

BELSŐ BURKOLATOK HATÁSA A HANGNYOMÁSRA I.

Absztrakt

A beépített tűzjelző berendezések tervezésének egyik legfontosabb lépése a hangjelzők kiosztása a védett területen úgy, hogy az előírásoknak megfelelő hangnyomást a védett tér minden pontján biztosítani tudjuk. Ez összetett feladat, mert a tényleges hangnyomás értéket sok tényező befolyásolja. Jelen cikkben áttekintem a hangterjedés sajátosságait a tűzriasztás nézőpontjából.

Kulcsszavak: tűz, tűzbiztonság, tűzjelző berendezés, riasztás, hangjelző

THE INSIDE WALL AND CEILING COVER'S ACTION ON THE LEVEL OF THE FIRE ALARM SOUNDS I.

Abstract

One of the most important parts of the fire detection and fire alarm system's planning is the placing of the sounders. We have to provide the specified level of the alarm sound on all the protected area. It is a very complex task, because of the large number of the influential factors. In this article I would like to inspect one of these effects in the aspect of fire alarm.

Key words: fire, fire safety, fire alarm system, alarm zone, sounder

1. BEVEZETÉS

Az elektronikai védelmi rendszerek [1], ezen belül az aktív t zvédelmi megoldások nagyban hozzájárulnak ahhoz, hogy a ma épül létesítmények egyre magasabb biztonsági szintet nyújtsanak a benn tartózkodóknak. Az aktív t zvédelmi rendszerek alappillére a t z észlelését, jelzését és ennek köszönhetően a riasztást megvalósító beépített t zjelz berendezés (továbbiakban TJB). A t zriasztás megvalósításának alapeszközei a t zjelz rendszerekben használt hangjelz k. Ezért a beépített t zjelz berendezések tervezésének egyik legfontosabb lépése maga a hangjelzés megtervezése, ami összetettsége révén több szempont figyelembe vételét igényli.

2. A T ZRIASZTÁS TERVEZÉSÉNEK LEHET SÉGEI

Az épületben tartózkodók riasztásának tervezése több fontos lépésre tagolható:

- El ször a tervez a vonatkozó t zvédelmi irányelvben [2] foglaltak alapján meghatározza, hogy az épület jellegéb l, rendeltetéséb l adódóan annak mely területe milyen szint hallhatóságot igényel, mekkora hangnyomás értékeket kell biztosítani.

- Következ lépésként a tervez eldönti, hogy a választott TJB-hez milyen m szakai megoldással valósítja meg a riasztást. Az embereket legegyszer bben hangjelzéssel tudjuk értesíteni arról, ha az épületet el kell hagyniuk t z esetén. Vannak azonban kivételek [2], mikor a hangjelzés önmagában nem jelent kielégít megoldást, fényjelzéssel is ki kell egészíteni azt. Ilyen lehet, ha pl. nagyothallók vagy süketek jelenlétére kell számítani, ha a területen fülvéd eszközöket használnak, vagy az alapzaj eleve akkora, ami kizárja, hogy meg lehessen hallani a hangjelz ket. A t zriasztás talán legmagasabb szint megoldását jelentik m szakilag és technikailag az evakuációs hangjelz k. A szabványos [3] berendezéssel megfelelő m szakai színvonalon biztosítható az épületben tartózkodók megbízható, pontos, célirányos - a pánikkeltés elkerülésére leginkább alkalmas - szövegbemondásos t zriadó.

- Végül a kiválasztott hang-, illetve hang-fény jelz eszközök kiosztását úgy kell elvégezni, hogy az el írásoknak megfelelő hangnyomást a védett tér minden pontján biztosítani lehessen. Ezt számos tényez befolyásolja.

3. A HANGJELZÉK KIOSZTÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A hangjelzések elhelyezését a védett térben tehát úgy kell megoldani, hogy az előírásoknak [2] megfelelő hangnyomás értékeket a védett tér minden pontján biztosított legyen. Ez az érték legalább 65 dB(A), ettől csak az alvó emberek felébresztésére szolgáló hangnyomás érték (75dB), illetve a magasabb alapzaj esetén biztosítandó hangnyomás érték (alapzaj +5dB) térnek el.

