérésidő:	2 perc

Műsor zajszintek:

A mérés időtartamára (2 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	100,1 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	100,7 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	-
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	123,7 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	-
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	-

Z13.5

Műsorforrás:	Élő gitárzene
Helyszín:	szabad tér
Műsoridő:	30 perc
A zajmérés helye:	hangfaltól 8 m-re
Mérésidő:	18 perc

Műsor zajszintek:

A mérés időtartamára (18 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	87,5 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	90,5 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	-
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	117,7 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	114,1 dB
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	2,1 dB

Z13.6

Műsorforrás:	Tánc, gépzenével
Helyszín:	szabad tér
Műsoridő:	30 perc
A zajmérés helye:	hangfaltól 8 m-re
Mérésidő:	5 perc

Műsor zajszintek:

A mérés időtartamára (5 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	91,2 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	92,6 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	-
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	119,8 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	118,5 dB
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	2,8 dB

Z13.7

Műsorforrás:	Élő gitárzene
Helyszín:	szabad tér
Műsoridő:	30 perc
A zajmérés helye:	hangfaltól 8 m-re
Mérésidő:	5 perc

Műsor zajszintek:

A mérés időtartamára (5 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	98,3 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	101,0 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	-
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	125,6 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	123,4 dB
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	1,9 dB

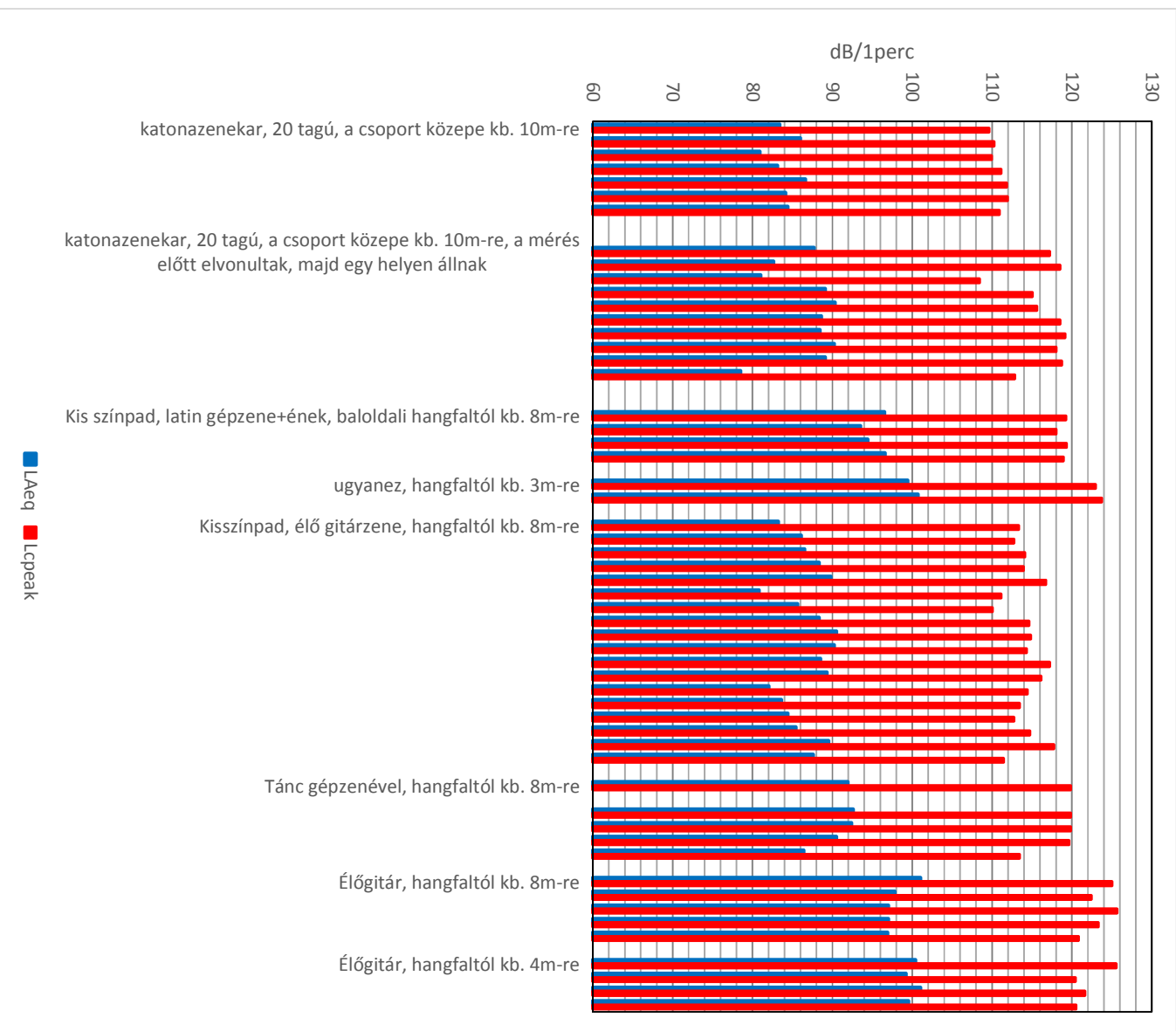
Z13.8

Műsorforrás:	Élő gitárzene
Helyszín:	szabad tér
Műsoridő:	30 perc
A zajmérés helye:	hangfaltól 4 m-re
Mérésidő:	4 perc

Műsor zajszintek:

A mérés időtartamára (4 perc)	$L_{Aeq,műsor}$	100,1 dB
A legnagyobb 1 percre	$L_{Aeq,1perc}$	101,0 dB
A legnagyobb 30 percre	$L_{Aeq,30perc}$	-
A legnagyobb C-csúcshangnyomásszint	L_{max}	125,5 dB
A C-csúcshangnyomásszintek átlaga	$L_{Cpeak,átlag}$	122,0 dB
A C-csúcshangnyomásszintek szórása	S_{Cpeak}	2,4 dB

Z13 ábra: Gyermeknap műsorok



10 ZZ. melléklet:
Néhány elrettentő példa képekben

A mérések helyszínén alkalmanként képfelvételeket készítettünk, amelyből néhányat bemutatunk az alábbiakban, a helyszín megjelölése nélkül.



Ezek a gyerekek a hangfaltól 4 m-re tartózkodnak, ahol 100 dB egyenértékű A-hangnyomásszint és 126 dB C-csúcsangnyomásszint volt mérhető.

