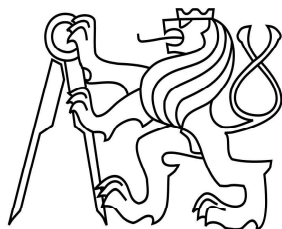


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb

Diplomová práce

**AKUSTICKÉ SIGNALIZACE PŘI VYHLÁŠENÍ
POŽÁRNÍHO POPLACHU**

AUDIBLE FIRE ALARM SIGNALS

Bc. Tereza Rosolová

vedoucí práce: Ing. Hana Najmanová

2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Rosolová Jméno: Tereza Osobní číslo: 434365

Zadávací katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Integrální bezpečnost staveb

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Akustické signalizace při vyhlášení požárního poplachu

Název diplomové práce anglicky: Audible fire alarm signals

Pokyny pro vypracování:

Seznamte se s aktuálním stavem poznání a terminologií problematiky evakuace osob se zaměřením na způsoby a systémy vyhlášení požárního poplachu. Provedte literární rešerši uskutečněných studií zabývajících se způsoby vyhlášení evakuace, legislativních požadavků a systémů pro vyhlášení akustických poplachů v budovách. Vyhodnoťte požadavky, prostředky a postupy při návrhu požárně bezpečnostní zvukové signalizace. Na základě teoretických znalostí a vlastního experimentálního výzkumu posuďte a navrhněte vhodnost zvukových signálů pro vyhlášení evakuace v závislosti na různých typech provozů.

Seznam doporučené literatury:

OMORI, H., E.D. KULIGOWSKI, S.M.V. GWYNNE and K.M. BUTLER. Human Response to Emergency Communication: A Review of Guidance on Alerts and Warning Messages for Emergencies in Buildings. Fire Technology 2017, 53(4), 1641–1668. ISSN 0015-2684, 1572-8099. doi:10.1007/s10694-017-0653-3
 CANTER, D., J. POWELL and K. BROOKER. Psychological aspects of informative fire warning systems. Borehamwood: Department of the Environment, Building Research Establishment, Fire Research Station, 1988
 PROULX, G., C. LAROCHE, F. JASPERS-FAYER and R. LAVALLÉE. Fire Alarm Signal Recognition. National Research Council Canada, 2001
 NILSSON, D. Design of fire alarms: Selecting appropriate sounds and messages to promote fast evacuation. Sound, Safety & Society, 2014

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Hana Najmanová

Datum zadání diplomové práce: 2.10.2019

Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020

Údaj uveďte v souladu s datem časového plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

9. 10. 2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Tereza Rosolová

Název diplomové práce: Akustické signalizace při vyhlášení požárního poplachu

Základní část: Požární bezpečnost podíl: 100 %

Formulace úkolů:

Seznámit se s problematikou evakuace osob a způsoby vyhlášení požárního poplachu.

Provést literární rešerši uskutečněných studií, které se zabývaly způsoby vyhlášení evakuace, legislativních požadavků a systémů pro vyhlášení akustických poplachů v budovách.

Vyhodnotit požadavky, prostředky a postupy při návrhu požárně bezpečnostní zvukové signalizace.

Navrhnout, realizovat a vyhodnotit vlastní experimentální studii v řešené problematice a na základě získaných teoretických a praktických poznatků navrhnout vhodnost zvukových signálů při vyhlášení evakuace v různých typech provozů.

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 02. 10. 2019

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

3. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

4. Část: _____ podíl: _____ %

Konzultant (jméno, katedra): _____

Formulace úkolů: _____

Podpis konzultanta: _____

Datum: _____

Poznámka:

Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci. (Vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci zpracovala samostatně pod odborným vedením Ing. Hany Najmanové a informace jsem čerpala z literárních zdrojů uvedených v seznamu literatury a podkladů. Nemám námitek proti použití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 5.1 2020

.....

Bc. Tereza Rosolová

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Haně Najmanové za vedení této práce a skvělý osobní přístup. Dále děkuji panu Ing. Bohuslavovi Strnadovi za odborné rady z praxe projekce evakuačních systémů a řediteli HZS JČK ÚO Tábor panu plukovníku Ing. Petru Hojsákovi za poskytnuté podklady cvičných evakuací a odborné rady z pohledu záchranných složek.

Obsah

Abstrakt	VIII
Abstract	IX
Seznam použitých symbolů a zkratk	X
1 Úvod	1
1.1 Motivace	1
1.2 Cíle práce	2
1.3 Struktura práce	2
2 Současný stav poznání	3
2.1 Evakuace osob a její dělení z hlediska rozsahu	3
2.2 Návrh evakuace v požární bezpečnosti staveb	4
2.2.1 Preskriptivní přístup	4
2.2.2 Požárně inženýrský přístup	5
2.3 Přehled studií zabývajících se způsoby vyhlášení evakuace a jejich vlivem na počátek evakuace	7
2.3.1 Studie zabývající se způsoby vyhlášení evakuace	7
2.3.2 Studie zabývající se dobou do zahájení pohybu a rozmístěním zvukových signalizačních zařízení v bytových domech	8
2.3.3 Studie zabývající se vlivem výběru evakuačních signálů a zpráv na lidské chování	9
2.3.4 Studie zabývající se obsahem hlasových zpráv k evakuaci	10
2.3.5 Experiment v kinosálu, rozdíl vlivu evakuační sirény a rozhlasu	11
2.3.6 Studie zabývající se akustickými signály dle národních standardů	13
2.3.7 Studie zabývající se rozpoznáním akustického zvuku signálu T-3	15
2.3.8 Studie zabývající se vlivem délky trvání alarmu	17
2.3.9 Poznatky z uvedených studií	17
2.4 Charakteristika zařízení a systémů pro vyhlásování akustického poplachu v budovách ..	19
2.4.1 Autonomní hlásiče kouře	21
2.4.2 Rozhlas	21
2.4.3 Siréna	22
2.4.4 Nouzový zvukový systém	22
2.5 Analýza vlastností zvuku a lidského sluchu	23
2.5.1 Vlastnosti zvuku	23
2.5.2 Vlastnosti lidského sluchu	24
2.6 Pozorované vlastnosti signálů a hlasových zpráv z pohledu norem	26
2.6.1 Rozhlas	26
2.6.2 Siréna	27
2.6.3 Nouzový zvukový systém	27
2.7 Přehled návrhu systému evakuačního ozvučení v závislosti na provozu objektu	29
2.7.1 Návrh vyhlášení evakuace v konkrétních provozech dle ČSN	31
2.7.2 Návrh vyhlášení evakuace v objektech dle zahraničních norem a předpisů	32
2.7.3 Princip postupu návrhu systémů, zařízení a akustických signalizací k vyhlášení evakuace objektu	33

3	Praktické poznání vlastností akustických signalizací k vyhlášení evakuace	36
3.1	Experiment a průzkum obsahu a vlastností hlasových zpráv vyzývajících k evakuaci objektu.....	36
3.1.1	Analýza zvukových záznamů hlasových zpráv pro vyhlášení evakuace	36
3.1.2	Řízený experiment	38
3.1.3	Výsledky experimentu	43
3.2	Experiment a průzkum obsahu a vlastností akustických signálů vyzývajících k evakuaci objektu.....	52
3.2.1	Analýza vlastností akustických signálů pro vyhlášení evakuace.....	53
3.2.2	Řízený experiment	55
3.2.3	Výsledky experimentu	60
4	Závěr diplomové práce	67
4.1	Zhodnocení cílů diplomové práce.....	68
4.1.1	Vyhodnocení prostředků a požadavků sloužících k vyhlášení evakuace	68
4.1.2	Vyhodnocení postupu návrhu požárně bezpečnostní zvukové signalizace	68
4.1.3	Charakteristika vlastností hlasové zprávy a akustického signálu na základě literární rešerše.	69
4.1.4	Vyhodnocení návrhu vlastností hlasových zpráv a akustických signálů na základě praktické části.	70
	Seznam obrázků	72
	Seznam tabulek	73
	Literatura	74
	Seznam příloh.....	77
	Příloha č.1 – Friedmanův test – Analyse it.....	78
	Příloha č.2 – Frekvenční analýza akustických signálů – Audicity	84
	Příloha č.3 – Dotazník – Rozhlasové zprávy k vyhlášení evakuace ve veřejných budovách	92
	Příloha č.4 – Dotazník – Akustické signály pro vyhlášení evakuace ve veřejných budovách	94
	Příloha č.5 – CD – Akustické záznamy pro dotazníky skupin „A“ a „B“ pro experiment rozhlasových zpráv a experiment akustických signálů	95

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá druhy akustických evakuačních signalizací při vyhlášení požárního poplachu v objektu a jejich vlivem na počáteční fázi evakuace osob. Hlavním problémem počáteční fáze evakuace je včasná reakce osob, kterou mohou komplikovat nejednoznačné druhy signálů či nedostatek poskytovaných informací. Při návrhu zařízení sloužících k evakuaci je komplikací často rozdílné pojmenování a specifikace jejich vlastností. Cílem diplomové práce je 1) zjistit princip a postup návrhu evakuačního akustického zařízení a systémů v objektech, 2) stanovit vhodné vlastnosti akustických signálů k vyhlášení evakuace a vlastnosti evakuačních rozhlasových zpráv. V práci je zpracována podrobná literární rešerše zaměřená na dostupné vědecké studie zabývající se způsoby vyhlášení evakuace a jejich vlivem na počátek evakuace, charakteristiku zařízení a systémů pro vyhlásování akustického poplachu, analýzu vlastností zvuku a lidského sluchu a také na současný stav závazných předpisů a norem v českém i mezinárodním prostředí. V rámci praktické části práce byly realizovány rozhovory s odbornou veřejností a dva experimenty v podobě dotazníkového šetření s účastí široké veřejnosti (celkem 235 respondentů). První experiment byl zaměřen na průzkum vlastností rozhlasových zpráv, druhý na vlastnosti a podobu nejvhodnějšího evakuačních akustických signálů. Na základě jejich výsledků byly v závěru navrženy klíčové vlastnosti ideální rozhlasové zprávy a vlastnosti evakuačního signálního tónu.

Klíčová slova

Požární signalizace; lidské chování; bezpečnost osob; evakuace; mimořádná událost; budovy; rozhlas; požární poplach; požární bezpečnost; evakuační poplach; hlasový poplach

Abstract

The main topic of this diploma thesis is the variety of evacuation warning signals during a fire alarm in a building and its influence on the initial stage of evacuation of people. The key problem of the early stage of evacuation is an early reaction of persons, which is affected by human behavior and different appellation and dissimilar specification of the various characteristics of the evacuation devices. The main goals of this diploma thesis are 1) to find a principle and method for acoustic device projecting, 2) to define suitable properties of acoustic signals and voice alarms for evacuation. This diploma thesis also contains detailed review of scientific studies focused on forms of starts of evacuations, its influence on the beginning of evacuation, characteristic of devices and systems for acoustic evacuation, analysis of sound properties and human hearing and also on the current state of Czech and international regulations. In the practical part of the thesis were realized specialized workshops with professionals and public. There were two experiments in questionnaire form with 235 respondents. The first one was focused at the most appropriate properties of voice alarms and the second was focused on acoustic signals properties. In the conclusion of the diploma thesis were suggested the key factors for voice alarms and acoustic signals based on results of the conducted experiments.

Keywords

Fire signal; human behaviour; human safety; evacuation; emergency; building; broadcast; fire alarm; fire safety assessment; evacuation alarm; voice alarm

Seznam použitých symbolů a zkratek

Latinské symboly

t_u	Doba evakuace	min
t_e	Doba zakouření	min
$t_{u,max}$	Mezní doba evakuace	min
l_u	Délka únikové cesty	m
v_u	Rychlost pohybu osob	m/min
E	Počet evakuovaných osob	-
S	Součinitel podmínek evakuace	-
K_u	Jednotková kapacita únikového pruhu	počet osob/min
u	Započítaný počet únikových pruhů	-
h_s	Světlá výška posuzovaného prostoru	m
a	Součinitel vlivu odhořívání	-
p_l	Pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru	-
t_d	Čas detekce požáru	min
t_v	Čas vyhlášení požárního poplachu	min
t_r	Čas rozhodnutí	min
t_z	Čas odezvy	min
t_p	Čas pohybu	min

Zkratky

EN	Evropská norma
ČSN	Česká technická norma
ASET	Čas dostupný pro evakuaci (Available safe egress time)
RSET	Čas potřebný pro evakuaci (Required safe egress time)
EPS	Elektrická požární signalizace
PBZ	Požárně bezpečnostní zařízení
PBŘ	Požárně bezpečnostní řešení
NFPA	National Fire Protection Association

ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
CD	Compact Disc
T-3	Themporal Three
PCO	Panel civilní ochrany
ZDP	Zařízení dálkového přenosu
HZS ČR	Hasičský záchranný sbor České republiky
NZS	Nouzový zvukový systém
OB2	Bytový dům
ER	Evakuační rozhlas
NP	Nadzemní podlaží
USA	Spojené státy americké
MV	Ministerstvo vnitra
SP	Shromažďovací prostor
VP	Výškové pásmo
ÚC	Úniková cesta
NÚC	Nechráněná úniková cesta
PÚ	Požární úsek
OB1	Rodinné domy a rekreační objekty s nejvýše třemi obytnými buňkami
OB2	Bytové domy přesahující kritéria budov skupiny OB1
OB3	Domy pro ubytování o omezené projektované ubytovací kapacitě
OB4	Domy pro ubytování s ubytovací kapacitou přesahující omezení OB3
AZ 2	Ambulantní zdravotnické zařízení, kde jsou více než tři lékařská pracoviště
LZ 2	Lůžkové zdravotnické zařízení s jednou a více lůžkovými jednotkami
VP 1	Výškové pásmo 1 zahrnuje prostory v prvním podzemním a v nadzemních podlažích do výšky $h_p \leq 9$ m
VP 2	Výškové pásmo 2 zahrnuje prostory ve druhém podzemním podlaží a v nadzemních podlažích výšky 9 m $< h_p \leq 30$ m
VP 3	Výškové pásmo 3 zahrnuje prostory ve třetím či v dalších podzemních podlažích a v nadzemních podlažích výšky $h_p > 30$ m

1 Úvod

Evakuace osob je problematikou, která je pro požární ochranu a ochranu obyvatelstva jedním z klíčových řešení záchrany životů. Objektovou evakuací se rozumí co možná nejrychlejší a bezpečné opuštění objektu v případě vzniku mimořádné situace ohrožující osoby na životě nebo jejich zdraví (požár objektu, únik nebezpečných látek, nástražný výbušný systém). Evakuace je zahájena na základě vyhlášení požárního poplachu nebo výzvou provozovatele objektu či velitele zásahu.

Tato diplomová práce se zabývá principem návrhů signalizací evakuačního ozvučení veřejných objektů, dále vlivem evakuační signalizace na počáteční fázi evakuačního procesu z budovy a zejména zhodnocením různých druhů evakuačních zvukových signálů požárního zabezpečení.

1.1 Motivace

Efektivní a bezpečná evakuace může výrazným způsobem pomoci zajistit kvalitní ochranu zdraví a majetku. Výběr a návrh nouzové zvukové signalizace je rozhodující pro nejúčinnější a nejrychlejší zahájení evakuace. Pro plošné varovné hlášení jsou předdefinovány konkrétní varovné signály, které jsou lidem obecně známé a zajišťují adekvátní reakci, zatímco pro objektovou evakuaci nejsou konkrétní akustické signalizace určeny.

V dnešní době vytváří akustické signály téměř každé elektronické zařízení a pro osoby je obtížné rozeznat, zdali jde o bezpečnostní, nebo pouze informativní akustické hlášení. Lidé obvykle reagují na akustické signály, které mají v podvědomí například: ambulance, hasiči, policie nebo dokonce i zmrzlinařský vůz, ale mnohdy různorodé akustické signalizace i z důvodu jejich četnosti apaticky přehlíží.