3.1. A hang terjedése, jellemzői

A hang egy rugalmas közegben (legtöbbször magában a levegőben) mechanikai hullámként terjed rezgés. A levegőben terjedő hangot lehet jellemezni többek között a hangintenzitással vagy hangenergiaáram-sűrűséggel (ami maga az objektív hangerősség), a hangintenzitás szinttel és hangnyomás szinttel (ami a hang relatív hangosságát adja), valamint frekvenciájával (ami a hang magasságát befolyásolja elsősorban). [4]

Mivel az ember hangérzete (n) nem arányos a hangintenzitással (I^1), annak megközelítő értékét az emberi fül ingerküszöbéhez, az ún. küszöbintenzitáshoz ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$) viszonyított hangnyomásszint 10-es alapú logaritmusával adja dB-ben kifejezve az (1) összefüggés szerint. [5]

$$n = 10 \times \lg \frac{I}{I_0} = 10 \times \lg \frac{I}{10^{-12}} \text{ [dB]}, \quad (1)$$

Ha az emberi fül számára még elviselhető hangintenzitást tekintjük ($I_{\max} = 10 \text{ W/m}^2$), és behelyettesítjük az (1) összefüggésbe, megkapjuk az emberi hallás szélső értékét (n_{\max}) [5]:

$$n_{\max} = 10 \times \lg \frac{I_{\max}}{I_0} = 130 \text{ dB} \quad (2)$$

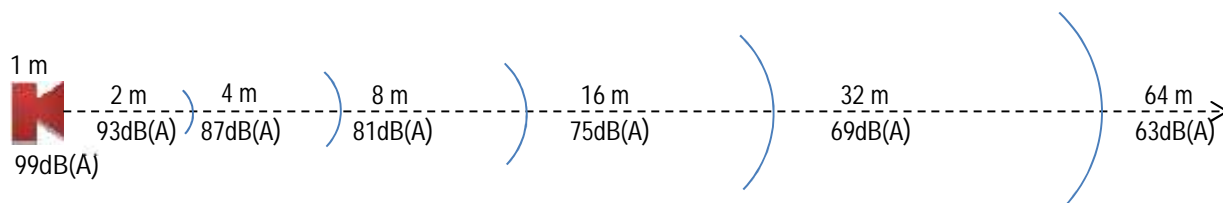
A t zjelzésekben a maximálisan alkalmazható hangnyomás érték 120 dB a riasztó eszköztől 1 m távolságban mérve. [2]

Az emberi fül által érzékelhető körülbelüli legkisebb hangnyomáshoz ($p_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$) viszonyítva, a p_{eff} hangnyomás ismeretében, szintén logaritmikus skálán megadható az adott pontban előálló hangnyomásszintet vagy hangszintet (L_p) is a (3) összefüggéssel [6]

$$L_p = 10 \times \lg \frac{p_{\text{eff}}^2}{p_0^2} = 20 \times \lg \frac{p_{\text{eff}}}{p_0} = 20 \times \lg \frac{p}{2 \times 10^{-5}} \text{ [dB]} \quad (3)$$

¹ egyes forrásokban jele: L_i

A hanghullám egyenes vonalban terjed, a hangforrástól távolodva csillapodását az ún. "6 dB-es szabály"-al írjuk le. Ez azt jelenti, hogy a távolság kétszerezésével a hangnyomásszint nagyságrendileg 6 dB-es lépésekben csökken [8]. Ha a minimálisan biztosítandó 65 dB-es elírást figyelembe vesszük, a t zjelz berendezésekben használt átlagos hangjelz ket legfeljebb 60 m-re tervezhetnék a védett tér bármely pontjától, ha más befolyásoló hatással nem számolunk (1. ábra).



1. ábra A hang csillapodása szabad térben, "6 dB-es szabály" (forrás: saját ábra)

A relatív hangosság meghatározásához járul hozzá még a hang intenzitását leíró ún. 3 dB-es szabály, ami szerint 3 dB-el változtatva a hangnyomás szintjét, annak hangintenzitás szintje, vagyis a relatív hangosság feleződik, illetve kétszereződik (1. táblázat).