(A felvétel időpontjában a pillanatnyi zajszint $L_A = 104,3$ dB volt. A képen látható szülő nem foglalkozott azzal, hogy a gyerekek befogják a fülüket, mert túl hangos a zene, és feltehetően csak akkor „kapott észbe”, amikor látta, hogy a gyerekek mellett zajmérést végzünk.)



A piros körrel jelölt helyen egy kisgyerek közvetlenül a hangfallal szemben van. A hangfaltól 8 m-re mért pillanatnyi A-hangnyomásszint 109,2 dB, és 4 m-re mért $L_{Aeq,1perc} = 101$ dB, a legnagyobb C-csúcs hangnyomásszint pedig 125,5 dB volt.



Ezek a gyerekek egy óvodai koncert alatt a hangfalhoz tapasztják a fülüket. Mi lett volna, ha abban a pillanatban „összezerjedt” volna a hangrendszer?



A gyereket a hangfalra feltenni elsőre jó ötletnek tűnhet, szem előtt van, és persze addig sem kell ölben tartani, viszont ahogy azt a képek is mutatják, ez a kisgyermek is hatalmas zaj-forrásnak van kitéve.



Ezen a képen a nyíllal jelölt kislányok (3) és a fiatal hölgy (mama?) befogják a fülüket, míg a társaság nagyobbik része már megszokta a bődületesen hangos zenét.



A zajra már érzéketlen, a túlzott hangerőt már "normálisnak" tekintő szülők piciny gyermekeiket a hátukon, ölben vagy babakocsiban popkoncertekre viszik, és ha a gyermekük rosszul van, esetleg sír, nem is gondolnak arra, hogy azért fogja be gyermekünk a fülét, vagy azért sír, mert a nagy hangerő bánja a fülét, zavarja, fájdalmat okoz neki.

11 ZZZ. Melléklet:
**A mobiltelefonok kalibrációs eljárásának a kidolgozása –
hardver, szoftver leírás**

Kalibráló hardver kidolgozása

Első lépésként olyan hangrendszer kialakítása volt a cél, amely kellően nagy hangnyomásszintet, 130 dB körüli értékeket tud produkálni. Mivel ezt „normál” hangsugárzók nem teljesítik a mérési leírásukban közölt 1 m-es távolságon, ezért szükséges, hogy a hangsugárzókhoz közelebb menjünk. Az 1 m-hez képest minden távolságfelezéssel kb. 6 dB-t nyerhetünk. A probléma azonban az, hogy minden hangszórónak van irányítottsága, így ha egy hagyományos 2 utas hangsugárót vizsgálunk, akkor a két hangszóró között, pl. 10 cm-re a hangsugárzótól – elsősorban magasabb frekvenciákon – már jelentős hangnyomásszint-csökkenést tapasztalhatunk. (Hiszen előre felé sugároznak a legerősebben.) Ezt pl. úgy hidalhatjuk át, hogy a hagyományos elrendezéstől eltérően, a két hangszóró egymásra merőlegesen áll, a mérendő objektum pedig a kettő között. Ld. ZZZ.1. ábra.

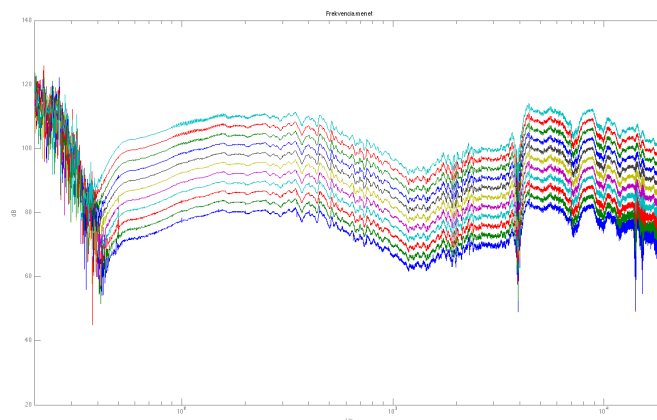


ZZZ.1. ábra.

Merőlegesen pozícionált hangszórók használata.

(Megjegyzés: a jobb oldali hangsugárzónak a mélyhangszórója nem szólt.)

Ez az elrendezés bár hangerőben lényegesen jobb, mintha a szokásos mérési elrendezésben egyetlen hangsugárzótól 1 m-re lennénk, de sajnos a ZZZ.2 ábra szerinti, meglehetősen előnytelen frekvenciamenetet produkálta, miközben mind a mérőmikrofon, mind a használt hangsugárzók frekvenciamenete önmagában igen jó.



ZZZ.2. ábra.

Eredő frekvenciamenet különböző hangosság szinteken: merőlegesen pozícionált hangszórók, visszaverő felületen. (ZZZ.1. ábra szerinti elrendezés)

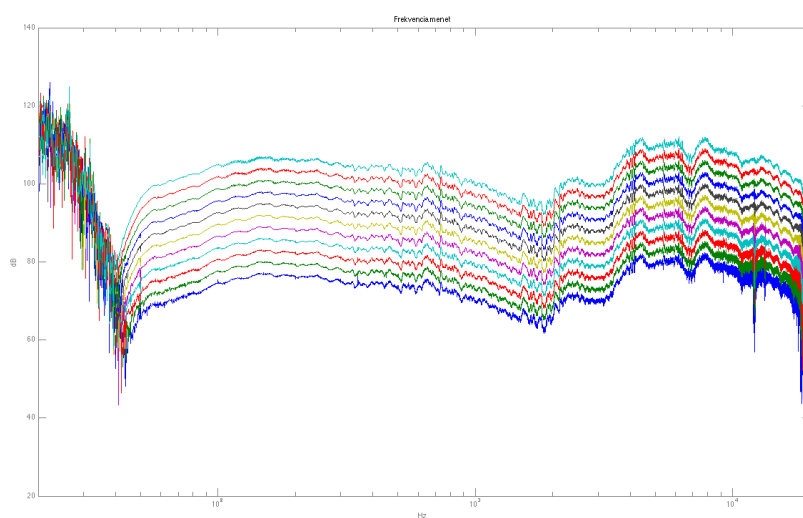
Annak érdekében, hogy megállapítsuk, hogy a gyenge frekvenciamenetért a visszaverő felület-e a felelős, a rendszert úgy is felállítottuk, hogy az ne tartalmazzon közeli reflektáló felületet. (ld. ZZZ.3. ábra)



ZZZ.3. ábra.

*Merőlegesen pozícionált hangszórók visszaverő felületmentesen.
(Megjegyzés: a jobb oldali hangsugárzónak a mélyhangszórója nem szólt.)*

A ZZZ.4. ábrán láthatjuk a módosított elrendezés frekvenciamenetét. Megállapíthatjuk, hogy javult a frekvenciamenet, de sajnos továbbra is meglehetősen nagy, kb. 20 dB-es frekvenciaingadozást tapasztalunk.