Vhodný návrh evakuační zvukové signalizace je klíčový impuls k vyhlášení nouzového stavu, tento zvukový signál musí být jednoznačně výstižný a pochopitelný pro všechny osoby v objektu. V případě nevhodného návrhu, např.: špatná slyšitelnost, nesrozumitelná mluvená zpráva či nejednoznačná siréna, dochází k prodlevě vnímání a interpretace signálu, což negativně ovlivňuje dobu zahájení evakuace. Pro zajištění správné interpretace by bylo vhodné stanovit konkrétní nezaměnitelnou signalizaci, která bude všem osobám známá.

Diplomová práce se zabývá vhodným výběrem nouzové zvukové signalizace v objektech. Toto téma je z pohledu návrhu dle českých norem velice neucelené. Norma týkající se návrhu a zpřesnění požadavků je evropská norma ČSN EN 60849 (368012) - Nouzové zvukové systémy, která detailně popisuje pouze technické požadavky jako jsou srozumitelnost mluveného slova, rozhraní hladiny akustického tlaku či požadavky montáže a měření, ale nepředepisuje konkrétní zvukový signál.

1.2 Cíle práce

Diplomová práce má dva hlavní cíle:

Prvním cílem diplomové práce je zmapovat princip a postup návrhů evakuační zvukové signalizace v objektech.

- Vyhodnocení prostředků a požadavků sloužící k vyhlášení evakuace.
- Vyhodnocení postupu návrhu požárně bezpečnostní zvukové signalizace dle platných právní předpisů a norem a jejich vhodnost řešení na základě literární rešerše a životních zkušeností odborné veřejnosti.

Druhým cílem diplomové práce je stanovit vhodné vlastnosti akustických signálů k vyhlášení evakuace a vlastnosti evakuačních rozhlasových zpráv.

- Charakteristika vlastností hlasové zprávy a akustického signálu na základě literární rešerše.
- Vyhodnocení návrhu vlastností hlasových zpráv a akustických signálů na základě praktické části.

1.3 Struktura práce

Diplomová práce se zabývá možnostmi řešení evakuační zvukové signalizace a jejich vlivem na dobu zahájení evakuace z objektů. Tato práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou.

V první části diplomové práce je uvedena literární rešerše vědeckých studií a odborných článků zabývajících se způsoby vyhlášení evakuace v budovách pomocí zvukových signálů a jejich vlivu na počáteční fázi evakuace. Jsou zde uvedeny také normové požadavky na zvukovou signalizaci z hlediska požární ochrany, obecné principy návrhu systému a požadavky z hlediska souvisejících oborů. Dále jsou uvedeny charakteristické vlastnosti lidského sluchu a zvuku. V závěru teoretické části je provedeno srovnání požadavků zahraničních a evropských norem na zvukové signály.

Druhá část diplomové práce se zabývá praktickým poznáním návrhu akustických signalizací a experimentálním průzkumem ideálních vlastností rozhlasových zpráv a akustických signálů. Experimentální část spočívá ve dvou stěžejních experimentech, které byly řešeny anonymními dotazníky s poslechem. První experiment se zabývá charakteristikou vlastností rozhlasových zpráv a druhý experiment je zaměřen na charakteristiku vlastností akustických signálů. V závěru práce jsou zhodnoceny ideální vlastnosti akustických signalizací pro vyhlášení evakuace objektů.

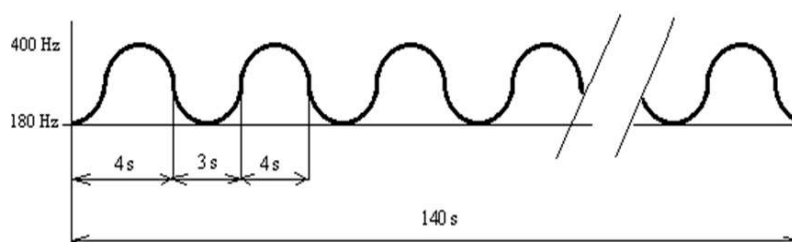
2 Současný stav poznání

Tato část práce je zaměřena na současný stav poznání problematiky návrhu nouzové akustické signalizace k evakuaci osob. V úvodu je uvedení do problematiky evakuace a zvukových signalizací pro evakuaci plošnou a objektovou a obecný popis návrhů evakuace. Dále je uvedena literární rešerše vědeckých poznatků ohledně vlivu evakuačních signálů na lidské chování a vhodnosti signalizací určených k vyhlášení evakuace objektu. Jsou zde uvedeny charakteristické vlastnosti zařízení k vyhlášení evakuace, vlastnosti lidského sluchu a zvuku. V závěru této rešerše jsou podrobněji přiblíženy požadavky na evakuační zvukové signalizace dle českých a evropských norem a jejich srovnání se zahraničními požadavky.

2.1 Evakuace osob a její dělení z hlediska rozsahu

Evakuace je organizovaný nevyhnutelný přesun osob z místa mimořádné události na místo bezpečné. Evakuace obyvatelstva může být vyhlášena v rámci budovy nebo území. Takto rozlišujeme evakuaci objektovou a evakuaci plošnou [1].

Evakuace plošná je definována jako neřízená evakuace určité části území a urbanistických celků, které jsou ohroženy mimořádnou událostí. Jedná se o evakuaci dlouhodobou, která je vyhlášována varovným signálem všeobecné výstrahy (Obr.1). Signál všeobecné výstrahy je vyhlášován kolísavým tónem sirény po dobu 140 vteřin a může být vyhlášován třikrát za sebou v cca třímínutových intervalech. Po akustickém tónu sirény vždy následuje bezprostřední tísňová informace nebo tísňová informace prostřednictvím hromadných sdělovacích prostředků (obecní rozhlas, rádio a jiné komunikační prostředky) [2].



Obr. 1: Grafické znázornění signálu - „Všeobecná výstraha“ [3]

Evakuace objektová může být neřízená nebo řízená (postupná). Jedná se o evakuaci krátkodobou a je vyhlášována nouzovým akustickým signálem například sirénou, rozhlasem, autonomním hlásičem nebo zodpovědnou osobou. Evakuace v objektech je posouzena v dokumentaci požárně bezpečnostního řešení a v případě, že se jedná o objekt, kde jsou složité podmínky pro zásah nebo jde o objekt, kde se provozují činnosti s vysokým požárním nebezpečím, je zpracována dokumentace požární ochrany. Součástí dokumentace požární ochrany je evakuační plán, který stanovuje pravidla a způsob evakuace dle § 27 Vyhlášky o požární prevenci Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb.

2.2 Návrh evakuace v požární bezpečnosti staveb

Při zpracování požárně bezpečnostního řešení se vychází z požadavků právních předpisů, normativních požadavků a z podmínek vydaného územního rozhodnutí. Obsah požárně bezpečnostního řešení je ustanoven § 41 vyhláškou Ministerstva vnitra č. 246/2001 Sb. V požárně bezpečnostním řešení stavby jsou zhodnoceny možnosti a navržen způsob a prostředky evakuace osob, zvířat a majetku. Zhodnocení možností evakuace je možné v České republice na základě různých přístupů – preskriptivním, požárně inženýrským přístupem a dalšími [4].

2.2.1 Preskriptivní přístup

Preskriptivní přístup je řešen dle normativních požadavků a standardů. V požárně bezpečnostním řešení objektu jsou uvedeny požadavky a výpočtová posouzení na počty, typy, kapacity a maximální délky únikových cest dle požárního kodexu.

Dle ČSN 73 0802 [5] vzorce (1) a ČSN 73 0804 [6] vzorce (2) se dimenzují únikové cesty tak, aby evakuace osob proběhla dříve, než dojde k zakouření prostoru do úrovně 2,5 m nad podlahou (1),(2). Ve výrobních objektech, které jsou posuzované dle [6] musí být doba evakuace zároveň menší než je mezní doba evakuace určena v této normě tabulkou 16. Mezní doba evakuace závisí na druhu provozu, počtu únikových cest a jejich druhu. Kapacita maximálního počtu osob na únikové cestě je omezena.

$$t_u \leq t_e \quad (1)$$

$$t_{u,max} \geq t_u \leq t_e \quad (2)$$

t_u	doba evakuace [min]
t_e	doba zakouření [min]
$t_{u,max}$	mezní doba evakuace [min]

Výpočet doby evakuace

$$t_u = \frac{0,75 \times l_u}{v_u} + \frac{E \times s}{K_u \times u} [min] \quad (3)$$

kde:

t_u	doba evakuace [min]
l_u	délka únikové cesty [m]
v_u	rychlost pohybu osob [m/min]
E	počet evakuovaných osob [-]
s	součinitel podmínek evakuace [-]
K_u	jednotková kapacita únikového pruhu [počet osob/min]
u	započítaný počet únikových pruhů [-]

Výpočet doby zakouření pro objekty dle ČSN 73 0802 [5] vzorce (4) a objekty dle ČSN 73 0804 [6] vzorce (5)

$$t_e = \frac{1,25 \times \sqrt{h_s}}{a} \text{ [min]} \quad (4)$$

$$t_e = 1,25 \times \sqrt{\left(\frac{h_s}{p_1}\right)} \text{ [min]} \quad (5)$$

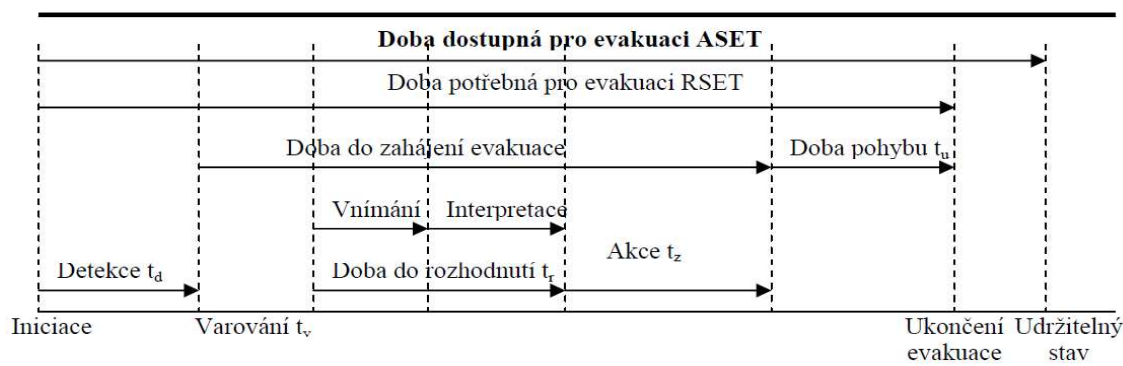
t_e	doba zakouření [min]
h_s	světlá výška posuzovaného prostoru [m]
a	součinitel vyjadřující vliv odhořívání [-]
p_1	pravděpodobnost vzniku a rozšíření požáru, určená podle druhu a charakteru výroby a provozu z přílohy E [-]

Z výše uvedených výpočtových postupů je zřejmé, že preskriptivní přístup nezvažuje dobu do zahájení evakuace, která vypovídá o vnímání, rozhodnutí a zahájení evakuace. Preskriptivní přístup je založen na výpočtu z veličin a tabulkových hodnot, které byly stanoveny před téměř 40 lety. Dá se předpokládat, že postupným stárnutím, vyšší obezitou obyvatelstva, ale i změnou oblékání a obuvi jsou hodnoty součinitelů rychlosti pohybu a potřebné množství únikových pruhů již neaktuální a bude nutné do budoucna tyto hodnoty přehodnotit [7].

2.2.2 Požárně inženýrský přístup

Při návrhu evakuace pomocí požárně inženýrského přístupu využíváme vědomosti z oblasti požárně bezpečnostního inženýrství, které mohou být odchylné od českých norem. Tento přístup

je možný dle §99 zákona č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů [8]. Požárně inženýrský přístup počítá s přístupnými daty z výzkumů evakuace a určuje čas potřebný k evakuaci a čas dostupný k evakuaci.



Obr. 2: Grafické znázornění časů ASET a RSET, převzato[4]

2.2.2.1 ASET - (Available safe egress time)

Čas dostupný k evakuaci (ASET) je definován přijatelnými podmínkami pro evakuované osoby, které nesmí být překročeny. Přijatelné podmínky mohou být definovány například: koncentrací CO, omezenou viditelností nebo teplotou kumulovaných horkých plynů v určité výšce.

Pro stanovení času ASET je vhodné možné použít vzorce (4), (5) nebo použít požární model, který lze vytvořit pomocí softwarů jako jsou například Argos, CFAST, což jsou zónové modely nebo FDS, který je založen na numerickém řešení dynamiky požáru. Z výstupů těchto softwarů je možné zjistit čas překročení limitů přijatelných podmínek k evakuaci. Tyto limity pro přijatelné podmínky evakuace stanovujeme na základě dřívějších výzkumů a obecně uznávaných zdrojů.

2.2.2.2 RSET - (Required safe egress time)

Čas potřebný k evakuaci (RSET) je velice složité jednoznačně určit. Tento čas je stanoven součtem časů: detekce požáru, vyhlášení poplachu, rozhodnutí, odezvy a celkového času pohybu [9], [10].

$$RSET = t_d + t_v + t_r + t_z + t_p \text{ [min]} \quad (6)$$

t_d čas detekce požáru [min]

t_v čas vyhlášení požárního poplachu [min]

t_r čas rozhodnutí [min]

t_z čas odezvy [min]

t_p čas pohybu [min]

Požárně inženýrský přístup počítá s přístupnými daty z výzkumů evakuace a určuje čas potřebný k evakuaci a čas dostupný k evakuaci. V případě, že čas potřebný k evakuaci je větší než čas dostupný k evakuaci, lze takto navrženou evakuaci považovat za bezpečnou [2], [9] viz vzorec (7)

$$RSET \leq ASET \quad (7)$$

Čas detekce a vyhlášení požárního poplachu je výrazně ovlivněn vybavením objektu. V případě, kdy je objekt vybaven funkčními autonomními hlásiči nebo zařízením EPS se správně rozmístěnými detektory a reproduktory je čas detekce a vyhlášení požárního poplachu velice rychlý v řádu několika sekund maximálně 7-13 minut dle vybavení PBZ objektu [11]. V případě, kdy budova není vybavena EPS, může být čas detekce a čas vyhlášení požárního poplachu významně delší.

Čas rozhodnutí a odezvy je ovlivněn schopnostmi jedince vyhodnotit situaci. Toto chování může být negativně ovlivněno intenzivním zaměřením na konkrétní činnost, kterou jedinec vykonává například: nákup, pracovní aktivita. Další vlivy, které negativně ovlivní dobu vyhodnocení situace je spánek, psychotropní látky či prostředí, které obsahuje zvukové nebo vizuální rozptýlení. Dobu do zahájení pohybu je možné určit na základě experimentů [12, 13]. Z již proběhlých studií lze vyhodnotit, že tento čas je závislý jak na individuálním chování každého jedince, tak na chování skupiny osob, které se budou vzájemně ovlivňovat. Ze studií [12, 14] vyplývá, že čím kratší jsou vzdálenosti mezi osobami, tím větší vliv mají na chování svého okolí.

Doba pohybu je čas samotného přesunu z počátečního místa evakuace do bezpečného prostředí například na venkovní prostranství. Tato doba je ovlivněna schopností pohybu každého jedince, vzdáleností a podmínkami únikové cesty a počtem unikajících osob. Dobu pohybu je možné určit na základě výpočtů s hodnotami z již proběhlých experimentů [10].

2.3 Přehled studií zabývajících se způsobem vyhlášení evakuace a jejich vlivem na počátek evakuace

Tato kapitola shrnuje výsledky studií, které se zabývají způsobem vyhlášení evakuace a jejich vlivem na počáteční fázi evakuace osob z budovy. Cílem této kapitoly je poskytnout přehled studií a jejich výsledků vhodných řešení při navrhování zvukových signalizací k evakuaci.

2.3.1 Studie zabývající se způsobem vyhlášení evakuace

Každý objekt má rozdílné podmínky a vybavení zajišťující efektivní evakuaci a každý lidský jedinec má rozdílné vnímání. Zdravá osoba může své okolí vnímat pěti smysly: zrak, sluch, hmat, čich a chuť. V každodenním životě se řídíme podněty ve svém okolí a svými smysly na

kteřé spoléháme. S lidskými smysly jsou spojeny různé způsoby oznamování nouzových situací. Akustická signalizace je nepochybně nejběžnějším způsobem vyhlášení nouzové situace v objektech. Akustická signalizace může být zajištěna verbální zprávou nebo zvukovým alarmem. Dalšími možnými způsoby oznámení nouzové situace mohou být podněty hmatové [15], viditelné [12, 15] nebo čichové [16].