Hangjelz hangere ssége	Relatív hangosság
90 dB(A)	12,5%
93 dB(A)	25%
96 dB(A)	50%
99 dB(A)	100%
102 dB(A)	200%
105 dB(A)	400%

1. táblázat A relatív hangosság "3 dB-es szabálya" (forrás: [9])

A hangterjedést befolyásolják az alkalmazott eszköz m szaki paraméterei, azok közül is leginkább

- a hanger (hangnyomás szint)
- a frekvencia és
- a hangminta.

A hangjelz k teljesítményét az eszközt 1 m-es távolságra megadott hangnyomás értékkel fejezzük ki, adott feszültséghez, hangmintához és frekvenciához. A magyar piacon használt néhány hangjelz f bb m szaki paramétereit a 2. táblázat mutatja.

Hangjelz		Max. hangnyomás szint (1 m-en) [dB(A)]	Hanger /áramfelvétel (adott beállításon)				Választható	
típus	gyártó		hangnyomás szint (1 m-en) [dB(A)]	áramfelvétel (24 V)	hangminta	frekvencia	hangminták száma	frekvenciatartomány [Hz]
EMA1224B 4x[10]	KAC Alarm Company L.	103	103	12 mA	foly.	800 Hz	4	500-1200
Roshni LP [10]	Fulleon Limited	112	101 (14.)	16 mA	foly.	970 Hz	32	500-2850
SWSO [12]	KAC Alarm Company L.	107,7	102,8 (8.)	22,6	foly.	970 Hz	32	400-2850
FNM-420-A [13]	Bosch	101,3	99,1 (8.)	3,9	foly.	970 Hz	32	450-2900

2. táblázat Hangjelz k m szaki paramétereit (forrás: saját táblázat)

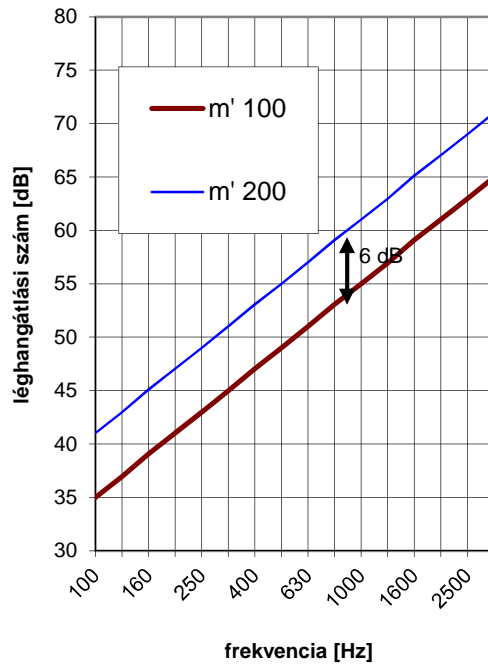
A beállítástól is függ frekvencia alapvető befolyással van a hangterjedésre és annak relatív hallhatóságára. Általánosan elmondható, hogy a magasabb frekvenciájú hangok szilárd testeken, - mint pl. falak, nyílászárók - áthaladva jobban csillapítódnak. Mivel a hang terjedésére szolgáló közeg rugalmassága befolyásolja a hang terjedési sebességét, leegyszerűsítve kimondható, hogy minél rugalmatlanabb egy anyag (vagyis rugalmassági modulusa² minél nagyobb), annál inkább vezeti a hangot. Ez az építési anyagok esetében szintén figyelembe vehető tényező. Néhány építési iparban használt anyag rugalmassági modulusát és benne a hang nagyságrendi terjedési sebességét mutatja a 3. táblázat. Természetesen az építési iparban ezek az anyagok legtöbbször összetett szerkezetekben fordulnak elő, illetve a hang frekvenciája is befolyásolja adott anyagú szerkezet léghang-gátlási tulajdonságát.