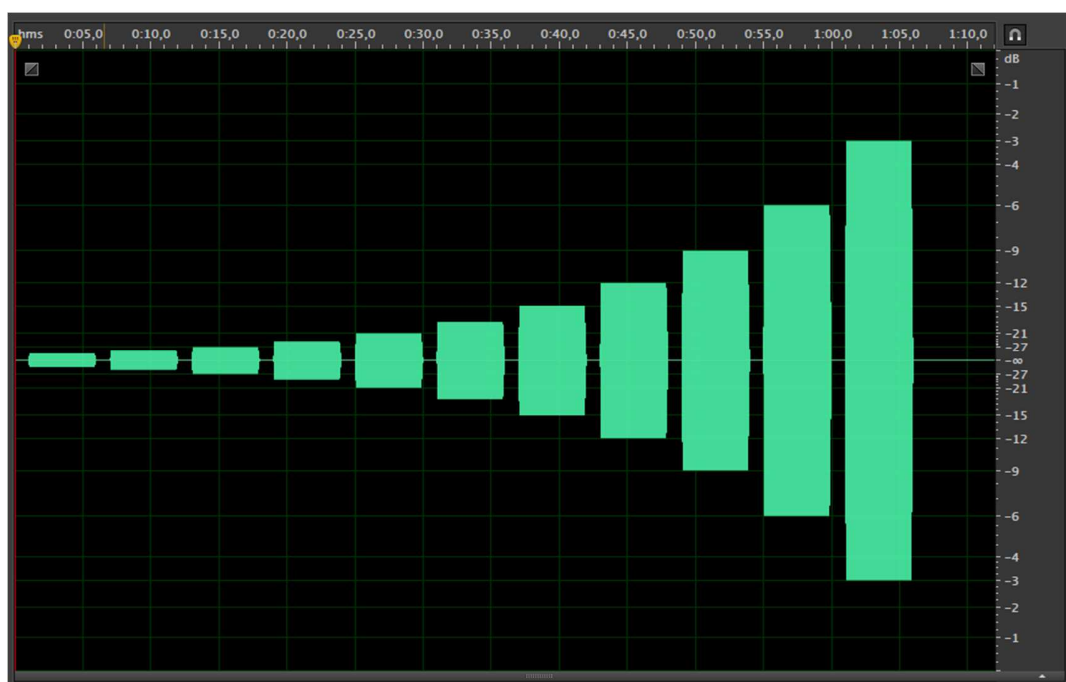


ZZZ.4. ábra.

*Eredő frekvenciamenet különböző hangosság szinteken: merőlegesen pozícionált hangszórók, szabadon.
(ZZZ.3. ábra szerinti elrendezés)*

Felvetődik a kérdés, hogy vajon gondot okoz-e a jelentős hangerő ingadozás? Sajnos igen, hiszen közeledve az eszköz maximálisan érzékelhető hangnyomásszintjéhez, abba a problémába fogunk ütközni, hogy egyes frekvenciákon – az eszköz limitálási tulajdonságának függvényében – akár „be is ragadhat” egy időre a túlvezérlésbe az eszköz, így nem tudhatjuk, hogy az ezidő alatt mért frekvenciák vajon túlvezérlődnek-e vagy sem.

Ezen a ponton szükséges rögzíteni, hogy a mérésekhez Larson Davis 2541 típusú mérőmikrofont PRM902 típusú előerősítővel használtunk, a frekvenciamenet mérések pedig egyre növekvő hangerejű seprert szinuszos jellel történtek. (A seprert szinuszosz logaritmikusan haladt 40 Hz-ről 20 kHz-ig.) A hangszugárzó bemenetére adott jel a ZZZ.5. ábra szerinti volt. Ennek a mérési módszernek az előnye, hogy a seprert szinuszosznak köszönhetően igen jó jel/zaj viszonyú mérést lehet végezni, a növekvő hangerejű seprerekeknek köszönhetően pedig a vizsgálandó telefon amplitúdó linearitása is látszik. Értsd: a görbéknek párhuzamosaknak kell lenniük, (amennyiben nem, úgy az adott telefon rendkívül gyenge mikrofon rendszerrel rendelkezik és mérésre teljességgel alkalmatlan), de az előfordulhat, hogy az eredeti 3 dB-es hangerőlépéseket a válasz nem követi, hanem egy idő után pl. egy-egy növekedés csak pl. 1,5 dB lesz. Ez azt jelenti, hogy az eszköz adott hangerő felett kompresszál.



ZZZ.5. ábra.

Az eredeti gerjesztő jel: lépcsősen emelkedő hangerejű, logaritmikus seprert szinuszoszok.