Aby byly evakuační zvukové systémy opravdu účinné a podporovaly tak rychlou evakuaci musí být jejich návrh vhodný a účinný. Canter, Powell a Booker ve své studii [17] představili kritéria pro funkční a efektivní návrh požární zvukové signalizace, která je založena na empirických studiích účinnosti alarmů.

Tato kritéria jsou:

- 1) Význam požární zvukové signalizace musí být zřejmý a odlišný od ostatních druhů zvukových signalizací.
- 2) Požární zvuková signalizace musí být spolehlivá a musí mít funkční hlásiče požáru.
- 3) Lidé potřebují znát umístění požáru tak, aby bylo možné poplach ověřit a reagovat.
- 4) Je důležité poskytnout osobám informace, které pomohou vyhodnotit požární poplach a informace, které budou informovat o možnostech evakuace.

Z výše uvedených kritérií je zřejmé, že návrhy požárních alarmů v podobě akustických sirén a zvonků nemohou splňovat kritéria verbálních zpráv. Dle studie [17] je důležitá jedinečnost a odlišnost požární zvukové signalizace od běžných zvuků. V případě vyhlášení nouzové situace pomocí hlasové zprávy je vhodné sdělit důvod evakuace, lokaci nebezpečí a informace, které pomohou k bezpečné evakuaci.

2.3.2 Studie zabývající se dobou do zahájení pohybu a rozmístěním zvukových signalizačních zařízení v bytových domech

Proulx se ve své studii [13] zabývala pozorováním doby před evakuací na základě experimentu cvičné evakuace čtyř obytných budov, které byly šesti a sedmi podlažní a nacházelo se tam průměrně 150 osob. V každé budově byl vyhlášen cvičný evakuační poplach pomocí zvukové signalizace (alarm bells), která byla umístěna v prostoru schodiště. V budově č.1 byla signalizace umístěna v prostoru schodiště a zároveň v ložnici každého z bytů. V budově č. 2 bylo reprodukční zařízení zapuštěno ve zdi na chodbě. V budově č. 3 byla reprodukční zařízení zavěšena na zdech na chodbě a v budově č. 4 byla reprodukční zařízení umístěna pouze ve čtvrtém a šestém podlaží na chodbě.

Cvičná evakuace byla pozorována pomocí kamer, které byly umístěny v prostoru schodiště, tedy se předpokládala doba od vyhlášení poplachu do chvíle opuštění bytu jako doba potřebná k zahájení evakuace. V níže uvedené tabulce jsou zaznamenány průměrné časy do zahájení evakuace, průměrná doba pohybu osob po schodišti a průměrná doba celkové evakuace z každého z objektů.

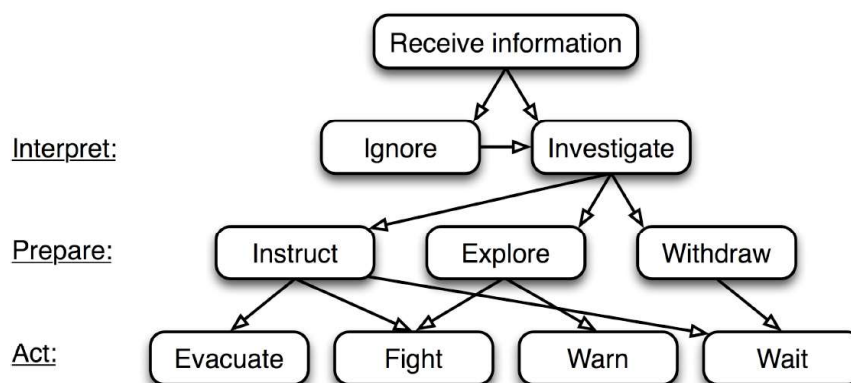
Budova	Druh a umístění alarmu		Průměrný doba do zahájení evakuace [min:s]	Průměrný doba pohybu [min:s]	Průměrný doba evakuace [min:s]
1	přerušovaný alarm 5 min, kontinuální alarm	centrální schodiště a chodba, ložnice každého bytu	2:30	1:05	3:05
2	akustický alarm	reproduktor zapuštěn do zdi chodby	8:22	1:17	9:36
3	akustický alarm	reproduktor zavěšen na stěně chodby	9:42	1:15	10:57
4	akustický alarm	reproduktor pouze ve 4.NP a 6.NP na chodbě	3:08	1:07	4:38

Tab. 1: Doba evakuace v bytových domech, převzato a upraveno [13]

V rámci této studie byli po evakuaci účastníci dotázáni, zda slyšeli evakuační alarm, zda vnímali evakuační alarm jako známý zvuk a také co dělali ve chvíli od vyhlášení evakuace do okamžiku odchodu z objektu. V objektech 2 a 3 uvedlo 25 % dotázaných obyvatel problém slyšitelnosti evakuačního alarmu v bytě a byli na alarm upozorněni sousedy nebo hasiči. Zároveň ostatní obyvatelé těchto objektů měli potřebu v čase do zahájení evakuace zkontrolovat koridor schodiště a přesvědčit se, že se něco děje. V objektu označeném číslem 4 uvedlo 17 % obyvatel, a to zejména z prvního a druhého podlaží, špatnou slyšitelnost alarmu v bytě. V této studii je hlavním faktorem neschopnosti zahájení evakuace špatná slyšitelnost alarmů v bytech. Je zřejmé, že umístění požárního alarmu má zásadní vliv na jeho slyšitelnost.

2.3.3 Studie zabývající se vlivem výběru evakuačních signálů a zpráv na lidské chování

Canter, Breaux a Sime [18] vytvořili model chování, který podporuje myšlenku efektivního oznámení, čímž se myslí poskytnutí relevantních informací, v jejichž důsledku dojde ke snížení nejistoty ze strany subjektů a zkrácení doby potřebné do zahájení pohybu. Model byl vytvořen na základě údajů z rozhovorů s přeživšími z požárů v domácnostech, nemocničním prostředí a v dalších provozech. Přeživší poskytli informace o svých postupných činnostech po vyhlášení evakuace.



Obr. 3: Model posloupnosti lidského chování během krizové situace [18]

Podle modelu posloupnosti chování [18], který je znázorněn výše, je počáteční fáze evakuace ovlivněna nejistotou. Lidé z počátku výzvu k evakuaci přehlíží nebo zjišťují potvrzující informace příčiny alarmu. Tento model podporuje myšlenku efektivního oznámení, které je popsáno ve studiích [19, 20].

Proulx a Sime v neohlášených experimentech [19] testovali různé požární zvukové signalizace a hlasové evakuační zprávy. Tyto experimenty prokázaly, že více informací vede ke kratší před evakuační době. Staré stavební předpisy často předpokládají, že v případě zveřejnění důvodu alarmu dojde k panice a proto doporučují, aby byly informace pro veřejnost v případě požáru omezeny [21]. Předpoklad o rozvoji panického chování je založen na víře, že příliš mnoho informací o hrozícím nebezpečí povede k nekontrolovanému spěchu a bezohlednému chování.

2.3.4 Studie zabývající se obsahem hlasových zpráv k evakuaci

Hlasové alarmy jsou dnes ve veřejných budovách zcela běžné a slouží primárně účelu informovat osoby v objektu o různých skutečnostech, a to o nejen nouzových poplašných zprávách.

V případě, kdy rozhlas zastává funkci požárního rozhlasu, je možné informovat osoby v objektu podle uvedených kritérií 3. a 4. v kapitole 2.3.1., kde je uvedeno, že lidé potřebují znát umístění požáru z důvodu jeho ověření a adekvátní reakce. Lidem je vhodné poskytnout takové informace, které pomohou vyhodnotit situaci a na jejichž základě budou seznámeni s možnostmi evakuace [17]. Hlasová zpráva by měla obsahovat stručnou výzvu k pozornosti, informace o příčině situace a informace, jak dále postupovat a jak se zachovat. Podle studií [22–25] bývají zprávy přehlíženy a ignorovány. Například v budovách nákupních center bývá provozní hudba a reklamní sdělení naprosto běžné, a proto osoby v objektu nemusí zaznamenat nouzové hlášení. Upozornění na verbální zprávu je navrženo řešit pomocí akustického signálu, který by verbální zprávě předcházel. Toto řešení je možné využít pouze v prostorách, kde není náročné akustické prostředí jako jsou například tunely z důvodu ozvěn a dozvuku během verbálního hlášení.

V souladu s již zmíněným třetím kritériem v kapitole 2.3.1. [17] by měla ideální evakuační hlasová zpráva sdělovat instrukce co dělat a jak postupovat během evakuace. Tyto informace se budou v závislosti na nouzové situaci a budově lišit. Například půjde o informování o možnostech únikových cest a využití výtahů. Je důležité vždy zhodnotit důležitost podaných informací, v případě příliš dlouhých zpráv si osoby nemohou pokyny zapamatovat.

Studie [12, 14, 17, 19, 20] se zabývaly vlastnostmi a obsahem hlasových zpráv. Omori ve své studii [14] reagovala na nově vydané NFPA 72, což jsou americké národní požární poplachové signalizační kódy. Autorka ve své studii vycházela ze 162 technických a sociálních vědních zdrojů a vytvořila postup návrhu hlasové zprávy. Hlasová zpráva není dle studie omezena na počet informací, měla by být namluvena aktivním hlasem v přítomném čase v krátkých a jednoznačných větách. Varovná zpráva by měla být uvedena akustickým signálem, který zajistí upoutání pozornosti, hlasová zpráva by měla být opakována v určitých intervalech v celkovém znění. Obsah zprávy by měl poskytovat přesné a reálné informace.

Dle autorů Bayera a Rejnö [12] by měla být evakuační zpráva sestavena ze tří částí - upoutání pozornosti, zdůvodnění evakuace a instrukce pokynů k postupu evakuace. Autoři se ve své studii zaměřili na porovnání účinnosti mužského a ženského hlasu mluvených zpráv a účinky akustických signálů. Tato studie je blíže popsána v následující kapitole 2.3.5.

Nilsson uvádí ve své studii [20] čtyři základní podmínky pro funkční hlasovou zprávu. Hlasová zpráva by měla obsahovat ideálně 5 klíčových pokynů a informací, které si lidé jsou schopni v nouzové situaci zapamatovat. Dále zjistil, že ke zkrácení doby rozhodnutí je vhodné v hlasové zprávě zmínit slovo požár a určit i jeho lokaci v objektu, tyto informace zajistí, že lidé nebudou mít potřebu zjišťovat příčinu evakuace, hypotézu postavil na studiích [18, 19], které se v závěrech shodují. V rámci experimentu zjišťoval, zda má vliv, pokud je hlasová zpráva namluvena skutečným nebo syntetickým hlasem. V rámci této hypotézy Nilsson došel k závěru, že původ hlasu nemá na důvěryhodnost hlášení vliv.

2.3.5 Experiment v kinosálu, rozdíl vlivu evakuační sirény a rozhlasu

Bayer a Rejnö ve své studii [12] realizovali evakuační experiment, jehož cílem byl průzkum možností zahájení evakuací a jejich vlivu na chování osob. Bylo provedeno 18 experimentů v kinosále ve švédském městě Malmö, kterých se zúčastnilo celkem 1872 osob. Testované osoby byly v rámci experimentu natáčeny, pozorovány a po ukončení evakuace vyplnily dotazník. V rámci experimentu bylo testováno celkem šest různých kombinací akustických signalizací a dalších alarmů:

- poplašný zvon
- signální tón alarmu
- poplašný zvon spolu s blikajícím světlem
- poplašný zvon spolu s informačním nápisem

- mluvená zpráva mužem s úvodním tónem alarmu
- mluvená zpráva ženou s úvodním tónem alarmu

Signalizace, poplašný zvon, signální tón alarmu a blikající světlo, byly vybrány a navrženy v souladu se švédskou normou SS 03 17 11. V průběhu experimentu roku 1999 neexistoval žádný zákon, který by předepisoval obsah zprávy, a proto autoři experimentu vybrali osm zpráv s různým obsahem a na základě experimentu vytvořili vzorec co by měla zpráva evakuačního rozhlasu obsahovat. Evakuační zpráva by měla být dle autorů Bayera a Rejnö sestavena ze tří částí.

1) **Pozornost** – Účinné upoutání pozornosti umožní lidem vyslechnout sdělení.

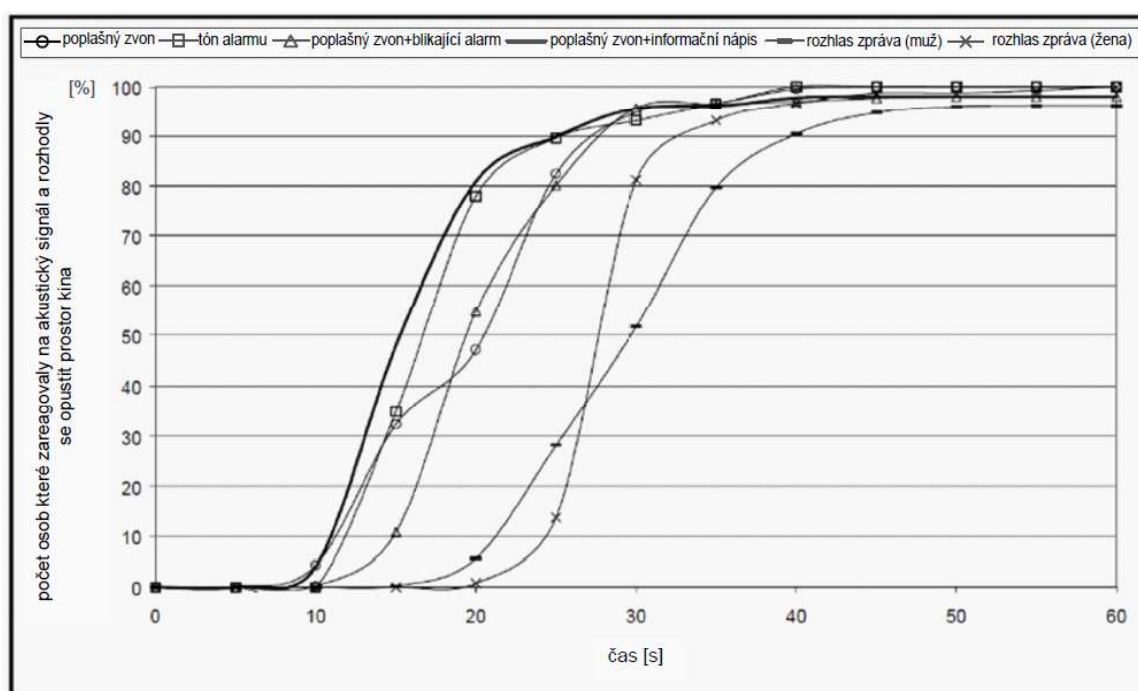
Příklad: "Důležitá zpráva. Důležitá zpráva."

2) **Vysvětlující část** – Vysvětlení, co se stalo a motivace lidí k evakuaci.

Příklad: "V budově je požár."

3) **Instruktažní část** – Vyhlášení požadavků a pokynů co dělat.

Příklad: "Prosíme všechny, aby šli k nejbližšímu východu a shromáždili se mimo budovu."



Obr. 4: Graf závislosti reakční doby na různé způsoby vyhlášení nouzové situace, převzato a upraveno [12]

Jedním z nejpozoruhodnějších výsledků, který byl v rámci experimentu zaznamenán a nebyl očekáván, bylo tvrzení průměrně 15 % zúčastněných, že věřili, že se jedná o vtip. Sklon lidí interpretovat evakuační poplach jako vtip byl již pozorován i dalších studiích a skutečných požárech.