Anyag	Rugalmassági modulus [GPa]	Hang terjedési sebessége az anyagban [m/s]
Polisztirol	3 - 3,5	1700 - 1900
Fa	7-14,5 [14]	2600 - 3800
Beton	30-40[15]	5500 - 6300
Alumínium	69	8300
Üveg	70 [16]	8400
Acél	210	14500

3. táblázat Egyes építési anyagok rugalmassági modulusa és származtatott hang terjedési sebesség értéke(forrás: saját összeállítás több forrásból)

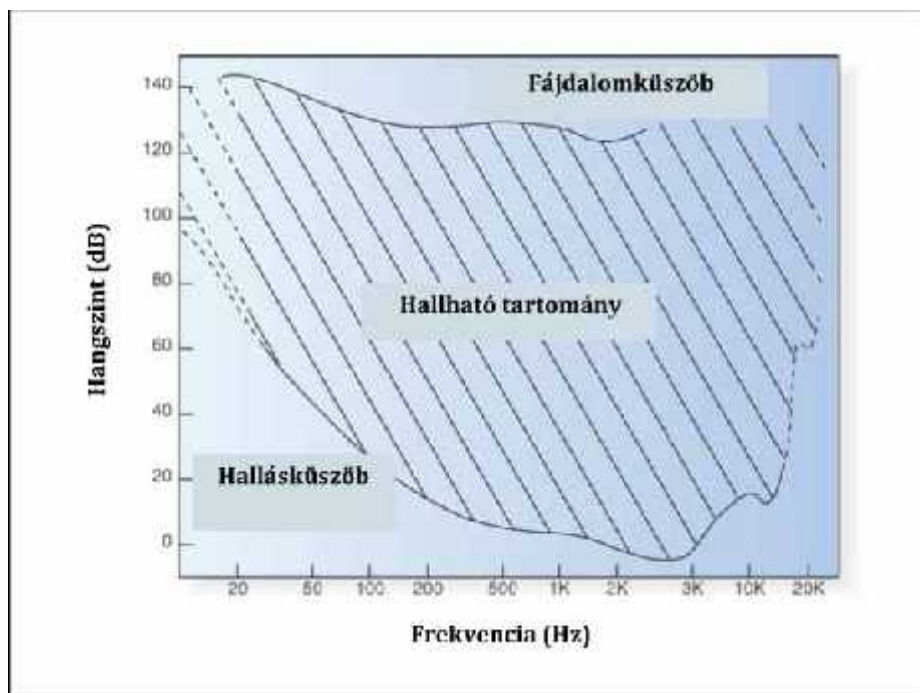
Szerkezetek hangáteresztő, illetve szigetelő képessége egyenesen arányos annak σ segítségével is. A homogén egyhéjúnak tekinthető szerkezeteknél alkalmazható pl. a tömeg-törvény, ami a frekvencia, a tömeg és a beesési szög függvényében megadja a léghanggátlás értékét. A tömegtörvényből kapott léghangszigetelési értékek egy elméleti maximumot jelentenek, a valóságban néhány dB-lel szinte mindig kisebb értékek adódnak. E törvényt leíró grafikon (2. ábra) azt mutatja, hogy a különböző fajlagos tömegű szerkezetek (m' [kg/m²]) esetében a frekvenciától függően, merlejes beesési szöget feltételezve milyen léghang csillapítással lehet számolni. [7]

² Young-féle rugalmassági modulus (jele: E)



2. ábra Homogén egyhéjú szerkezetek léghang gátlása a "tömegtvörvénye" alapján (forrás: [7])

A hallhatóságra vonatkozó kísérletek bizonyítják, hogy az emberi fülnek, - mint a "hanghullámok vételére alkalmas eszköznek" - létezik a frekvenciától és a hangnyomás szinttől függő tartománya (3. ábra). Ez kb. a 20Hz és 20kHz közé tehető [17], illetve a koraival is összefügg a hallóképesség. Idősebb korban a magasabb frekvenciákra egyre érzéketlenebbé válik az ember.