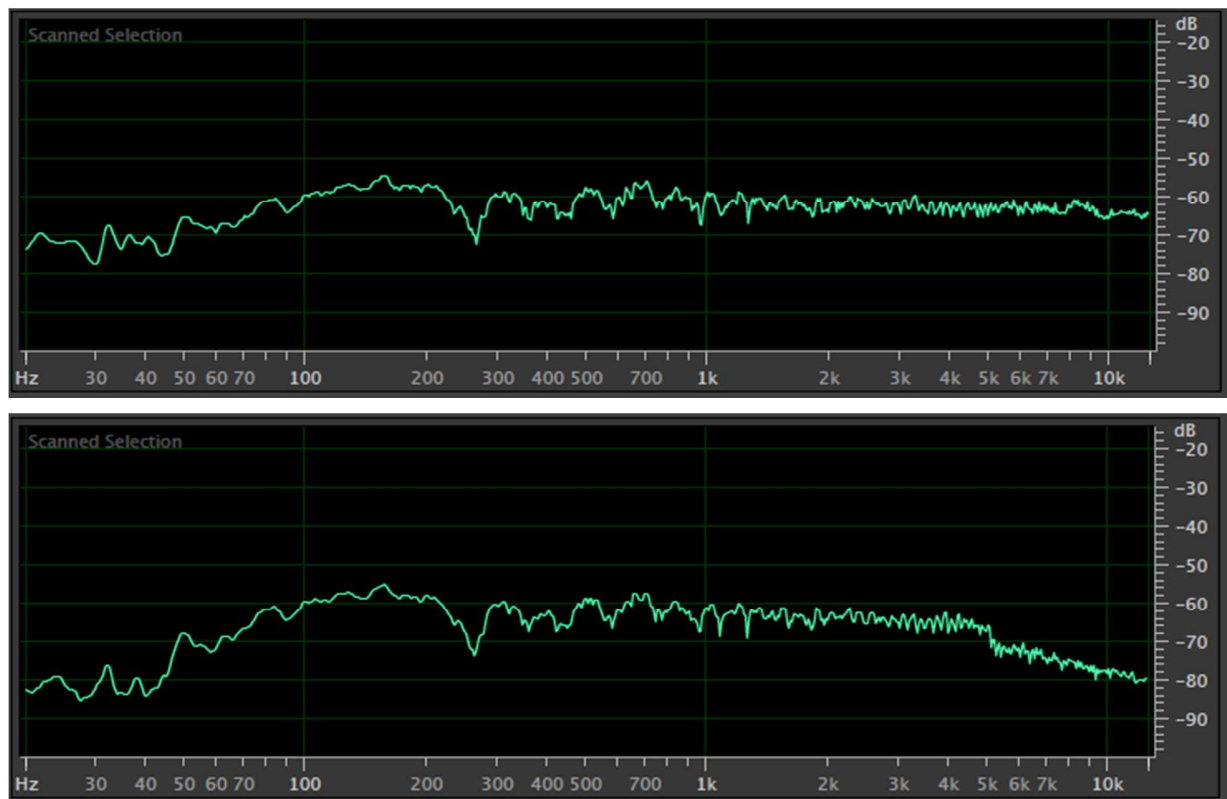
További kérdés, hogy vajon számít-e az, hogy a mérőmikrofon, a későbbiekben pedig a telefon mikrofonja az egyik hangszóróra merőlegesen áll. Ennek kiderítésére méréseket végeztünk a mérőmikrofont a hangforrásra irányítva, valamint arra merőlegesen pozícionálva. (ld. ZZZ.6. ábra.)



ZZZ.6. ábra.

Mérőmikrofon pozicionálása a hangforrásra nézően ill. arra merőlegesen.

A ZZZ.7. ábrán látható, hogy a 90 fokba állított mérés során magasabb frekvenciákon csökkenést tapasztalunk. Ez azzal magyarázható, hogy magasabb frekvenciákon a mikrofon mérete összemérhetővé válik a hullámhosszal.

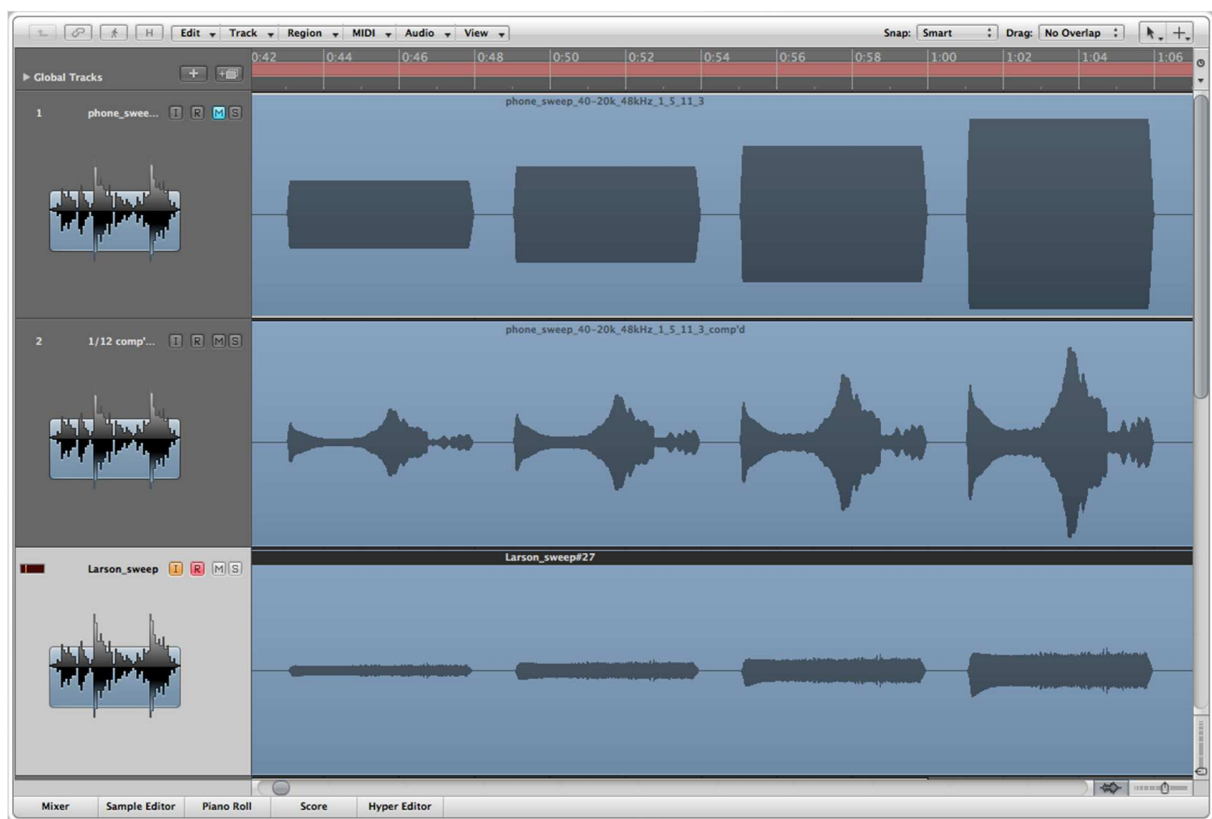


ZZZ.7. ábra.

Frekvenciamenet szemből (fenti görbe) ill. 90 fokban mérve (lenti görbe).