V případech vyhlášení evakuace poplašným zvonem nebo signalizačním tónem alarmu byla reakční doba kratší než v dalších případech vyhlášení. Osoby, které zareagovaly na tyto signalizace, se pro své okolí staly osobami vůdčími a ostatní jejich chování následovali. Z dotazníků vyplývají pochybnosti o porozumění této signalizaci a možné záměně s jinými akustickými signalizacemi. Jedná se o signalizace evakuace, kde je nedostatek informací, a proto je nutné osoby s těmito výstražnými signály seznamovat.

Vyhlášení evakuace poplašným zvonem v kombinaci se zábleskovým světlem bylo nejefektivnější a nebylo oproti ostatním výstrahám považováno za vtip. V případě, že jsou světelné záblesky iniciovány nad nouzovými východy, je tato kombinace dle autorů velice efektivní k zajištění rychlé evakuace.










Vyhlášení evakuace poplašným zvonem a informačním nápisem bylo považováno v prostředí kina za vtip. Informačního nápisu si všimlo 80 % testovaných osob a byl nápomocen k zajištění informací týkající se postupu evakuace.

V rámci studie byly provedeny konzultace s odborníky na logopedii, psychologii a mluvený přednes, a všichni se jednoznačně shodli, že mluvená zpráva by měla být ohlášena mužem bez dialektu. Muž byl vybrán z důvodu barvy hlasu a předpokladu vnímání mužského hlasu více autoritativního než ženského hlasu. Tyto předpoklady se nepotvrdily, a naopak ženský hlas byl pro rozhlasovou zprávu efektivnější. Mluvené zprávy byly v průměru nejčastěji považovány za vtip nebo součástí filmu. Reakční doba byla v rámci experimentu zaznamenána jako nejdelší, což je přisuzováno délkou hlášení a mylného předpokladu, že se jedná o vtip nebo představení.

V závěru studie autoři doporučují celkovou osvětu ohledně zvukových signalizací alarmů a poplašných zvonů. V případě instalace informačních nápisů doporučují velikost přizpůsobit prostoru a dispozici místnosti. Evakuace je ovlivněna mírou informací, které jsou osobám poskytnuty.

2.3.6 Studie zabývající se akustickými signály dle národních standardů

Palmgren a Åberg chtěli v této studii [26] vytvořit základy pro novou švédskou normu týkající se evakuačních signálů. Cílem této práce bylo identifikovat optimální akustické a optické signály. V rámci diplomové práce je uvedena pouze část studie zabývající se akustickou signalizací. Celkem se experimentu zaměřeného na výběr účinné signalizace zúčastnilo 140 osob. Bylo porovnáváno 10 akustických signalizací, které byly vybrány autory na základě literární rešerše.

Signal	Beskrivning	Frekvensmönster	Frekvensområde [Hz]	Bild av frekvensmönstret
1	Brittisk standard [BS]	Alternerande: 0,25 s hög, 0,25 s låg (BSI, 2002)	800/970	
2	Holländsk standard [NEN]	Stegrande: 3,5 s på, 0,5 s av (NEN, 2009)	500-1200	
3	Tysk standard [DIN]	Fallande: 1 s (DIN, 1982)	1200-500	
4	Internationell standard [ISO_1]	T-3: 3x0,5 s på, 1,5 s av (ISO, 1987)	970	
5	Svensk standard [SIS_1]	0,5 s på, 0,5 s av (SIS, 1980)	660	
6	Brittisk standard [F_SAW]	Stegrande: 0,14 s (7 Hz) (BSI, 2002)	800-970	
7	Svensk standard [SIS_2]	Mekanisk Ringklocka (SIS, 1980)	-	-
8	Internationell standard [ISO_2]	T-3 stegrande: 3x0,5 s på, 1,5 s av (ISO, 1987)	800-970	
9	[SAW]	Stegrande: 1 s (1 Hz)	300-1200	
10	Internationell standard [ISO_3]	T-3 två frekvenser: 3x0,5 s på, 1,5 s av (ISO, 1987)	970/800	

Tab. 2: Výpis zkoušených akustických signálů z vybrané literatury a jejich akustické vlastnosti, převzato [26]

Experimentu se zúčastnilo 71 mužů a 69 žen různých věkových kategorií. Experiment probíhal na území města Lund ve Švédsku. Účastníkům byly pomocí sluchátek přehrány akustické signalizace v předem připraveném pořadí a účastník vyplnil test s uzavřenými otázkami, kde hodnotil u každého signálu míru získání pozornosti. Po dokončení tohoto experimentu byly hodnoty analyzovány a uvedeny do Tab. 3: Výpis výsledků všech zkoušených signálů, převzato a přeloženo [26] Tab. 3.

Signál	Počet osob	Střední hodnota	Směrodatná odchylka
BS	140	1,11	0,765
NEN	140	0,37	1,075
DIN	140	0,42	1,011
ISO_1	140	0,30	1,142
SIS_1	140	0,09	1,103
F_SAW	140	1,21	0,838
SIS_2	140	0,99	0,978
ISO_2	140	0,48	1,042
SAW	140	0,54	1,076
ISO_3	140	0,56	1,088

Tab. 3: Výpis výsledků všech zkoušených signálů, převzato a přeloženo [26]

Ze statistiky experimentu bylo vyhodnoceno, že všechny signály jsou vnímány jako výstražné a nejvíce zaujaly zvukové signály označené BS, F_SAW a SIS_2. Tyto vybrané zvukové signály byly použity v návazném experimentu evakuací, kterých se účastnili studenti vysoké školy technických oborů v Lundu. Evakuace se zúčastnilo 28 žen a 75 mužů ve věku 18–24 let.

Na základě nehlášených evakuací a následných doplňujících dotazníků evakuovaných osob byla vyhodnocena nejúčinnější zvuková signalizace označená F_SAW. Autoři přisuzují úspěšnost signálu vzrůstajícím frekvenčním pulzům (7 Hz), které jsou pouze po 0,14 sekundách. U většiny zkoušených signálů jsou zvukové impulzy po 0,5 sekundě.

Studie uvádí několik závěrů založených na literární rešerši, průzkumu a evakuačním experimentu. Palmgren a Åberg doporučují pro evakuační signály využít nepřetržité tóny, které se budou pohybovat mezi nejméně dvěma frekvencemi. Pulzní frekvence by měla být nejméně 1 Hz a kmitočty by se měly pohybovat v rozsahu 800-1000 Hz.

2.3.7 Studie zabývající se rozpoznáním akustického zvuku signálu T-3

Proulx a kol. ve své studii [27] posuzují vědomosti veřejnosti, schopnost identifikace a stanovení urgentnosti zvukového signálu T-3, který byl navržen v normě ISO 8201(1987) jako standardizovaný alarmový signál pro celý svět. Signál T-3 má jednoznačně vyjadřovat signalizaci pro okamžité evakuování objektu. Na území Kanady byly tímto signálem vybaveny novostavby a rekonstruované budovy za posledních 5 let před experimentem, jehož cílem byl průzkum veřejnosti, zda rozpozná tento signál jako signál evakuační.

Ačkoliv cílem projektu bylo studium signálu T-3, experiment byl proveden pomocí dalších pěti výstražných zvukových signálů, které byly nahrány na CD. Během experimentu byly použity tři CD s různým pořadím signálů, kde signál T-3 byl umístěn na první, třetí a šesté pozici.

<u>Anglický pojem</u>	<u>Překlad</u>
• T-3	• T-3
• Car Horn	• Klakson auta
• Reverse or backup alarm	• Signalizace couvání
• Fire alarm Bell	• Alarm požárním zvonem
• Slow Whoop alarm	• Alarm pomalu narůstajícím a zvyšujícím se tónem
• Industrial warning Buzzer	• Průmyslový varovný bzučák

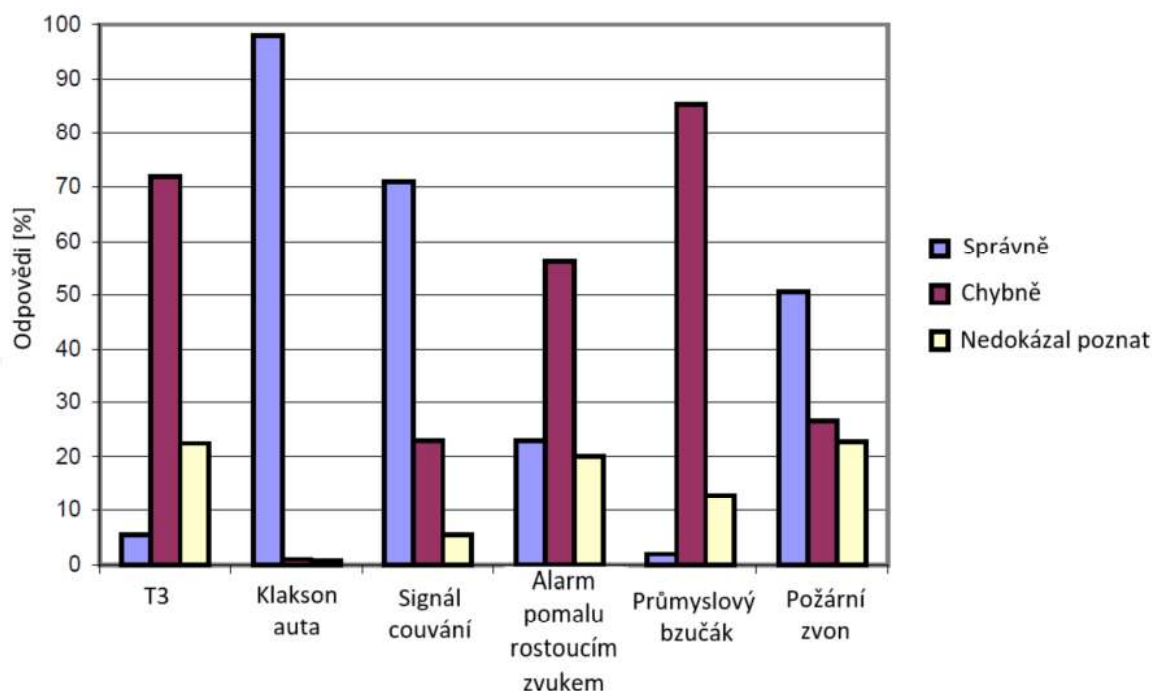
Studie byla provedena na 307 osobách všech věkových kategorií a obou pohlaví ve veřejných budovách jako jsou nákupní centra, kancelářské budovy, knihovny a letiště. Každý

účastník byl osloven a vyzván k účasti pěti minutového experimentu a byl seznámen s průběhem studie rozpoznávání zvuku. Každý zvukový záznam byl dlouhý 12 vteřin a první zvukový záznam byl hudební ukázkou, která nebyla součástí experimentu a zajišťovala posouzení komfortu účastníka. Účastníci experimentu byli seznámeni, že zvuky, které uslyší na CD, jsou zvuky z budovy, ve které se nachází a jejího blízkého prostranství. Po přehrání každého zvukového signálu byly účastníkovi položeny tři otázky:

<u>Anglický pojem</u>	<u>Překlad</u>
1) Have you heard this sound before?	1) Už jste slyšel tento zvukový signál?
2) What do you think this sound means?	2) Co myslíte, že tento zvuk znamená?
3) How urgent do you feel this sound is on scale from 1 to 10?	3) Jak naléhavý je tento zvukový signál na škále od 1 do 10?

Předpokladem experimentu bylo, že každý účastník si vzpomene a rozpozná klakson automobilu. V případě že by tato premisa byla chybná, naznačovala by nevhodnost a neporozumění experimentu.

Signál T-3 dle otázky č.1 již někdy slyšelo 71 % dotazovaných. Dle otázky č.2 a č.3 byl signál T-3 zhodnocen jako nejméně naléhavý s celkovým hodnocením 3,97 a nejčastěji spojován se signály jako jsou budík a signál obsazení telefonu. Správně signál T-3 identifikovalo pouze 6 % účastníků studie.



Obr. 5: Graf znázorňující schopnost respondentů identifikovat signál, převzato a přeloženo [27]

Na základě výsledků lze vyhodnotit akustické signály vyhlášení nebezpečí v objektu jako neznámé. Pouze signál požárního zvonu byl v 51 % správně identifikován, ale zároveň největší počet osob - 23 % odpovědělo, že tento signál nedokáže rozpoznat.

Závěrem studie je problém neinformovanosti veřejnosti. Autoři studie doporučují celkovou osvětu ohledně akustického signálu T-3 a omezení rozmanitosti signálů, které lze v budovách nalézt. Mezi doporučená řešení jsou uvedeny častější cvičné evakuace, osvěta v médiích a na základních a středních školách. Z pohledu psychoakustiky se předpokládá rychlejší poznání a naučení signálu u dětí, které své poučení budou aplikovat po zbytek života. Další možnosti je doplnit akustický signál následnou zprávou: „Toto je evakuační signál, prosím, okamžitě opusťte budovu.“, avšak nevýhodou tohoto řešení je nutnost vybavit objekt zároveň zařízením, které bude vyhlášovat verbální zprávu.

2.3.8 Studie zabývající se vlivem délky trvání alarmu

Bliss a kol. svou studii [28] založili na předpokladu, že sluchové parametry, které jsou pro nás známé, mohou být manipulovány tak, aby zněly přesvědčivě a reálně na základě parametru doby trvání. Délka doby trvání se v liší i v závislosti na jeho účelu. Například verbální rozhlasový požární poplach může být zdlouhavý, protože vyžaduje čas na oznámení jeho zprávy, naopak kouřové hlásiče mohou přestat signalizovat nebezpečí ve chvíli přerušování přítomnosti kouřových částic.

Experiment dle studie [28] zkoumal, jak ovlivňuje doba trvání alarmu jeho vnímání. Experimentu se zúčastnilo 45 studentů psychologie. Studenti byli rozděleni na dvě skupiny, kde jedna skupina měla v experimentu přiřazeno 60 % skutečných alarmů a druhá 80 % skutečných alarmů. Signál byl zprostředkován sirénou Boeing 757, která byla nastavena na hlasitost 65 dB a délka signálu byla 1 s pro krátký a 4 s pro dlouhý signál. V případě, kdy dotazovaný vyhodnotil signál opravdovým alarmem vyzývajícím k evakuaci, potvrdil tuto skutečnost v počítačovém programu. Tento program zároveň zaznamenával reakční dobu osoby. Pokud dotazovaná osoba nereagovala do 15 s, byl zvukový signál považován za nesprávný výstražný alarm. Výsledkem experimentu bylo vyhodnocení alarmů s delší dobou trvání jako reprezentativní skutečný alarm.

2.3.9 Poznatky z uvedených studií

Výše uvedené studie se věnují výběru vhodné zvukové signalizace k vyhlášení evakuace v objektu a jejich vlivu na počáteční fázi evakuace. Výsledná data a poznatky se mnohdy liší, a to především z důvodu různých podmínek experimentů. Pomocí experimentů autoři shodně stanovili podmínky pro obsah verbální zprávy a technické vlastnosti akustického signálu pro vyhlášení nouzového stavu. Dále z uvedených studií vyplývá nutnost omezení klamných zvukových signálů, osvěta nouzových evakuačních signálů a postupů během evakuace

a dostatečné rozmístění reproduktorů v rámci budovy tak, aby byl rozhlas nebo alarm dobře slyšitelný.

2.3.9.1 Verbální zpráva

Některé studie [12, 14, 17] se podrobně zabývaly obsahem a technickými parametry nouzových evakuačních zpráv. Všichni autoři těchto studií se shodují na nutnosti informování osob o reálných skutečnostech a poskytnutí dostatečných informací sloužících k rychlé evakuaci.

Obsah verbální zprávy by se měl skládat ze tří částí:

- upoutání pozornosti
- zdůvodnění hlášení a představení nouzové situace
- ohlášení pokynů o postupu evakuace na bezpečné místo

Autoři výše uvedených studií navrhují porovnávat různé návrhy mluvených rozhlasových zpráv a vytvořit optimální model. Studie se neshodují v počtu možných informací, které je člověk schopen si zapamatovat a postupovat dle jejich pokynů. Obsah by měl být stručný, vystihující prostor a situaci. V případech, kdy je provozně možné upoutání pozornosti zajistit akustickým signálem, je vhodné sestavit verbální zprávu ze čtyř částí a to: akustického signálu, upoutání pozornosti, zdůvodnění hlášení a informací o postupu evakuace.