3. ábra Az emberi hallás tartománya (forrás: [18])

A t zjelz berendezésekben használt hangjelz eszközöknél jellemz en lehet változtatni az ún. hangmintát, azaz hogy az adott eszköz milyen frekvencián, mennyi ideig szól. A leggyakoribb minták a folyamatos, a szaggatott, az alternáló, és a söpr hangminta. A különböz hangminták és hanger sségek közötti választási lehet ség biztosítja, hogy egy épületen belül a t zjelzés egységessége, az épületben esetlegesen el forduló más hangmintától egyértelm en megkülönböztethet legyen. Egyes országokban alkalmazott el írások eleve meghatározzák vagy javasolják bizonyos hangminták alkalmazását. Így pl. Nagy-Britanniában a BS5839-1 [19] szabvány alapján a megengedett frekvenciatartomány csak 500-1000 Hz közé eshet, kivétel lehet ez alól, ha a háttérzaj frekvenciatartománya is ebbe a tartományba esik, ami a hangjelz k hallhatóságát nagymértékben rontaná. Külön foglalkozik a javasolt hangmintákkal többek között a holland szabvány (NEN 2575 [20]), a német biztosítók szövetségének, a VdS-nek a vonatkozó el írása, de Ausztráliában is konkrét szabványi el írásokat (AS2220 [21] és AS1670.4 [22]) találunk a hangjelz k hangmintáit illet en. Magyarországon jelenleg nincs javaslat a hangmintára, annak csak az egységességet és a megkülönböztethet séget kell biztosítani.

3.2. Az alapzaj

A tényleges hallhatóságot nagymértékben befolyásolja a védett területen folytatott tevékenységb l származó alapzaj. Bármilyen környezetet is tekintünk, viszonylag magas környezeti háttérzajjal számolhatunk. Átlagos irodai alkalmazásoknál is 40-60 dB(A) (4. táblázat) lehet az alapzaj. Amennyiben már az átlagos környezeti zajterhelés is meghaladja a 60 dB(A)-t, az el írás szerint az alapzaj plusz 5 dB(A) hangnyomás értéket kell biztosítani.

Zajesemény	Hangnyomás [Pa]	Hangnyomásszint [dB]	Szubjektív min sítés
Repül gép motor (50 m)	20	120	Fájdalomküszöb
Építkezés		110	Elviselhetetlen
Kiabálás (1,5 m)	2	100	
Kamion (15 m)		90	Nagyon hangos
Városi utca	0,2	80	
Gépjárm utastere		70	Hangos

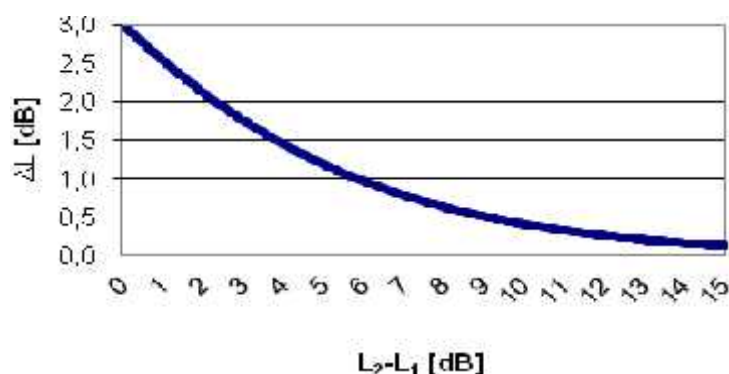
Beszélgetés	2×10^{-2}	60	
Iroda, osztályterem		50	Átlagos
Nappali szoba	2×10^{-3}	40	
Hálószoba (éjjel)		30	Csendes
Rádióstúdió	2×10^{-4}	20	
Hulló falevelek		10	Épphogy hallható
	2×10^{-5}	0	

4. táblázat Jellemző környezeti zajesemények (forrás: [6])

A tervezés kiindulási alapját kell tehát képeznie annak, hogy milyen jellegű területről van szó, mi annak a rendeltetése, kinek kell a hangjelzéssel értesíteni. Más szempontok, elvárások érvényesülnek egy kereskedelmi vagy egy ipari területen [23]