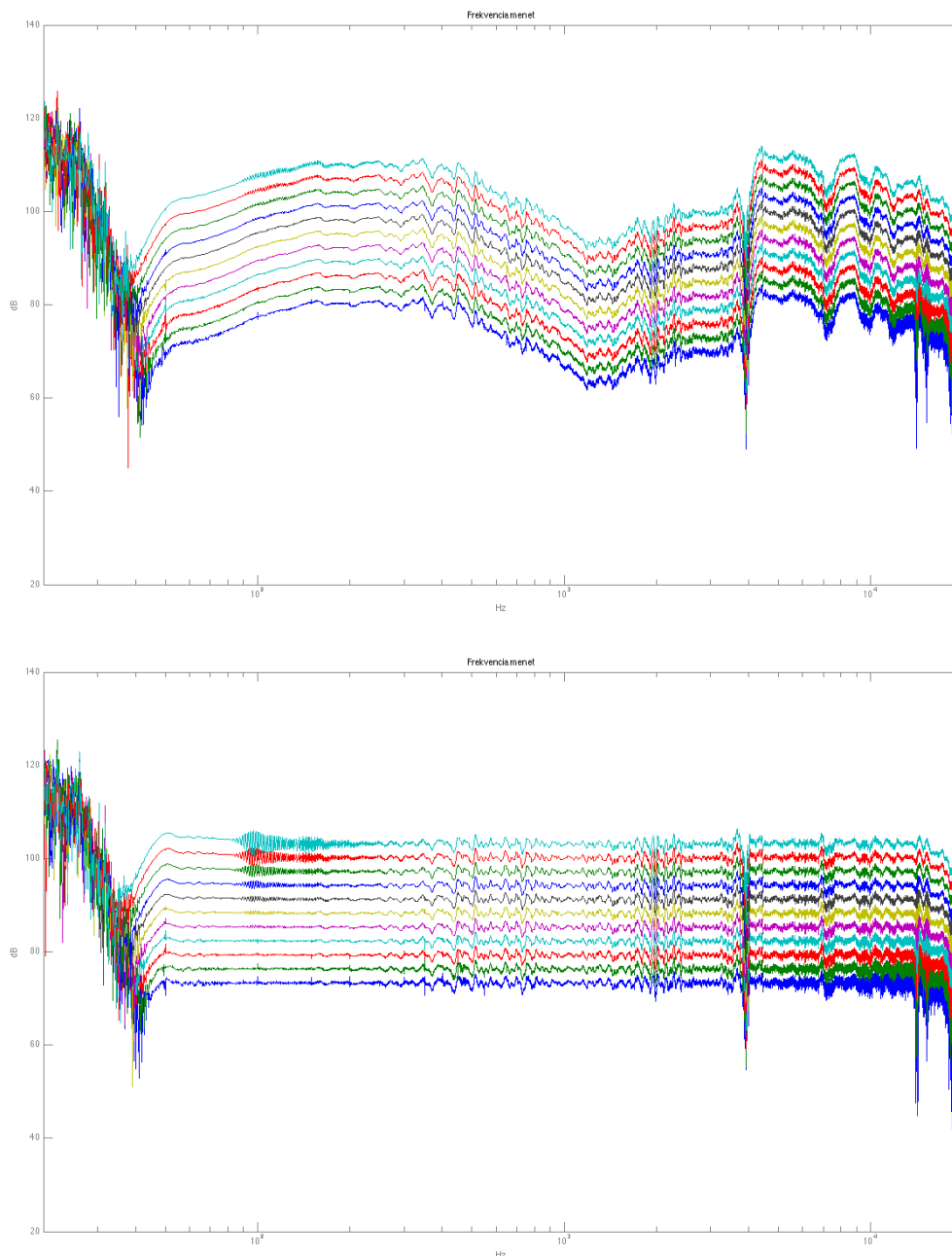
Így a mikrofon akadályt képez a hangnak, aminek hatására az akadály előtt „felgyűlik” a hangenergia, azaz növekszik a hangnyomásszint. A mérőmikrofonok úgy vannak kialakítva, hogy ezt kompenzálják, azaz csökkentik a kiadott jelet. Azonban ha a mikrofon a forrásra merőlegesen áll, akkor ez a hangenergia-feltorlódás nem jelentkezik, és így csak a csökkentett magasfrekvenciás átvitel tapasztalható. Mivel ez a jelenség kisebb frekvenciákon nem jelentkezik, ezért úgy kell a hangrendszert megépíteni, hogy a mérendő telefon mikrofonja a magassugárzóra nézzen, a mélyfrekvenciás sugárzó hangja pedig érkezik 90 fokos beesési szögben.

Visszatérve a korábbi problematikára, miszerint nem előnyös az erős ingadozást mutató gerjesztőjel, azt a megoldást választottuk, hogy a hangsugárzót gerjesztő egy-egy seprűt szinusz amplitúdóját módosítjuk időben pontosan úgy, hogy végül a hangsugárzó által kiadott, a mérőmikrofon pozíciójában tapasztalható hangnyomás legyen a lehető legegyenletesebb. A ZZZ.8. ábrán láthatjuk az eredeti (legfelső-) és a kompenzált (középső-) gerjesztőjeleket, valamint a kompenzált gerjesztésre adott válasz időfüggvényét (alsó időfüggvény). Megállapíthatjuk, hogy a válasz időfüggvénye már szemre is megfelelőnek tűnik a kalibrált gerjesztés használatával. Ugyanezt azonban a frekvenciatartományban is megvizsgálhatjuk. A ZZZ.9. ábrán az eredeti (seprűként konstans amplitúdójú) ill. a kompenzált (seprűként ingadozó amplitúdójú) gerjesztőjel hatására kialakuló hangnyomás-jelek frekvenciamenetét láthatjuk.



ZZZ.8. ábra.

Eredeti (legfelső-) és a kompenzált (középső-) gerjesztőjelek, valamint a kompenzált gerjesztésre adott válasz időfüggvényei (alsó sáv).



ZZZ.9. ábra.

Konstans amplitúdójú ill. kompenzált amplitúdómenetű seprert szinusz hatására kialakuló hangnyomás frekvenciamenete.

Ezzel sikerült olyan hangjel-elállítási felépítés ill. algoritmus kombinációhoz jutnunk, mely adott hangszórók maximálisan leadható hangteljesítményét a lehető legjobban kihasználja, azaz a mérendő objektum pozíciójában a lehető legnagyobb hangnyomásszintet produkálja, miközben biztosíthatjuk, hogy az egyes hangnyomás-szinteken mért mérőjelek kis ingadozást mutatnak csak. Fontos azonban megemlíteni, hogy a kompenzálásnak ára van: ha az eredeti seprésenkénti konstans amplitúdójú gerjesztőjel úgy volt beállítva, hogy az a hangsugárzókat a maximális terhelhetőségükig kihajtja (legalábbis a lehangosabb seprés során), akkor a kompenzálás során azt az utat nem járhatjuk, hogy a halkabban megszólaló

frekvenciák amplitúdóját növeljük. Csak az megengedett, hogy a hangosabbakat hozzánkalkítjuk a halkabbakhoz. Csak így biztosítható, hogy a hangsugárzókat biztosan nem hajtjuk túl. Ez azt jelenti, hogy bár a hangszórókhöz közelebb kerüléssel jelentős mértékű többlet-hangosságot nyerhetünk, a kompenzáció során ennek egy részét elveszítjük. Emiatt fontos, hogy olyan elrendezést dolgozzunk ki, amely a lehető legkisebb mértékű kompenzációt igényli.