Oznamovací hlas vyhlášující nouzovou situaci byl také předmětem experimentů a průzkumů. Autoři experimentu [12] potvrdili, že ženský hlas byl k vyhlášení evakuace vhodnější i přes předpoklad psychologa Nillsona, který předpokládal vyšší efekt u autoritativního mužského hlasu. Hlas by měl být klidný, výslovnost zřetelná bez dialektů a logopedických vad, zpráva by neměla působit jako čtená počítačovým zařízením.

2.3.9.2 Zvukový signál

Zvukový signál je v podobě alarmu definován fyzikálními vlastnostmi: frekvencí, hlasitostí, rychlostí pulzů a frekvenčním schématem. Některé studie představují myšlenku jednotného akustického signálu. Takovýto signál by měl být tvořen nepřetržitým tónem ve frekvenčním rozhraní mezi 800-1000 Hz a měl by se pohybovat nejméně mezi dvěma frekvencemi o minimálním rozdíle 1 Hz.

Frekvencí zvuku se rozumí počet oscilací za jednotku času vysílaného zdroje zvuku. Frekvence řídí výšku zvuku. Vysoká frekvence je charakterizována produkcí vysokého tónu, a naopak nízká frekvence vydává silný tón. Lidské ucho je schopné vnímat 16 Hz až 20 kHz. S rostoucím věkem horní hranice výrazně klesá. Zvuky s nízkou frekvencí se lépe pohybují přes překážky, jako jsou dveře, zdi nebo stropy. Naopak čím vyšší frekvenci zvuk má, tím se šíří rychleji a jsou lépe slyšitelné v prostorech s vysokým výskytem šumu. Studie [29] prokázala, že signály, které mají nejlépe upoutat pozornost by měly mít frekvenci mezi 700-4000 Hz.

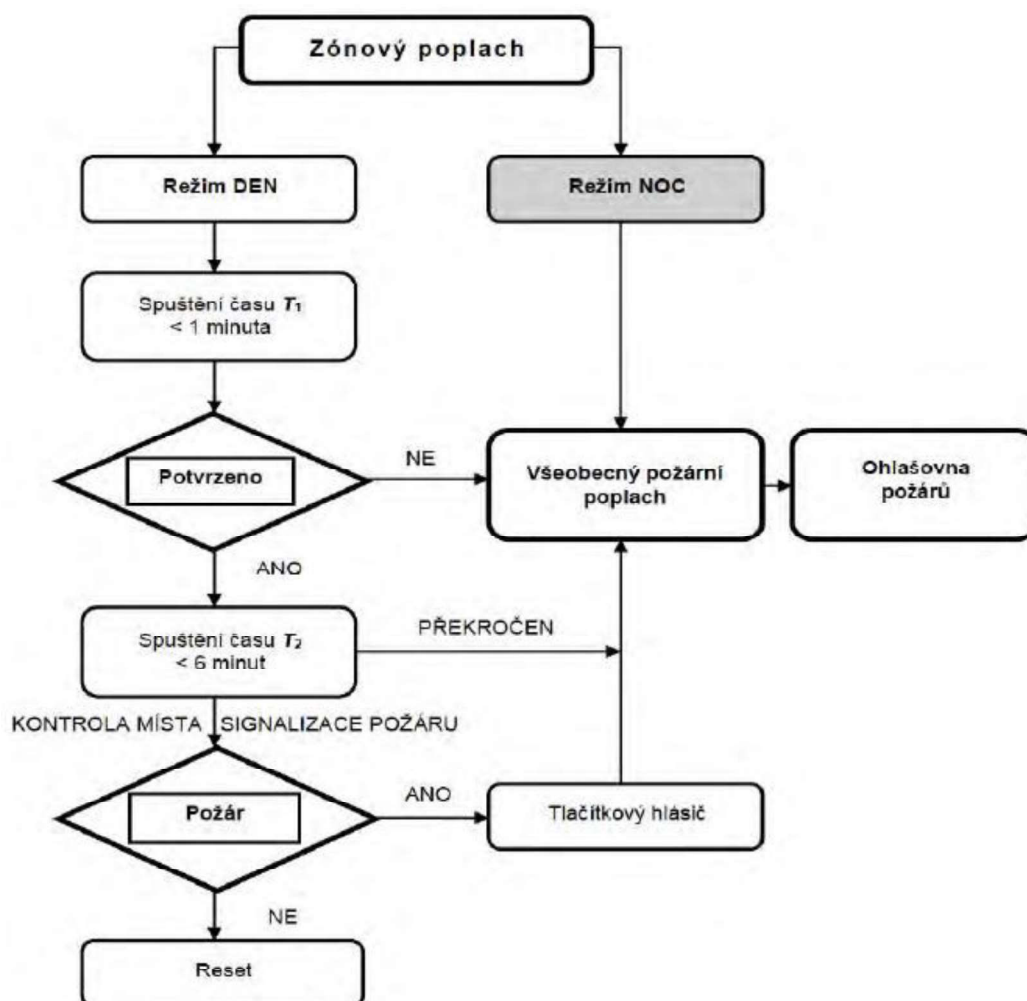
Hlasitost je vyjádřena hladinou zvuku v decibelech. Studie [30] uvádí, že signál s vysokou hladinou zvuku je považován za naléhavější. Optimální hlasitost zvuku pro zachycení pozornosti posluchače je v rozmezí 80-100 dB. V případě návrhu akustických signálů a jejich rozmístění je důležité zhodnotit průzvučnost a pohltivost okolních konstrukcí. V případech, kdy je akustický signál příliš hlasitý je vnímán jako velice nepříjemný.

2.4 Charakteristika zařízení a systémů pro vyhlásování akustického poplachu v budovách

Ke správné a rychlé evakuaci osob z objektu je důležité zajistit oznámení nouzové situace. K oznámení mohou sloužit různé sdělovací prostředky. V objektech, kde nejsou kladeny požadavky na instalaci zařízení, které by vyhlášovalo nouzový stav, jsou lidé se situací seznámeni vyhlášením poplachu zodpovědnou osobou. V objektech složitějších poměrů k evakuaci například: zvýšené požární riziko, špatné podmínky k evakuaci nebo vyšší koncentrace osob se instalují zařízení, která jsou schopná detekovat požár a vyhlásit evakuační poplach. Toto vybavení objektu je navrženo na základě norem a platných závazných předpisů.

Metoda vyhlášení poplachu k evakuaci by měla odpovídat požadavku na reakci osob nacházející se v objektu. V některých případech může být prioritní informovat o poplachu proškolenou obsluhu, která až na základě ověření rozhodne o evakuaci objektu nebo prostorů, které jsou mimořádnou událostí ohroženy.

Detekce a vyhlášení poplachu může být v objektu zajištěno pomocí samostatných zařízení nebo systémů napojených na EPS. V případě instalace systému EPS může být objekt rozdělen na několik zón detekce a signalizace, tyto zóny jsou totožné. Detekci požárního nebezpečí zajišťuje systém EPS pomocí samočinných a tlačítkových hlásičů. Podmínky pro projekci, montáž, užívání, provoz, kontrolu, servis a údržbu jsou uvedeny v normě ČSN 34 2710 [31].



Obr. 6: Blokové schéma reakce na poplachový stav, převzato [31]

Systém EPS je znázorněn na Obr. 6: Blokové schéma reakce na poplachový stav, převzato [31]. Ústředna EPS může fungovat v režimu DEN nebo NOC. V režimu DEN je přítomna obsluha ústředny EPS, která v případě detekce a nahlášení požáru na ústřednu ověří, zda se nejedná o planý poplach a následně zruší nebo naopak vyhlásí všeobecný požární poplach a zajistí ohlášení požáru v objektu. V případě, kdy není přítomna obsluha EPS, je ústředna v provozním režimu NOC a v takovém to případě je ve chvíli detekce požáru vyhlášen všeobecný požární poplach a zároveň ohlášení požáru pomocí ZDP napojeného na PCO příslušné stanici HZS ČR.

Základním požadavkem na evakuační zvuková zařízení a systémy je doba funkčnosti při požáru. Tyto požadavky se vztahují na záložní zdroje a kabelové trasy systémů.

Ke správné a rychlé evakuaci je důležité navrhnout zařízení a systém k vyhlášení poplachu, který bude stručný a jednoznačný a nebude pro osoby matoucí. Tento systém určí projektant požárně bezpečnostního řešení na základě provozu objektu a příslušných českých norem. Konkrétní vlastnosti systému PBZ předepíše až projektant zařízení a systému, které bylo pro objekt navrženo.

2.4.1 Autonomní hlásiče kouře

Autonomní hlásiče jsou nejdostupnějším zařízením sloužícím k detekci a signalizaci požárního nebezpečí. Požadavek na umístění v objektech konkrétního provozu autonomního hlásiče jsou uvedeny ve vyhlášce č. 23/2008 Sb. § 14 s názvem Vybavení stavby požárně bezpečnostním zařízením v souladu s českými technickými normami.

Na trhu se můžeme setkat s několika typy autonomních hlásičů rozdělených podle různé detekce nebezpečí například: opticko-kouřový, ionizační kouřový, teplotní nebo kombinovaný opticko-kouřový a teplotní či s detekcí CO.

Všechny autonomní hlásiče jsou vybaveny akustickou signalizací, která je vyhlašována sirénou do několika vteřin od vyhodnocení požárního nebezpečí. Akustická siréna autonomního hlásiče na baterie musí být zajištěna signálem o minimální intenzitě zvuku 85 dB ve vzdálenosti 3 m od hlásiče během první minuty a 82 dB po dobu 4 minut po vyhlášení poplachu. Akustická siréna autonomního hlásiče kouře napájeného ze sítě musí mít intenzitu zvuku ve vzdálenosti 3 m nejméně 85 dB po dobu 4 minut po vyhlášení poplachu. Maximální intenzita zvuku od autonomních hlásičů může být 110 dB [32].

Autonomní hlásiče kouře musí mít vždy záložní nebo vlastní napájecí zdroj. V případě autonomních hlásičů napájených vlastní baterií je instalováno hlášení poruchy, které má uživateli připomenout nízkou kapacitu baterie. Toto hlášení poruchy je signalizováno nezaměnitelným akustickým poruchovým signálem.

2.4.2 Rozhlas

Rozhlas slouží v objektech jako rozhlasové zařízení, které informuje osoby o různých skutečnostech mluveným slovem. Jedná se o sestavu prvků pro přenos a zesílení zvuku. V souvislosti s evakuací se hovoří o evakuačních rozhlasech, na které jsou kladeny specifické požadavky z hlediska montáže, funkčnosti a aktivace. Ve chvíli využití rozhlasu k hlášení nouzové rozhlasové zprávy musí být veškeré provozní ozvučení objektu vypnuto případně ztišeno. Rozhlasové zprávy by měly být stručné, výstižné, srozumitelné a v odůvodněných případech v cizích jazycích. V ČSN 73 08XX jsou využita různá pojmenování tohoto zařízení pro vyhlášení rozhlasové zprávy například: domácí rozhlas, domácí rozhlas s nuceným poslechem a evakuační rozhlas.

Domácí rozhlas je jednoduché rozhlasové zařízení sloužící k zajištění běžného rozhlasového ozvučení v budově a v případě nouzové situace slouží k zajištění plynulé evakuace osob. Jeho funkčnost není vázána na EPS ani jiný systém detekce požáru. Vyhlášení nouzové rozhlasové zprávy zajišťuje zodpovědná osoba například: velitel požární hlídky.

Ovládání domácího rozhlasu je umístěno v prostoru odkud je organizována evakuace osob (vrátnice, ohlašovna požáru). Zařízení domácího rozhlasu s nuceným poslechem musí být funkční i po vzniku požáru a musí umožnit organizaci postupné evakuace.

Evakuační rozhlas je zařízení s nuceným poslechem, které pomocí mluveného slova informuje o nouzové situaci a zprostředkovává instrukce k evakuaci. Evakuační rozhlasové zařízení je napojeno na systém EPS a musí být samočinně aktivováno do 60 s od zjištění požáru ústřednou EPS. Během vyhlášení rozhlasové zprávy je zajištěno automatické vypnutí provozního ozvučení objektu nebo zóny.

2.4.3 Siréna

Akustická siréna patří mezi zařízení, která mohou být napojena na systém EPS nebo mohou fungovat samostatně s detekčním zařízením. Akustický výstražný signál požárního poplachového zařízení musí vyvinout akustický tlak min 85 dB ve vzdálenosti 1 m, a to v závislosti na prostředí ve kterém jsou umístěny. Maximální hladina akustického tlaku zvuku sirény umístěné v objektu může být 120 dB ve vzdálenosti 1 m. Při návrhu akustických sirén se preferuje umístění akustického zařízení v každé místnosti, kde se předpokládá výskyt osob.

V normě ČSN 34 2710 [31] je akustický výstražný signál navržen jako nepřerušovaný tón. Pouze v případech, kdy jsou osoby v objektu seznámeny s příslušným oznámením nouzové situace, může být zvukový signál přerušovaný s kolísavou frekvencí a amplitudou. Schopnost provozu je definována na alespoň 100 h provozu.

2.4.4 Nouzový zvukový systém

Nouzový zvukový systém je rozhlasové zařízení určené k vysílání mluveného slova a akustických signálů určené k vyhlášení nouzového stavu a evakuace. Tento systém může být využíván i pro běžné provozní ozvučení každodenního provozu objektu, avšak primárním účelem je vyhlášení nouzové zvukové signalizace. Nouzový zvukový systém je uveden do režimu nouze zodpovědnou osobou, nebo automaticky po přijetí signálu ze systému EPS detekujícího požár. Nouzový zvukový systém je navrhován dle normy ČSN EN 60849 [33].

Během hlášení evakuace pomocí nouzového zvukového systému musí být vyřazeno provozní ozvučení objektu nebo zóny. Je doporučeno vždy instalovat dva nezávislé obvody rozhlasových reproduktorů v jedné zóně.

Nouzový zvukový systém vyhláší nejprve akustický signál nouze v délce 4-10 s a následně je vyhlášena rozhlasová zpráva. Takto po sobě jdoucí akustické a verbální signály jsou pouštěny ve smyčce, dokud není změněn postup evakuace nebo nejsou manuálně vypnuty. Interval po sobě jdoucích hlášení nesmí přesáhnout 30 s a interval mezi signály vyhlášení nouze nesmí přesáhnout 10 s. V případě, že je použito více akustických signálů, musí být každý jednoznačně odlišen. Všechna verbální hlášení musí být srozumitelná, krátká a nedvojsmyslná. Použitý komunikační jazyk řeči stanoví uživatel.

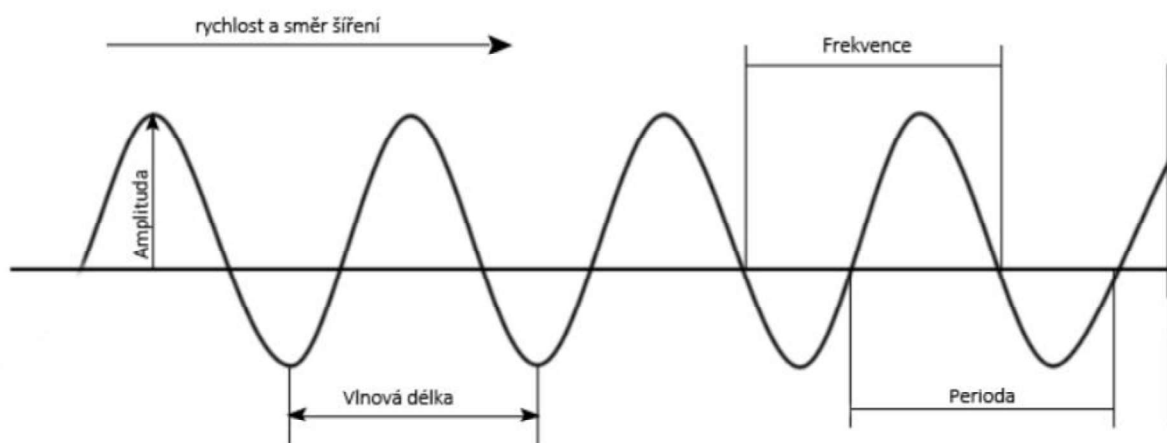
2.5 Analýza vlastností zvuku a lidského sluchu

Abychom správně definovali vlastnosti akustických signálů a vlastnosti akustických zařízení je důležité pochopit vlastnosti zvuku a jeho vnímání lidským sluchem. Zvuk je mechanické vlnění prostředí a každé toto prostředí lze charakterizovat několika parametry, které jsou uvedené v následující kapitole 2.5.1. Člověk je schopný vnímat zvuk v určitých frekvencích pomocí sluchu. Smyslový orgán sluchu je lidské ucho, které se skládá ze tří částí: zevní ucho, střední a vnitřní ucho.