A tervezési szempontoknál tehát nem lehet figyelmen kívül hagyni a hangterjedés sajátosságaiból adódó "szabályokat". Például a decibel skála miatt két hangjelzés hangereje nem adódik össze, pl. két 100 dB-es hangjelzés összesítetten nem 200 dB hangnyomásszintet fog eredményezni. A két hangforrás eredő hangnyomás szintje erősen függ azok egymáshoz viszonyított fázisától. Ha a hangforrások egyforma erősségek, de eltér a frekvenciájuk, akkor levezethető, hogy 3 dB hangnyomás szintnövekedést fog eredményezni. Ha a hangforrások között koherencia³ van, akkor szintén levezethető, hogy ez kb. 6 dB szintnövekedést jelent. Az egymást teljesen kioltó hanghullámok esetében az is előfordulhat, hogy a hangforrások duplikálása esetén sem érünk el hangnyomás szintnövekedést [6]. A 4. ábra grafikonja jól mutatja, hogyan lehet figyelembe venni több hangforrás (L_1 és L_2) együttes hatását. Minél nagyobb a két hangforrás hangnyomás szintjének különbsége, összességében annál kisebb hangnyomás szintnövekedést (L) lehet elérni.

³ koherencia: összetartozás, jelen esetben állandó fáziskülönbséget jelent



4. ábra Hangforrások összegzései (forrás: [6])

Ezen elvek függvényében kapnak nagyobb jelentőséget azok a napjainkban már piacon lévő címzett hangjelzések, amelyek képesek összehangolódni, vagyis egy áramkörre kötve képesek az azonnali és folyamatos szinkronizálásra annak érdekében, hogy egy térben együttesen ködtetésükkel a lehető legnagyobb hangnyomásszint növekedést lehessen elérni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Berek Tamás: Vagyonvédelmi koncepció kialakításának sajátosságai veszélyes anyagok vizsgálatát biztosító létesítmények esetében, Hadmérnök VI. Évfolyam 4. szám - 2011. december ISSN1788-1919 http://hadmernok.hu/2011_4_berek.pdf
- [2] TvMI 5.1: 2015.03.05. Beépített Tűzjelző Berendezés tervezése, telepítése Tűzvédelmi Műszaki Irányelv (Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság)
- [3] MSZ EN 60849:2000 Hangrendszerek veszélyhelyzetekhez (IEC 60849:1998)
- [4] Ivar Veit: Műszaki akusztika, Műszaki könyvkiadó 1977. ISBN 963-10-1960-0
- [5] Horváth András: Hangtan I., Széchenyi István Egyetem Fizika és Kémia Tanszék, 2006. (letöltés: 2016.05.31. http://www.sze.hu/~bertam/Oktatasi_anyagok/fiz_hangtan1.pdf)
- [6] Dr. Domokos Endre és Dr. Horváth Béla: Környezetmérnöki Tudástár 13. kötet, Zaj- és rezgésvédelem, Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, 2. javított kiadás 2011.

Veszprém, ISBN: 978-615-5044-38-0 (letöltés: 2018.03.21. http://mkweb.uni-pannon.hu/tudastar/anyagok/13-Zaj_rezges_vedelem.pdf)

[7] Csott Róbert: Épületakusztika (Épületfizika II.) jegyzet, Debrecen 2010. letöltés: 016.05.31. epitesz.eng.unideb.hu/uploads/2011/epuletakusztika-2177/debrecen2010p1.doc

[8] John Eargle (JBL): Sound System Design Reference Manual, 1999. p 2-6 letöltés: 2016.05.27. https://www.jblpro.com/pub/manuals/pssdm_1.pdf

[9] Promatt Kft.: T zjelz rendszerek hang- és fényjelz i, el adás anyag

[10] Promatt Kft.: EMA1224BWSSA és EMA1224BWSSR hagyományos, falra szerelhet , 4 hangú hang- és fényjelz k m szaki leírása (2013. január, nn)

[11] Fulleon Limited: Product Manual for ROLP Sounder (azonosító: M96-024 Issue 4) letöltés: 2016.05.28. http://www.dialcomp.hu/_download/fulleonmenvier/Roshni.pdf