Tekintve, hogy rendkívül nagy hangerőket szeretnék előállítani, felvetődik az a jogos elvárás, hogy vajon be lehet-e a mérőrendszert dobozolni? A korábbi reflektáló felületen való megvalósítás során tapasztalt egyenetlen frekvenciamenet azt sugallja, hogy valószínűleg nem, vagy legalábbis nem egyszerűen. (Joggal vetődik fel bennünk a kérdés, hogy mi a helyzet a hagyományos hangsugárzókkal, hiszen azok minden esetben „dobozoltak”? Ez vitathatatlan tény, azonban ezeknek a hangterét sohasem a dobozon belül, hanem mindig azon kívül vizsgáljuk.) A dolog kivizsgálására elkészítettünk egy dobozolt hangrendszert, amelynek a hangterét a dobozon belül vizsgáltuk. Ezt úgy értük el, hogy egy 15 cm-es átmérőjű kör alakú nyílással rendelkező dobozt vettünk (ld. ZZZ.10. ábra) és a nyílásra ráfordítottunk egy 15 cm átmérőjű, szélessávú hangszóróval rendelkező (azaz egy utas) hangsugárzót (ld. ZZZ.11. ábra).



ZZZ.10. ábra.

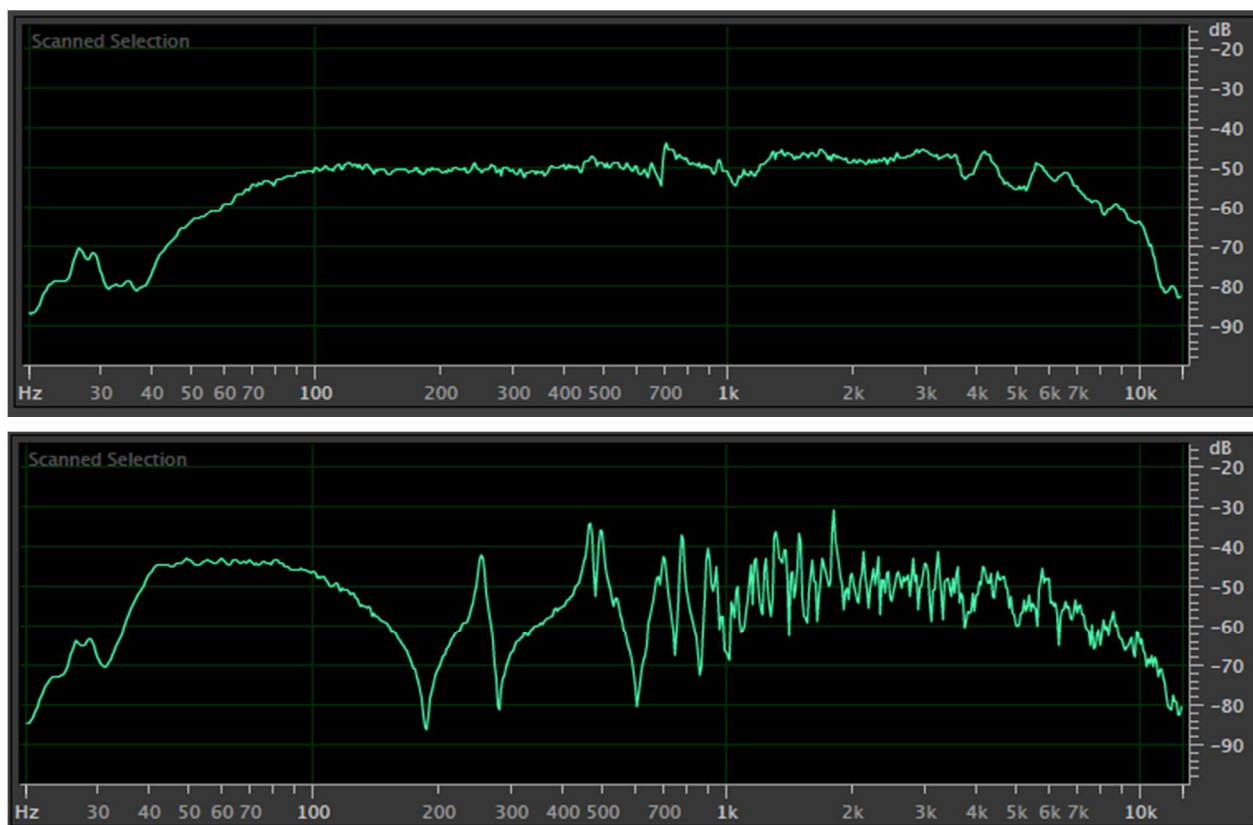
15 cm-es nyílással rendelkező doboz. (A kisebbik nyílást a kísérletek során teljesen lezártuk)



ZZZ.11. ábra.

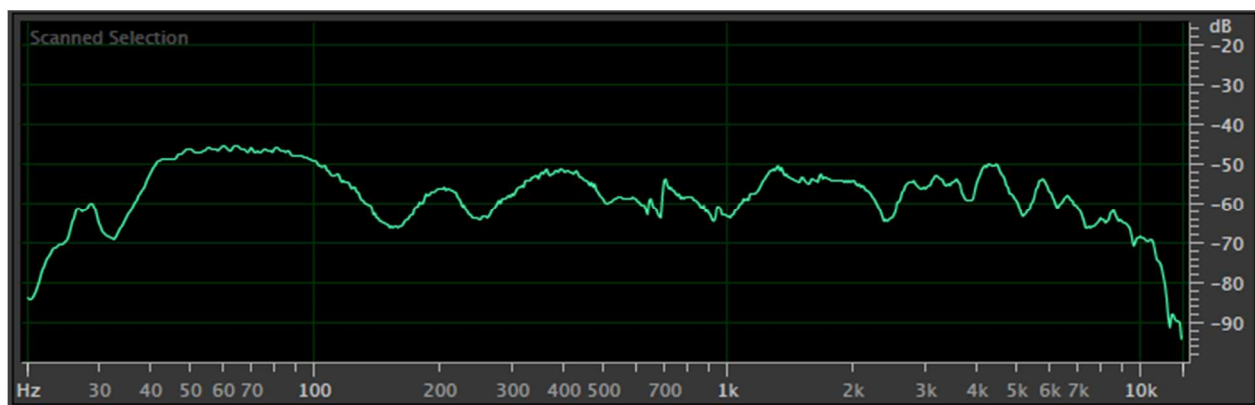
15 cm-es szélessávú hangszóróval rendelkező hangsugárzó.