2.5.1 Vlastnosti zvuku

Zvuk je definován jako podélné kmitání elastického prostředí, které je způsobené pohybem zdroje zvuku. Kmitání musí být v rozsahu slyšitelných frekvencí. Z této definice vyplývá, že zvuk je mechanické vlnění v určitém hmotném prostředí, ve kterém je schopen se šířit a je vymezen frekvenčním rozsahem lidského ucha, tedy 16 Hz-20 kHz. Akustické vlnění s nižší frekvencí 16 Hz se nazývá infrazvuk a s vyšší frekvencí 20 kHz se nazývá ultrazvuk.

Zvuk má několik základních vlastností, které jsou charakterizovány fyzikálními a fyziologickými veličinami. Mezi tyto vlastnosti patří frekvence, perioda, rychlost šíření zvukové vlny, vlnová délka, akustický tlak, akustické spektrum a hlasitost [34].



Obr. 7: Schéma frekvenční křivky [35]

Frekvence je vyjádřena matematickým vztahem $1/T$ a vyjadřuje výšku tónu. Frekvence je vyjádřena jednotkou v Hertzech [Hz].

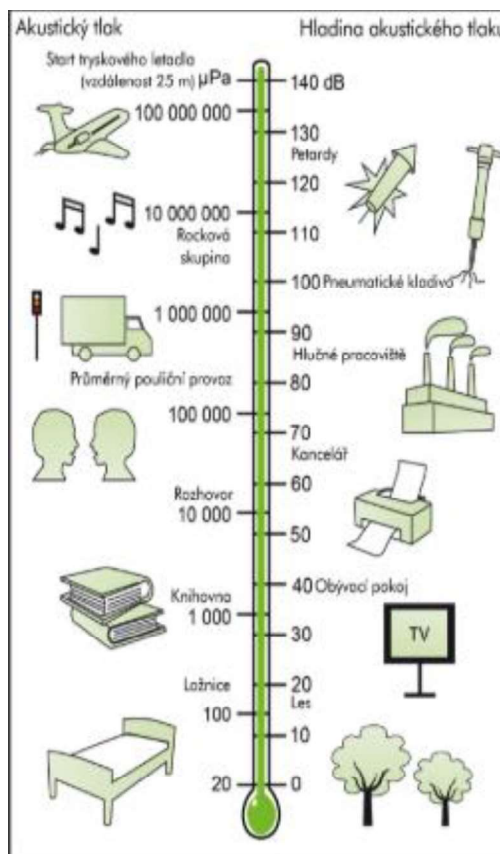
Převrácenou hodnotou frekvence je **perioda**, která vyjadřuje trvání jednoho kmitu za jednotku času vyjádřena veličinou T v *sekundách*.

Rychlost šíření zvukové vlny je vyjádřena veličinou c . V obecném prostředí je hodnota rychlosti šíření zvukové vlny 340 m/s , v prostředí pevných těles například přes ocelovou tyč je tato rychlost 5200 m/s .

Vlnová délka je vyjádřena součinem periody a rychlostí šíření zvukové vlny. Vlnová délka je vyjádření počtu period (vln) na délce 340 m .

Hlasitost je subjektivní vyjádření síly zvuku v závislosti na lidském sluchu. Hlasitost zvuku závisí na frekvenci a intenzitě zvuku. Hlasitost zvuku je vyjádřena citlivostí ucha a je udávána v pascálech $[Pa]$ v praxi v mikropascálech $[\mu Pa]$.

Intenzita zvuku je objektivní vyjádření síly zvuku veličinou I , která je vypočtena z podílu výkonu zvukového vlnění a plochy, kterou vlnění prochází. Intenzita zvuku se udává v belech $[B]$ v praxi v decibelech $[dB]$.



Obr. 8: Zobrazení akustického dojmu různých zvuků [36]

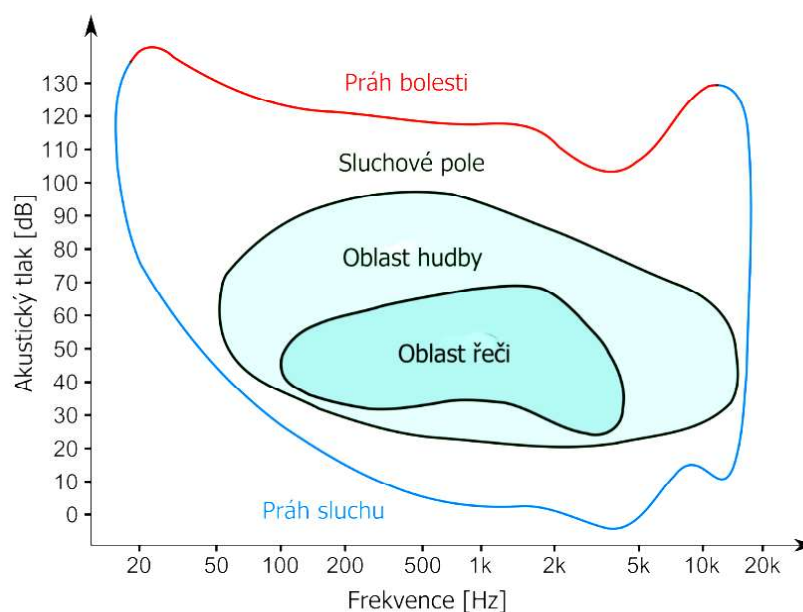
2.5.2 Vlastnosti lidského sluchu

Sluch je jeden z pěti lidských smyslů. U každého jedince je jinak rozvinut a každý jedinec má ojedinelé vnímání zvuku. Hlavními parametry, které jsou rozlišovány lidským sluchem je frekvenční a dynamický rozsah.

Průměrný frekvenční rozsah sluchu bývá uváděn pro zdravého osmnáctiletého člověka. Nejčastější interval bývá uváděn v rozsahu 20 Hz – 20 kHz. S postupně přibývajícím věkem se tento rozsah zužuje především z horní hranice, podstatný vliv na něj má i namáhání sluchu a civilizační nemoci. Komunikačně rozhodující část frekvenčního spektra bývá nazývána řečová frekvence nebo oblast řeči. Tato oblast sluchového pole člověka je v rozsahu 500–2000 Hz. Každá osoba vnímá frekvenci jako výšku tónu a toto vnímání je u každé osoby subjektivní. Hluboké tóny mají nízkou frekvenci a tóny vysoké velkou frekvenci. Určení výšky tónu je

především otázkou vrozeného nadání a cviku. Osoby s tzv. hudebním sluchem obvykle posuzují vztah tónu k jinému a řadí jednotlivé tóny do oktávových stupnic. Oktáva představuje poměr kmitočtu 2:1. Je zajímavé, že tzv. hudební sluch je zcela odlišný od sluchu obecného. I hluché osoby byly schopny skládat hudební díla a jiné velmi dobře slyšící osoby nejsou schopny hudbu vnímat a reprodukovat [34].

Dynamický rozsah ucha je 0–120 dB. Tyto hodnoty vycházejí z prahu slyšení a z prahu bolesti. Pro různé frekvence se citlivost liší, komplexně je znázorněna křivkou prahu sluchu a křivkou prahu bolesti. Lidské ucho je nejcitlivější na zvuky s kmitočtem 3kHz. Člověk uchem nevnímá hlasitost zvuku lineárně, ale logaritmičticky [37].



Obr. 6: Graf znázorňující sluchové pole člověka [38]

Pokud přicházejí do sluchového ústrojí dva různé zvuky vniklé z různých podnětů v rozdílných hladinách intenzity zvuku vzniká takzvané **maskování** [39]. Ve sluchovém ústrojí dochází k podráždění způsobené jedním zvukem a převládne natolik, že druhý zvuk zeslabí nebo výrazně potlačí, zejména jedná-li se o zvuk o nižším akustickém tlaku a vyšší frekvenci. Maskování zvukových vjemů je způsobeno činností nervových buněk [40]. Přenos vjemu trvá nervovým buňkám několik milisekund. V případě, kdy dochází k podráždění nervových synapsí ve velmi krátkých intervalech (během několika milisekund), nejsou schopny buňky reagovat a interpretovat další zvukový vjem. Podmínkou maskování je příchod maskujícího a maskovaného zvukového vjemu na stejná nervová zakončení.

V praxi se maskování využívá k maskování lidského hlasu nebo hluku vnějšího prostředí například městské dopravy. Je využíván takzvaný **bílý šum**. Bílý šum je signál, který je složen z široké škály frekvencí o rovnoměrném akustickém tlaku. Prakticky je bílý šum využíván v sirénách pohotovostních vozidel. Díky schopnosti maskování je pro okolí snazší určení směru zdroje signálu sirény [41].

2.6 Pozorované vlastnosti signálů a hlasových zpráv z pohledu norem

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.4 k vyhlášení evakuace jsou využívána různá zařízení – rozhlas, sirény nebo nouzový zvukový systém. Vlastnosti každého z těchto prostředků jsou specifikovány v určitých normách. Z pohledu produkovaného zvuku jsou pozorovány vlastnosti např.: srozumitelnost mluveného slova, rozsah frekvence a hlasitosti, časové rozložení hlášení, vícejazyčnost a čitelnost.

2.6.1 Rozhlas

Pro rozhlasové zařízení jsou v příslušných normách a bezpečnostních předpisech popsány postupy posuzující určité vlastnosti akustických záznamů. Mezi tyto vlastnosti patří jazykový test, test čitelnosti a sekvence výstražného signálu a rozhlasové zprávy.

Jazykový test je charakterizován zahraničním bezpečnostním předpisem NIST¹. Testování jazyka slouží pro vyhodnocení interpretace obsahu hlasové zprávy nezávislému jedinci. Mezi pozorované vlastnosti patří rychlost čtení rozhlasové zprávy, která je omezena na maximální rychlost 175 slov za minutu. Osoba, která zprávu čte, by neměla mít přízvukový akcent. Naléhavost zprávy by měla odpovídat míře nebezpečí. Jazykový test je prováděn na nezávislých jedincích, kteří vyplňují rozsáhlý dotazník sestavený řešitelem, který obsahuje dotazy na pochopitelnost, možnou použitelnost a předpokládané nouzové scénáře [14].

Čitelnost je charakterizována zahraničním bezpečnostním předpisem NIST¹. Další zahraniční metodou pro testování vhodnosti navržených zpráv je test čitelnosti. Tento test je využíván k měření hladiny jednoduchosti čtení textu. Tato metoda je testována pomocí různých statistických přístupů a výpočetních vzorců pomocí přístupných softwarů a aplikací. Cílem je stanovit stupeň porozumění textu, který je závislý na průměrném věku a vzdělání předpokládaných čtenářů a posluchačů. Jedním z možných testů je Flesch-Kincaidův test čitelnosti, který vypočítává míru jednoduchosti čtení na základě počtu slov, slabik a vět v daném textu. Stupeň jednoduchosti určený pro nouzové evakuační zprávy by měl být odpovídající pro osoby se základním vzděláním.

Sekvence výstražného signálu a vysílané zprávy je popsána v normě ČSN EN 54-3/A2. Je zde využíváno pojmenování hlasové sirény specifikované vlastnostmi pro rozhlasovou zprávu. Rozhlasové zprávy jsou předem nahrány vhodnou a zaučenou osobou pro použití mikrofonů. Nahrávání záznamu musí být profesionálně provedeno v místnosti s kontrolovaným akustickým prostředím tzn. s hladinou akustického tlaku A okolního šumu menší než 30 dB a s dobou ozvěny menší než 0,5 sekundy od 150 Hz do 10 kHz. Hlasová siréna je svým sekvenčním řazením podobná nouzovému zvukovému systému dle ČSN 60849. Sekvenční řazení hlasové sirény je znázorněno v Tab. 4.

¹ NIST – National Institute of Standards and Technology – Národní institut standardů a technologie (USA)

Výstražný signál - trvající 2 s až 10 s
následován:
Krátkou pauzou - trvající 0,25 s až 2 s
následována:
Vysláním zprávy ^{a)}
následováno:
Pauzou ^{b)} - trvající 0,25 s až 5 s
^{a)} Doba mezi začátkem každá opakované zprávy nesmí přesáhnout 30 s
^{b)} V určitých souvislostech, může být doba pauzy delší, než je uvedeno. Například v prostorech s dlouhými dobami ozvěny, ale nesmí být taková, aby doba mezi začátkem každé opakované zprávy přesáhla 30 s

Tab. 4: Tabulka C.1 - Sekvence tónů a zpráv, převzato [42]

2.6.2 Siréna

Požadavky na zařízení sirén jsou uvedeny v normě ČSN EN 54-3 [42]. Mezi tyto popsané vlastnosti patří meze charakteristických frekvencí a tlaků.

Meze frekvenční charakteristiky jsou popsány v normě ČSN EN 54-3. Norma zahrnuje zvuky, které jsou tvořeny z různých frekvencí, a proto nestanovuje minimální a maximální frekvenci. Norma uvádí požadavek na výrobce zařízení, každé zařízení musí být označeno hlavní frekvencí a frekvenčním rozsahem.

Meze charakteristického tlaku je popsána také v normě ČSN EN 54-3. Výrobce může uvést různé hladiny akustických tlaků pro provoz za různých podmínek například při různých rozsazích napětí. Hladina akustického tlaku musí při zkouškách zařízení vykazovat minimální hladinu akustického tlaku A 65 dB v jednom směru a nesmí přesáhnout 120 dB v jakémkoliv směru.

2.6.3 Nouzový zvukový systém

Nouzový zvukový systém je navrhován dle ČSN EN 60849 [33]. Na rozdíl od projekčních norem z řady ČSN slouží tato norma pro charakteristiku záznamu a zařízení. Mezi posuzované vlastnosti tohoto systému patří slyšitelnost nouzových signálů, jazyk hlášení, časové rozložení hlášení a srozumitelnost mluveného slova, která je charakterizována mnoha metodami měření, které jsou dále uvedeny.

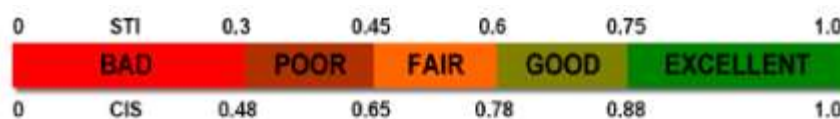
Slyšitelnost nouzových signálů je pozorována na úvodních signálech zajišťujících upoutání pozornosti. Nouzové signály použité před hlášením rozhlasové zprávy musí splňovat minimální a maximální slyšitelnost. Absolutně nejmenší hladina zvuku je stanovena na 65 dBA a v objektech, kde je předpokládán spánek osob je tato hladina zvýšena na minimálních 75

dBa. Maximální hladina zvuku je stanovena na 120 dBA. V prostředích s trvalým hlukem musí být nouzový signál silnější než je trvalý hluk a to o 6–20 dBA.

Použitý jazyk hlášení stanoví uživatel. V normě není specifikován požadavek na použití úředního jazyka ani na vícejazyčnost.

Časové rozložení hlášení je definováno v určitém pořadí. Před prvním hlášením musí předcházet akustický signál v délce 4-10 sekund. Dále bez předepsané pauzy následuje hlášení hlasové zprávy. Interval mezi po sobě jdoucími hlášeními nesmí přesáhnout 30 sekund a akustický signál musí být spuštěn vždy po přesáhnutí 10 sekund. V případech, kdy je k hlášení využíváno více akustických signálů, musí být jasně rozlišeny dle zdroje nebezpečí.