[12] Promatt Kft. CWSO-RR-x1 sorozatú hagyományos hangjelz k m szaki leírása

[13] Robert Bosch Kft.: FNM-420-A beltéri hangjelz m szaki leírása (azonosító: 1300804875/hu, V4, 10.Január 2013.), letöltés: 2016.06.01. http://resource.boschsecurity.com/documents/Data_sheet_huHU_1301335563.pdf

[14] <http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/rug-mod-tablázat.pdf>

[15] Sínek világa, a Magyar Államvasutak Zrt. pálya és hídszakmai folyóirata,, letöltés: 2016.06.02. <http://www.sinekvilaga.hu/szalerositesu-betonszerkezetek-vasuti-alkalmazhatosaga-2.-resz-szalerositesu-betonok-jellemzo?index=2>

[16] Dr. Pankhardt Kinga PhD, Kovács József: Épít anyagok, Terc 2013., letöltés: 2016.06.02. www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop412A/2009...epitoanyagok/epitoanyagok.pdf

[17] Mester András: Hallhatatlan hangok, Fizikai Szemle 2007/8., letöltés: 2016.06.01., <http://www.fizikaiszemle.hu/archivum/fsz0708/mester0708.html>

[18] Dr. Kiss Endre: Környezetvédelem 2013., letöltés: 2016.06.01. [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013_kornyezetvedelem/3_3_a_hangosság_es_az_emberi_ful_tulajdonsagai.html)

[0013_kornyezetvedelem/3_3_a_hangosság_es_az_emberi_ful_tulajdonsagai.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0013_kornyezetvedelem/3_3_a_hangosság_es_az_emberi_ful_tulajdonsagai.html)

[19] BS 5839-1:2013 Fire detection and fire alarm systems for buildings. Code of practice for design, installation, commissioning and maintenance of systems in non-domestic premises

[20] Nderlande norm NEN 2575-1 (nl) Fire safety of buildings - Evacuation alarm installations - System and quality requirements and guidelines for locating of alarm devices -

Part 1: General (CS 13.220.20: 13.320 szeptember 2012), letöltés: 2016.06.01.

https://www.nen.nl/pdfpreview/preview_168670.pdf

[21] AS2220.1-0989 Australian Standard. Emergency warning and intercommunication systems in buildings, Part 1: Equipment design and manufacture, letöltés: 2016.06.02.

<https://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj0sb-xh5PNAhXmD8AKHY3dDDAQFggjMAE&url=https%3A%2F%2Finfostore.saiglobal.com%2Fstore%2FPreviewDoc.aspx%3FsaleItemID%3D298591&usq=AFQjCNGiqR3JD-dsrma0ITLg9iwgVAsSZw&sig2=4JqLUB9DFIYDZKPwiXxwkQ&bvm=bv.123664746,d.d24>

<https://infostore.saiglobal.com/store/PreviewDoc.aspx?saleItemID=255350>

[22] AS1670.4-2004 Australian Standard. Fire detection, warning, control and intercom systems—System design, installation and commissioning Part 4: Sound systems and intercom systems for emergency purposes letöltés: 2016.06.02.

<https://infostore.saiglobal.com/store/PreviewDoc.aspx?saleItemID=255350>

[23] Berek Lajos - Vass Attila: Gázturbinás er m i objektum védelme, Hadmérnök X. Évfolyam 2. szám - 2014. június, ISSN 1788-1919, letöltés: 2016.05.28.
http://hadmernok.hu/142_01_berekl.pdf

Dr. Beda László PhD, professor emeritus

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar T z- és Katasztrófavédelmi Intézet

Beda.Laszlo@ybl.szie.hu

ORCID kód: 0000-0001-7551-8718

Mohai Ágota Zsuzsanna, tanársegéd

Szent István Egyetem Ybl Miklós Építés tudományi Kar T z- és Katasztrófavédelmi Intézet

E-mail: mohai.agota@gmail.com,

ORCID kód: 0000-0002-6762-5625

Kézirat beérkezése: 2018. február 28.

Kézirat elfogadása: 2018. március 14.