Ezután azt vizsgáltuk, hogy milyen a frekvenciamenete a hangszórónak kb. 13 cm-re a membrántól a szabad térben (azaz akkor, ha nem a dobozba, hanem a szabad térbe sugároz) ill. dobozba zárva. Az előbbi esetben az asztal szélére helyezett hangszórótól 13 cm-re mértünk, távol minden reflektáló felülettől, míg a második esetben a mérőmikrofont a doboz belsejébe helyeztük, 13 cm-re a nyílás tetejétől, a hangszórót pedig ráfordítottuk a nyílásra úgy, hogy az a lehető legjobban lezárja a nyílást. A ZZZ.12. ábrán láthatjuk a két mérési elrendezés frekvenciamenetét. Sajnos megállapíthatjuk, hogy a dobozban rendkívül erős rezonanciák alakulnak ki, melyek kb. 50 dB ingadozást okoznak a frekvenciamenetben. Sajnos ez annyira nagy, hogy ezt kompenzálással nem igazán lehet kiegyenlíteni, ill. ha ki is kompenzálnánk, akkor annyira sokat veszítenénk a hangerőből, hogy a maximális hangerő így nem lenne elegendő.

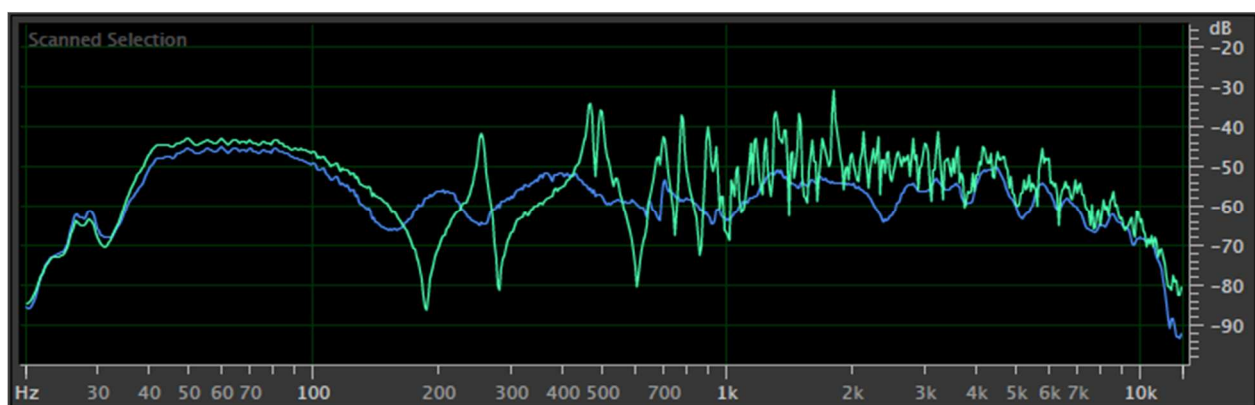


ZZZ.12. ábra.
Szabad térbe (fent) ill. zárt dobozba (lent) sugárzó hangszóró frekvenciamenete.

A következő lépésben azt vizsgáltuk, hogy vajon kellő mennyiségű hangelnyelő anyagot a doboz belsejébe téve lehet-e elfogadható mértékben csillapítani az éles rezonanciákat és kioltásokat. A ZZZ.13. ábrán láthatjuk a csillapítás hatására módosult frekvenciamenetet, a ZZZ.14. ábrán pedig a szabadtéri esettel való összehasonlítást. Megállapíthatjuk, hogy bár a csillapítás hatására jelentősen javult a rendszer frekvenciamenete sajnos a megoldás nem tökéletes, így a maximális hangosság elérése miatt célszerű a nyitott rendszert választani.



ZZZ.13. ábra.
Hangelnyelő anyaggal „telepakolt” doboz belsejébe történő sugárzás frekvenciamenete.



ZZZ.14. ábra.
Csillapítatlan (zöld görbe) valamint hangelnyelő anyaggal „telepakolt” (kék görbe) dobozba sugárzás frekvenciamenete.

A mobiltelefon kalibrációs adatait mérő szoftver működése

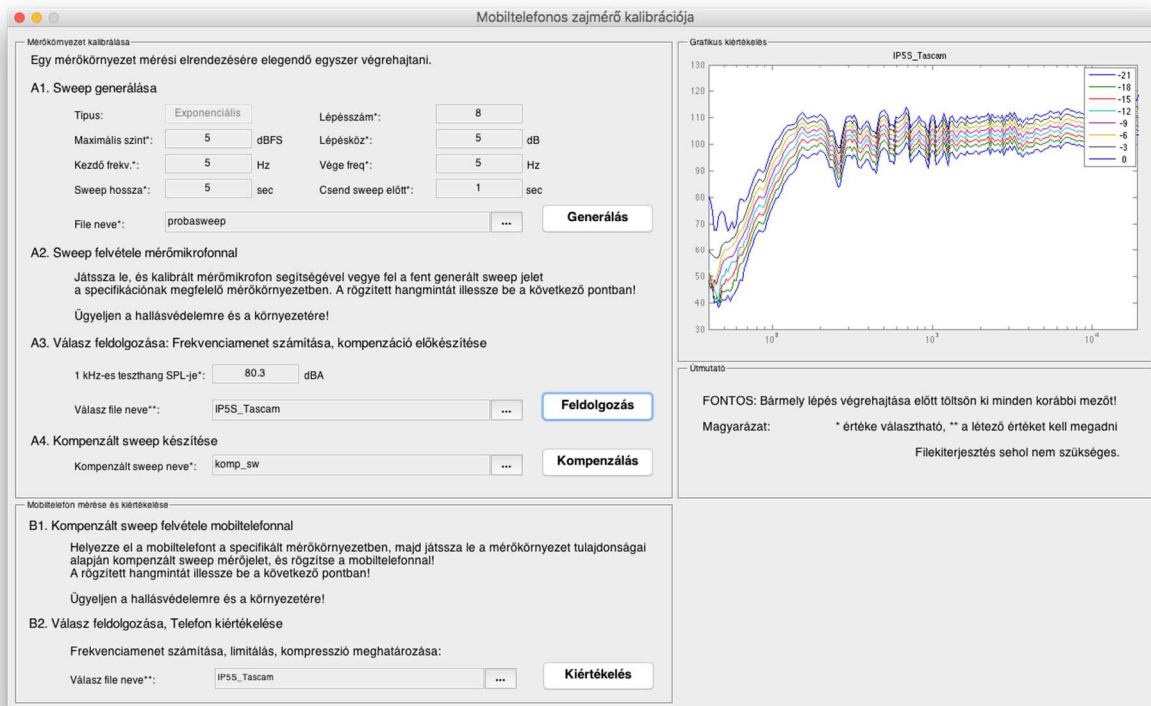
A projekt keretében megvalósított mérőszoftver (ld. ZZZ.15. ábra) két fontosabb feladatot lát el:

- (1) kompenzált kalibráló jel előállítás, valamint
- (2) a kompenzált mérőjellel mérések végzése és abból a telefon kalibrálási eredményeinek kinyerése.