Srozumitelnost mluveného slova je definována jako míra vzájemného poměru obsahu hlasové zprávy, která může být správně pochopena. Srozumitelnost je zjišťována pomocí měření subjektivního testování a pomocí metody měření akustických vlastností prostoru. Požadavek na hladinu srozumitelnosti se liší dle účelu prostředí, například v administrativní budově může být srozumitelnosti řeči na stupnici CIS (Common Intelligibility Scale) definována v rozsahu 0,6 – 0,7, ale v objektu se shromažďovacím prostorem například nákupním centru musí být hodnota srozumitelnosti stanovena stupnicí CIS větší 0,7. CIS je společné měřítko srozumitelnosti, kterým jsou vyjádřeny korelační výsledky měřících metod srozumitelnosti.



Obr. 9: Vyjádření srozumitelnosti pomocí hodnot CIS (Common Intelligibility Scale) a STI (Speech Transmission Index), převzato [43]

V normě ČSN EN 60849 je uvedeno několik možných metod na měření srozumitelnosti řeči. Mezi tyto metody patří výpočet indexu přenosu řeči (STI), rychlý index akustického přenosu řeči (RASTI), metoda vyhodnocování foneticky vyvážených slov (PB), zkouška modifikovaným rýmem (MRT), index artikulace (AI) a artikulační ztráta samohlásek (ALcons).

STI a RASTI jsou metody, které vychází z měření přenosové funkce v určitém prostředí. Tyto metody pozorují změnu obálky signálu po přidání šumu a dozvuku. Pro měření je se využívá vysílač a přijímač, kde vysílač zajišťuje vysílaný signál simulující lidskou řeč. Výhodou těchto metod je uvažování odrazů v měřeném prostředí, díky kterým je možné vyhodnocení doby dozvuku. Nevýhodou je složitost, doba měření a silně obtěžující hluk z vysílače. Měření bývá často znehodnoceno maskováním šumem.

Metoda vyhodnocování foneticky vyvážených slov (PB) a metoda zkoušky modifikovaným rýmem (MRT) patří mezi metody subjektivní. Metody jsou založeny na přenosu vybraných slov, které jsou použity v nosných frázích. Vyhodnocení obou metod je založeno na příjmu slov posluchači a jejich subjektivním vyhodnocením.

Pro výpočet artikulačního indexu (AI) je potřeba znát spektrum hluku a řeči. Spektrum hluku je možné zjistit měřením, spektrum řeči je možné stanovit na základě hodnot v normě nebo také pomocí měření. Pro vyhodnocování hluku je vhodné využít referenční spektrum řeči dané normou, čímž se zajistí vždy stejný výchozí stav. Artikulační index je vypočtená hodnota z naměřeného spektra hluku vztažená na třetinu oktávová referenční pásma řeči. Srozumitelnost je hodnocena jako velmi dobrá při $AI = 100 \%$ a naopak velmi špatná v případě, kdy se blíží k 0% .

Artikulační ztráta samohlásek (ALcons) je metoda výpočtu srozumitelnosti vycházející z měření přímých a odražených zvuků. Výsledek udává procentuální ztrátu souhlásek, a čím je hodnota nižší, tím je srozumitelnost lepší.

2.7 Přehled návrhu systému evakuačního ozvučení v závislosti na provozu objektu

Návrh prostředků a postupů během evakuace objektu je zpracován v požárně bezpečnostním řešení objektu. V případě, kdy je návrh proveden dle preskriptivního přístupu je tento návrh řešen dle předpisů příslušných norem.

České projektové normy dělíme na základní neboli kmenové, projektové, předmětové, hodnotové a normy pro zkoušení a klasifikaci. Dle základních norem dělíme objekty na provozy nevýrobní [5] a výrobní [6]. Tyto základní normy jsou nadřazeny normám projektovým, které upřesňují požadavky na specifické druhy staveb podle provozů např.: (budovy pro bydlení a ubytování, shromažďovací prostory, zdravotnická zařízení, zemědělské objekty). Stanovení vybavení objektu zařízením pro vyhlášení evakuace je řešeno dle požadavků norem projektových a kmenových. Jejich požadavky pro konkrétní provozy objektů jsou vypsány v souhrnné Tab. 5.

Problematikou českých ale i zahraničních norem jsou nesjednocené názvy zařízení a systémů sloužící k vyhlášení poplachu. V ČSN se vyskytuje několik různých pojmů pro tuto tematiku například: domácí rozhlas, domácí rozhlas s nuceným poslechem, poplašné akustické signalizační zařízení, nouzový zvukový systém nebo zařízení dle ČSN EN 60849.

Norma	Požadavky	Požadovaný druh zařízení	Článek
ČSN 73 0804	navržena postupná evakuace počet osob ($E \times s$) ≤ 300 osob charakter provozu, rozptýlenost osob	zařízení podle ČSN EN 60849 poplašné signalizační zařízení (akustické) domácí rozhlas s nuceným poslechem	10.20. Technická zařízení k řízení evakuace
ČSN 73 0802	navržena postupná evakuace a počet osob ≤ 200 shromažďovací prostory ve VP2, VP3 a větší než 2SP/VP1 vysoké požární riziko a je to požadavek HZS určuje příslušná norma ČSN 73 08XX	zařízení podle ČSN EN 60849, ČSN EN 60846 domácí rozhlas	9.17. Zvuková zařízení (domácí rozhlas)
ČSN 73 0833	OB1 OB2 – každá buňka (byt) OB2 s $h \geq 45m$ OB3 pokud není EPS OB3 s 3.NP a více nebo minimálně 55 osob mezi 1.NP-8.NP OB3 pokud je EPS OB4 bez EPS OB4 s více než 75 osobami nebo s $h \geq 22,5m$ = EPS v objektu OB4 s 3.NP a více a zároveň s více jak 75 osobami	autonomní detekce a signalizace autonomní detekce a signalizace vyhlášení poplachu pomocí EPS autonomní detekce a signalizace doporučuje se NZS dle ČSN EN 60849 předpokládá se akustické a vizuální vyhlášení poplachu autonomní detekce a signalizace předpokládá se samočinné vyhlášení poplachu nouzovým a zvukovým a vizuálním systémem dle ČSN EN 60849	Zařízení pro protipožární zásah
ČSN 73 0835	AZ 2 pokud je počítáno s více než 100 osobami = EPS v objektu LZ 2 (kromě provozů s jedinou lůžkovou jednotkou) LZ 2 s více než 50 dospělými pacienty = EPS v objektu LZ 2 s více než 30 dětskými pacienty = EPS v objektu Zařízení soc. péče – pečovatelské domy s více než 50 dospělými pacienty = EPS v objektu, PÚ vybaveny samočinnými hlásiči Zařízení soc. péče – ústavy soc. péče s více než 50 dospělými pacienty = EPS v objektu, PÚ vybaveny samočinnými hlásiči	vyhlášení poplachu pomocí EPS, EPS funkční v době pro pacienty domácí rozhlas vyhlášení poplachu pomocí EPS vyhlášení poplachu pomocí EPS vyhlášení poplachu pomocí EPS vyhlášení poplachu pomocí EPS	6.5. Požárně bezpečnostní zařízení 8.4.5.3 Provedení a vybavení ÚC 8.6. Požárně bezpečnostní zařízení 9.7. Požárně bezpečnostní zařízení 10.7. Požárně bezpečnostní zařízení
ČSN 73 0845	v PÚ s EPS musí být samočinné a dálkové ovládání zvukového signálu dálkové ovládání pokud je délka NÚC delší 40 m	vyhlášení poplachu pomocí EPS vyhlášení poplachu pomocí EPS	9.10 Únikové cesty
ČSN 73 0831	shromažďovací prostory ve VP2, VP3 a větší než 2SP/VP1 menší SP s provozním ozvučením	nouzový zvukový systém domácí rozhlas s nuceným poslechem	5.3.6.10 Provedení a vybavení ÚC

Tab. 5: Souhrn požadavků na zařízení k vyhlášení evakuace dle ČSN norem

Z Tab. 5 jsou zřejmé nesjednocené názvy zařízení k vyhlášení evakuace, například: v kmenové normě ČSN 73 0802 je pro shromažďovací prostory uvedeno jako zařízení k vyhlášení evakuace domácí rozhlas, zařízení podle ČSN EN 60849 a ČSN EN 60846 a v projektové normě pro shromažďovací prostory ČSN 73 0831 je požadavek instalace zařízení nouzového zvukového systému a není zde žádný odkaz na normu ČSN EN 60849.

2.7.1 Návrh vyhlášení evakuace v konkrétních provozech dle ČSN

Každý objekt je odlišný, a proto je důležité vždy zhodnotit návrh evakuace a prostředků k vyhlášení nouzového stavu. Z historického hlediska se nouzový stav hlásil zvoláním, například: „Hoří! Hoří!“, tento pokyn byl všeobecně známý k zahájení evakuace a akce hašení. V dnešní době jsou nové a rekonstruované objekty vybavovány zařízením dle právě platných předpisů. V objektech, kde není požadována instalace samočinného zařízení případně domácího rozhlasu je evakuace objektu vyhlášována dle požární poplachové směrnice objektu, která je součástí dokumentace požární ochrany.

Metoda vyhlášení poplachu k evakuaci by měla odpovídat požadavku na reakci osob nacházejících se v objektu. V některých případech může být prioritní informovat o poplachu proškolenou obsluhu, která až na základě ověření rozhodne o evakuaci objektu nebo prostorů, které jsou mimořádnou událostí ohroženy.

Pokud projektová nebo kmenová norma stanovuje způsob vyhlášení pomocí EPS a není definováno určité zařízení je z pravidla přihlíženo na složitost evakuačních poměrů požárního úseku nebo celého objektu. Objekty lze rozdělit na dvě skupiny dle složitosti evakuačních poměrů.

2.7.1.1 Objekty jednoduchých poměrů k evakuaci

Objekty jednoduchých poměrů k evakuaci jsou takové objekty, které jsou přítomným osobám dobře známé například: rodinné domy, bytové domy s výškou do 45 m. V objektech, kde není požadován systém EPS je navrženo instalovat zařízení autonomní hlásiče kouře, které zajistí detekci a zároveň vyhlášení akustického signálu v prostoru, kde byl požár detekován. Autonomní hlásič se instaluje do místnosti vedoucí k východu z bytu (předsíň), na každých 150 m² má být umístěn jeden hlásič. V případě, kdy je objekt jednoduchých evakuačních poměrů [44, 45] vybaven zařízením EPS, bývá evakuační ozvučení zajištěno sirénou. Pokud projektová nebo kmenová norma stanovuje způsob vyhlášení pomocí EPS a není definováno určité zařízení je z pravidla přihlíženo na složitost evakuačních poměrů.

2.7.1.2 Objekty složitých poměrů k evakuaci

Objekty, kde nejsou jednoduché podmínky pro zásah a evakuaci, se vybavují EPS. Pomocí EPS lze nouzový stav vyhlásit evakuačním rozhlasem, sirénou nebo nouzovým zvukovým systémem.

Detekce a vyhlášení poplachu může být v objektu rozděleno do konkrétních zón. Detekci požárního nebezpečí zajišťuje systém EPS pomocí samočinných nebo tlačítkových hlásičů.

Například v projekční normě pro budovy zdravotnických zařízení a sociální péče [44], normě pro sklady [45] a v objektech OB2 nad 45 m výšky dle [46] je uveden požadavek na vyhlášení nouzového stavu pomocí EPS. Konkrétní způsob vyhlášení evakuace není definován a bývá stanoven na základě zhodnocení složitosti evakuačních poměrů. Může zde být využit evakuační rozhlas, zvuková siréna i nouzový zvukový systém. Zároveň je doporučeno instalovat v každé obytné buňce [44, 46] autonomní hlásič.

Požární úseky posuzované jako shromažďovací prostory dle ČSN 73 0831 [47] nacházející se ve výškovém pásmu VP 2 a VP 3 nebo v případě větších jak 2 SP ve výškovém pásmu VP 1 mají být vybaveny zvukovým zařízením k evakuaci v podobě nouzového zvukového systému, zároveň je zde doporučení vícejazyčné hlasové zprávy. V normě [47] je částečně popsán návrh tohoto systému a zároveň poznámka o nahrazení tímto systémem dřívější evakuační rozhlas s nuceným poslechem. Není nikde uveden požadavek na návrh dle ČSN EN 60849, která popisuje technické vlastnosti a instalaci zařízení nouzového zvukového systému. Naopak kmenové normy [5, 6] se o vyhlášení požáru v prostorech považujících za shromažďovací vyjadřují jakožto o vyhlášení zařízením dle ČSN EN 60849.

Nouzový zvukový systém, zařízení dle ČSN EN 60849 a domácí rozhlas jsou navrhovány pro možnost zajištění postupné evakuace. Využívá se v objektech, kde se předpokládá neznalost prostorů (shromažďovací prostory, budovy pro ubytování, nemocnice). Nouzový zvukový systém je doplněn vizuální signalizací a zároveň je objekt střežen kamerovým systémem pro zajištění kontroly postupné evakuace.

2.7.2 Návrh vyhlášení evakuace v objektech dle zahraničních norem a předpisů

V této kapitole jsou uvedené požadavky na způsoby vyhlášení evakuace v různých zahraničních normách. Jsou zde uvedeny požadavky na vyhlášení evakuace v USA, Kanadě a státech v Evropě.

Spojené státy americké a Kanada

Zařízení a systém vyhlášení nouzových situací je řešen dle normy ISO 8201 [48] (NFPA², 2009). Tato norma uvádí konkrétní signál T-3 (Temporal-Three), který se skládá ze tří krátkých fází zvuku v délce $0,5 \pm 0,05$ sekund a fáze ticha v délce $1,5 \pm 0,15$ sekund. Norma ISO 8201 neupřesňuje požadavky na to, jakou frekvenci by měl tento signál mít. NFPA určuje požadavek na frekvenci tohoto signálu o 520 Hz +/- 10 %. Signál T-3 je standardizovaným signálem pro všechny novostavby a rekonstruované objekty na území států USA a Kanady od roku 1996.

² NFPA – National Fire Protection Association – Národní sdružení protipožární ochrany

Velká Británie

Britská norma (BSI³, 2002) na zvukové signály specifikuje dva různé pojmy – evakuační alarmy a výstražné alarmy. Evakuační alarmy by měly mít frekvenci mezi 500 Hz a 1000 Hz, v případě instalace tohoto zařízení do prostředí s vysokým hlukem jsou povoleny vyšší frekvence. Signál evakuačního alarmu by měl být spojitý. Výstražný alarm by měl být složen z fází zvuku a ticha. Obě tyto fáze by měly být stejně dlouhé $1,0 \pm 0,5$ sekundy. Pro výstražný alarm není stanovena frekvenční hranice.

Německo

Německá norma (DIN⁴, 1982) specifikuje akustický alarm jako nepřetržitý signál složený ze zvuku s klesající frekvencí. Délka zvukové vlny by měla být $1,0 \pm 0,1$ sekundy. Signál začíná na nejvyšší frekvenci a lineárně klesá na nejnižší frekvenci. Takto se signál nepřetržitě opakuje bez fáze ticha. Horní hranice frekvence je 1200 ± 120 Hz a dolní hranice frekvence je stanovena v rozsahu 500 ± 50 Hz.

Nizozemsko

Nizozemská norma (NEN, 2009) uvádí zvukový signál k evakuaci zvaný v angličtině „Slow whoop“, což je alarm s pomalu narůstajícím a zvyšujícím se frekvencí. Signál je složen ze dvou fází, fáze zvuku trvá 3,5 sekundy a následuje 0,5 sekundy fáze ticha. Tato sekvence se cyklicky opakuje. Počáteční frekvenční rozsah je 500–700 Hz a lineárně stoupá na frekvenční rozsah 1200–1400 Hz.

Švédsko

Švédská norma (SIS, 1980) rozděluje signály dle jejich oblasti použití. Evakuační alarm by měl mít frekvenci signálu v rozsahu 200–800 Hz. Signál by měl být složen z rychle pulzujících tónů. Doba zvuku by se měla střídát s dobou ticha. Doba zvuku by měla být maximálně 0,2 sekundy a doba ticha v rozmezí 0,35–0,7 sekundy. Akustický signál pro místní varování nemá stanoveny požadavky na poměr pulzů zvuku a ticha, ale frekvenční rozsah signálu je stanoven v rozmezí 300–700 Hz.