Az (1) eset valójában a mérőrendszer beállítása/kalibrálása. Ennek korrekt kivitelezéséhez az szükséges, hogy a használt számítógép, hangkártya és a külső hangerősítő elemek hangerősítése a telefonok mérése során pontosan ugyanaz legyen, mint a mérőrendszer kalibrálásakor, valamint biztosított legyen, hogy a telefonokat biztosan úgy pozícionáljuk, hogy azok mikrofonja ugyanabba a pozícióba essen, mint ahol a kalibrálás során a mérőmikrofon volt.



FIGYELEM: a mérések során a hangrendszer rendkívül nagy hangerejű mérőjeleket ad ki annak érdekében, hogy megtalálja a telefonok maximálisan elviselt hangerejét. Erősen javasolt, hogy a mérések során **ne tartózkodjon** egy helyiségben a mérőrendszerrel, vagy ha feltétlenül szükséges, akkor viseljen magas csillapítást (min. 30 dB SNR-t) biztosító zajvédő tokot!



ZZZ.15. ábra.
A mobiltelefon mikrofon rendszerének tulajdonságait mérő és azokból
kalibrációs adatokat előállító program kezelőfelülete.

A mérőrendszer kalibrálásához a következő lépéseket kell végrehajtanunk:

1. Megadni a mérőjel tulajdonságait – A1 mező (zárójelben az általunk javasolt értékek szerepelnek):
 - **gerjesztendő frekvenciatartomány (40 Hz-20 000 Hz):** a seprt szinusz (sweep) ezen alsó frekvenciától fog indulni és megy a felső határig
 - **sweep hossza (5 s):** ilyen hosszú egy-egy hangerőn a seprt szinusz
 - **sweep-ek előtti csend (1 s):** egy-egy seprt szinuszt ilyen hosszú csend előzi meg
 - **hangerő növekedés lépésszáma / lépésköze / maximális szintje (8 / 3 dB / -3 dBFS):** a „lépésszám” paraméter azt adja meg, hogy hány, egyre növekvő hangerő szintű seprt szinusz fog előállni, a „lépésköz” az ezek közötti szintkülönbséget adja meg dB-ben, míg a „maximális szint” az utolsó seprt szinusz rms szintjét adja meg
 - Csak a szoftverben belül állítható: **Fade-in / fade-out** idők (100 ms / 200 ms): ezek azt határozzák meg, hogy egy-egy seprt szinusz elején ill. végén mennyi idő alatt szólaljon meg ill. haljon el a hang
2. Ezután a „File neve” mezőben megadjuk, hogy milyen néven generálja a program a lépcsőzetesen hangosodó seprt szinuszokat, majd a „Generálás” gomb megnyomásával el is készítjük azt.
3. Az így kapott hangfájlt játszuk le a mérőrendszeren, de most először a telefon pozíciójába hiteles mérőmikrofont helyezünk és annak segítségével rögzítjük a hangsugárzó(k) által kiadott hangot. Írjuk fel a seprt szinuszokat megelőző 1 kHz-es (hangmagasságát nem változtató) teszthang A-súlyozott, hosszú időállandóval mért hangnyomásszintjét.
4. Amennyiben nem hangminta-szinkron felvételt készítettünk a mérőmikrofon által érzékelt hangról, úgy vágjuk meg a felvett hangfájlt, hogy az kellő (± 50 ms-os) pontossággal szinkronban legyen a gerjesztő fájjal. (Melyet a 2-es pontban készítettünk.) Az A3-as blokkban

először írjuk be az 1 kHz-es teszthang hangnyomásszintjét, majd a „Válasz file neve” mezőbe adjuk be a pontos szinkronitását válaszjelet, és végül nyomjuk meg a „Feldolgozás” gombot. Ennek hatására a szoftver a sweep szinuszból impulzusválaszokat, majd frekvenciameneteket számít.

5. Az A4-es blokkban adjuk meg, hogy mi legyen a kompenzált mérőjel-fájl neve. A „Kompenzáls” gomb megnyomására az előző pontban történt feldolgozás eredményeképp generált fájlok, valamint az eredeti sweep fájl alapján a szoftver elkészíti azt a kompenzált mérőjelet, amely sweep-enként konstans hangerőt biztosít a teljes sweep futása alatt a mérendő telefon pozíciójában.

Ezzel a mérőrendszer kalibrálása megtörtént, a továbbiakban csak a kalibrált mérőjelet kell használnunk. Egy-egy telefon mikrofon-rendszerének mérése, és azok alapján kalibrálási adatok kiszámítása a következőképpen történik:

1. Töltsük le **Android operációs rendszerű telefonokra** a Recforge alkalmazást (bármelyik verziója megfelelő), a beállításokban állítsuk be a következőket:
 - Fájl formátum:
 - file formátum: wave
 - mintavételezési frekvencia: 44 kHz
 - hangformátum: 16 bit
 - Csatorna konfigurálás: mono
 - Forrás: elülső mikrofon
 - AGC letiltása: IGEN

iPhone-okra pedig a The Good Recorder nevű alkalmazást és állítsuk be a következőket:

- AGC off
 - Location off
 - Wind Detection off
 - Sensitivity és Calibration: lényegtelen
2. Helyezzük a mérendő telefont a mérőrendszerben a telefon számára kialakított pozícióba!
 3. Indítsuk el a telefonon a felvételt, majd a mérőrendszeren a kalibrált mérőjel lejátszását!
 4. Miután a mérőjel a végéhez ért, állítsuk meg a telefonon a felvételt, majd a kapott hangfájlt küldjük át a mérő számítógépre.
 5. Vágjuk meg a felvett hangfájlt, hogy az kellő (± 50 ms-os) pontossággal szinkronban legyen a gerjesztő fájllal.
 6. A B2 blokkban adjuk meg a telefonnal felvett, majd szinkron-helyreállított hangfájl és nyomjuk meg a „Kiértékelés” gombot! Ennek hatására a szoftver kiszámítja és letárolja a telefon kalibrációs adatait.

—•—