2.7.3 Princip postupu návrhu systémů, zařízení a akustických signalizací k vyhlášení evakuace objektu

Návrh zařízení nebo systému k vyhlášení nouzové situace pomocí akustické signalizace musí být v souladu s právními závaznými předpisy. Vyhláška č. 23/2008 Sb. O technických podmínkách požární ochrany staveb [32] předepisuje pro konkrétní objekty a provozy nutnost instalace zařízení, které má sloužit k vyhlášení požárního poplachu. Zpracovatel PBŘ rozdělí objekt

³ BSI – British Standards Institution – Společnost vydávající Kodex požárních poplachových systémů

⁴ DIN - Deutsches Institut für Normung – Německý institut pro normalizaci, Specifikace pro poplachové systémy pro požár

na požární úseky a v souladu s požárním kodexem navrhne zařízení nebo systém akustické signalizace.

Zpracované PBR je podkladem pro projektanta koncových prvků a systémů (EPS a ozvučení). Projektant EPS a ozvučení vychází z požadavku druhu zařízení nebo systému a určuje umístění a vlastnosti tohoto zařízení. V mnoha případech určuje projektant konkrétní výrobek od certifikovaného výrobce, které bývá zpravidla vybaveno jedním nebo více již předdefinovaných zvukových signálů a hlasových smyček. Ve většině případech je toto zařízení instalováno se zakoupenou hlasovou smyčkou nebo předvoleným akustickým signálem. Konkrétní akustický signál je vybrán technikem, který zajišťuje instalaci, kontroly a funkční zkoušku. Oslovení technici, kteří tato zařízení instalují a vykonávají revize, potvrdili tyto postupy. Z pravidla je prioritou přiřadit k signalizaci požárního poplachu takový signál, který nebude zaměnitelný s jiným provozním ozvučením. Oslovení příslušníci HZS ČR se shodují na problematice těchto předinstalovaných akustických signalizací, které nemusí být vhodné pro konkrétní objekt, zejména u hlasových zpráv může být obsah informací nedostatečný.

Hlavním problémem, který vnímají všichni oslovení odborníci – projektanti PBR, projektanti EPS i pracovníci HZS ČR, je neucelenost pojmenování a popisu vlastností zařízení. Osobně musím zhodnotit, že se v mnoha případech dotazovaní odborníci neshodli na vlastnostech domácích a evakuačních rozhlasů, někteří považují tyto rozhlasy za shodné se zařízením nouzového zvukového systému. Pojem domácí rozhlas s nuceným poslechem je označení, které se vyskytuje pouze v normách pro požární bezpečnost staveb a pro návazné projekční profese je to nespecifikovaný pojem.

Projektanti EPS a zařízení ozvučení a příslušníci HZS ČR mají společný problém týkající se funkčních zkoušek. V případech, kdy projektant PBR rozdělí budovu na požární úseky a v budově vzniknou požární úseky, které se budou navrhovat dle různých projekčních norem, například: požární úsek posouzen jako shromažďovací prostor s požadavkem na instalaci evakuačního ozvučení v podobě nouzového zvukového systému a zároveň je v budově úsek, na který je vztažen požadavek k instalaci akustického poplašného zařízení (sirény). V takovýchto objektech může docházet k negativní průzvučnosti mezi těmito prostory a důsledkem je znehodnocení účinků vyhlášení evakuace. Takto popsany objekt může být například vysoká škola, kde jsou posluchárny pro velké množství osob a zároveň prostory menších tříd a kanceláří.

Toto negativní ovlivnění je kontrolováno během funkční zkoušky. Kontrolní orgán (HZS ČR) zpravidla kontroluje hlasitost a srozumitelnost mluveného slova. V případě, kdy navržený stav nevyhovuje provozním podmínkám je nutná jeho úprava. Bohužel funkční zkoušky jsou zpravidla realizovány za nestandardních podmínek v prázdném objektu před kolaudací. Hlavní problematikou prázdných objektů je nízká pohltivost a vysoká průzvučnost konstrukcí. Po vybavení objektu dochází ke zvýšení pohltivosti zvuků a snížení slyšitelnosti nainstalované akustické signalizace.

Na základě skutečností, které se týkají postupů návrhu, výběru a instalace zařízení a systémů sloužící k vyhlášení evakuace v objektech byl proveden průzkum skutečného provedení akustických signalizací v objektech. Bylo vybráno 20 objektů různých provozů, kde se na základě ČSN navrhuje akustické zařízení. Průzkum probíhal rozhovory s majiteli a provozovateli objektů. Byla pokládána základní otázka, zda je jejich objekt vybaven zařízením EPS a jakým způsobem je vyhlášována nouzová situace v objektu. Z průzkumu bylo zjištěno, že majitelé nebo provozovatelé objektů vědí, zda mají v objektu instalovaný systém EPS, ale ve většině případů nevědí, jakým způsobem je vyhlášován nouzový stav. Část dotazovaných dokázala identifikovat, zda se jedná o akustický signál nebo verbální zprávu, ale neměli informace ani podklady, které by určovaly, jaké konkrétní zařízení je instalováno a jaký konkrétní hlasový záznam nebo akustický signál je použit pro ohlášení poplachu. Z tohoto průzkumu vyplývá neznalost vyhlášení poplachu majiteli a provozovateli objektů. Na základě tohoto průzkumu nebylo možné určit konkrétní akustické signály a jejich míru využití v objektech k vyhlášení evakuace. Na základě těchto zjištění byly navrženy praktické experimenty, které měly za cíl zjistit nejvhodnější návrh akustického signálu a rozhlasové zprávy.

3 Praktické poznání vlastností akustických signalizací k vyhlášení evakuace

Praktická část diplomové práce se zabývá vyhodnocením ideální akustické signalizace. Praktická část je rozdělena na dvě části: hlasové zprávy a akustické signály. Každá tato akustická signalizace je zpracována v samostatné kapitole. V kapitole 3.1 jsou uvedeny praktické poznatky k hlasovým zprávám a v kapitole 3.2 následuje praktická část zabývající se akustickými signály. V úvodu každé části jsou shrnuty charakteristické vlastnosti posuzované akustické signalizace. Dále je popsán výzkumný experiment, který slouží k získání informací o povědomí a představě osob ohledně způsobu vyhlášení evakuace. V závěru jsou uvedeny poznatky a shrnutí ze získaných dat.

Experimenty pro obě části byly navrženy shodným způsobem. Data z experimentů byla shromažďována pomocí dotazníků v papírové podobě, které byly vyplňovány respondenty osobně. Experimenty probíhaly ve vzdělávacích institucích v období od 4.11 – 22.11.2019, v místnostech s 4-30 účastníky. Účastníci experimentu měli na výběr, zda se chtějí účastnit experimentu na hlasové zprávy nebo akustické signály nebo obou experimentů. Otázky v experimentu byly vždy uzavřené a některé byly vyplňovány na základě poslechu. Akustické záznamy sloužící k poslechu byly vybrány z poskytnutých nahrávek odborných firem zabývajících se projekcí EPS a podružných zařízení. V rámci každé části experimentu byly použity dvě skupiny testů označené „A“ a „B“. Obě skupiny měly totožnou podobu papírového testu s rozdílným pořadím akustických záznamů každé otázky. Využitá pořadí akustických záznamů experimentu hlasových zpráv jsou popsána v kapitole 3.1.2.6 a akustických signálů v kapitole 3.2.2.4. Výsledky testů „A“ a „B“ byly sloučeny, porovnány statistickou metodou a vyhodnoceny do grafů.

Princip experimentů byl schválen Komisí pro etiku ve výzkumu Českého vysokého učení technického v Praze pod jednacím číslem 0000-03/19/51902/EKČVUT.

3.1 Experiment a průzkum obsahu a vlastností hlasových zpráv vyzývajících k evakuaci objektu

V úvodu této kapitoly je uvedeno shrnutí vlastností hlasových zpráv na základě literární rešerše. Dále jsou uvedeny popis a výsledky řízeného experimentu, který se zabýval charakteristikou ideální hlasové zprávy.

3.1.1 Analýza zvukových záznamů hlasových zpráv pro vyhlášení evakuace

Domácí rozhlas, evakuační rozhlas nebo nouzový zvukový systém, všechna tato vyjmenovaná zařízení slouží pro vyhlášení nouzového stavu v objektech pomocí verbální hlasové zprávy nebo kombinace akustického signálu a rozhlasové zprávy. Tyto zprávy mohou být předem

připravené, nahrané na záznamník a při vyhlášení evakuace pouze přehrány nebo mohou být v daný okamžik vyhlášení řečeny pověřenou osobou nebo požární hlídkou.

3.1.1.1 Ideální vzorec pro obsah evakuační hlasové zprávy

V literární rešerši jsou zmíněny studie zabývající se obsahem rozhlasových zpráv [12, 14, 17, 19, 20]. Příslušníci HZS ČR vnímají hlavní problematiku rozhlasových zpráv v jejich obsahu a srozumitelnosti mluveného slova. V reálné situaci si provozovatel objektu zakoupí zařízení, které má již nahrané různé hlasové zprávy. Zde vzniká problém, že zprávy nejsou sestaveny přímo na konkrétní provoz a situaci objektu. V rámci norem platných v České republice není uveden požadavek, co má hlasová zpráva obsahovat a je uvedeno pouze doporučení na vícejazyčné hlášení v případech kdy je to pro provoz objektu nezbytné např.: (letiště, nádraží, nákupní centra).

Oslovení odborníci mají rozdílný názor na obsah zprávy a větší část nesouhlasí s uvedením důvodu evakuace. Na základě literární rešerše je známé, že uvěřitelný a reálný důvod k evakuaci je pro osoby podnět pro rychlejší zahájení evakuace. Některé studie se dokonce shodují na zkrácení předevakuační doby, pokud je ve zprávě obsaženo slovo požár. Na základě literární rešerše byl sestaven vzorec ideální hlasové zprávy k evakuaci.

Zpráva by se měla skládat ze tří částí dle studie [12] nebo ze čtyř dle studie [20]. Před obsahem samostatného sdělení by měla být upoutána pozornost osob v objektu. Upoutání pozornosti může být zajištěnou akustickým signálem nebo žádostí o pozornost. Následně by mělo být oznámeno zdůvodnění hlášení a na závěr je vhodné informovat o možnostech únikových cest a dalších pokynech k evakuaci. Zpráva by měla být řečena klidným důvěryhodným hlasem bez logopedických vad a přízvuku ve stručných a jednosmyslných větách. Zpráva by měla obsahovat slovo požár, požární poplach nebo hoří a lokalizaci této havárie. Hlasová zpráva by neměla obsahovat více jak 5 pokynů a informací, a měla by být v určitých frekvencích opakována do doby ukončení evakuace.

Vzorec pro ideální zprávu:

- Stručné a jednoduché věty, které budou dobře srozumitelné a jednosmyslné.
- Maximálně 5 klíčových informací.
- Složena ze čtyř fází:
 - Akustické upoutání pozornosti.
 - Slovní upoutání pozornosti.
 - Vysvětlující část důvodu hlášení.
 - Instruktažní část o postupu.
- Poskytovat pravdivé informace na základě vzniklé situace.
- Sdělovatel by měl mít klidný a důvěry hodný hlas bez logopedických vad.

3.1.1.2 Pozorované vlastnosti hlasových zpráv

Právní předpisy a normy určují několik vlastností hlasových zpráv, které musí být splněny. Hlasové zprávy využívané pro experimenty splňují požadované vlastnosti dle normy ČSN EN 60849.

Mezi tyto vlastnosti patří:

- Jazykový test – zahraniční normy.
- Srozumitelnost mluveného slova, dle ČSN EN 60849.
- Časové / sekvenční rozložení hlášení, dle ČSN EN 60849 a ČSN EN 54-3/A2.
- Čitelnost – zahraniční normy.
- Vícejazyčnost – ČSN EN 60849.

3.1.2 Řízený experiment

Na základě literární rešerše bylo zjištěno, že žádný závazný předpis ani české technické normy neupřesňují, jak by měla akustická rozhlasová zpráva být sestavena. Normy upřesňují vlastnosti rozhlasových zařízení, srozumitelnosti a dalších uvedených v kapitole 3.1.3. Dále je doporučeno zajistit vícejazyčné zprávy. Nikde není napsáno omezení délky a obsahu hlasové zprávy.

Ve většině objektů, kde je požadován akustický signál k vyhlášení evakuace, je investorem požadován návrh domácího rozhlasu, který slouží jako provozní a zároveň bezpečnostní rozhlas. V takovýchto objektech nebývá rozhlasová zpráva předem připravena nebo nahrána na záznamník. Objekty s domácími rozhlasy s funkčností za požáru mají určené požární hlídky, které v případě nebezpečí zajišťují vyhlášení a koordinaci evakuace. V objektech se systémem EPS a hlášením rozhlasové zprávy pomocí předem připravených hlasových smyček, může být hlášení příliš obecné a nevhodné ke vzniklé situaci. V takovýchto případech může dojít k evakuačnímu hlášení, které bude nesrozumitelné a chybně informující.

Bylo vhodné charakterizovat vzorec postupu a obsahu informací v rozhlasové zprávě. Další faktory, které byly charakterizovány jsou délka zprávy, vícejazyčnost a počet opakování. Tyto faktory ovlivňují reakční dobu osob, jazykovou bariéru a dobu slyšitelnosti hlášení.

3.1.2.1 Cíl experimentu

Důvodem experimentu je získání informací o povědomí a představě osob ohledně způsobu vyhlášení evakuace akustickou zprávou. V rámci experimentu byly zkoumány obsahy a vlastnosti hlasových evakuačních zpráv. Cílem experimentu je získat data o důležitých identifikačních vlastnostech hlasových zpráv. V rámci experimentu budou vyhodnocovány reálné hlasové zprávy běžně používané ve veřejných budovách k vyhlášení evakuace. Byla sledována struktura, vícejazyčnost a použitá klíčová slova a informace.

Pro experiment hlasových zpráv byly stanoveny dvě hypotézy. První hypotéza je taková, že hlasová zpráva by měla být řečena ve dvou jazycích, a to úředním jazykem země a cizím jazykem dle výběru provozovatele objektu. Další hypotézou je minimální počet informací

ohlášených hlasovou zprávou. Hlasová zpráva, která bude vnímána jako vhodná pro vyhlášení evakuace bude složena ze čtyř a více informací.

3.1.2.2 Metoda experimentu

Data experimentu byla shromažďována pomocí osobně vyplňovaných tištěných dotazníků, které byly sestaveny pouze z uzavřených otázek a otázek s poslechem. Dotazníky byly vyplňovány jednotlivci, hromadně ve skupinách po 4–30 osobách v místnostech veřejných objektů. K poslechové části dotazníku byly využity reálné evakuační zprávy poskytnuté odbornými firmami zabývající se projekcí systémů EPS a podružných zařízení. Přehrávané záznamy byly použity o hladině akustického tlaku cca 90 dB.

3.1.2.3 Účastníci experimentu

Pro vytvoření relevantního vzorku populace České republiky byli osloveni účastníci zájmových kurzů pro mládež a dospělé ve vzdělávacích institucích provozovaných ve veřejných budovách měst Plzeň, Praha a Vlašim. Respondenti byli osloveni v rámci zájmových a výukových lekcí a přednášek. Dále byli osloveni zaměstnanci firem ZF-Plzeň, PBS-Plzeň, a sanatoria Kladruba. Respondenti byli vybráni náhodně s omezením věkové hranice určené na základě literární rešerše z pohledu vyvinutého sluchu a zároveň bez degradace sluchu stářím. Všichni účastníci byli starší 15 let a mladší 51 let.

3.1.2.4 Popis testovaných hlasových zpráv

Akustické hlasové zprávy byly vybrány z poskytnutých nahrávek firem EUROALARM, spol. s.r.o., AVALON s.r.o., COMSIG – Jiří Bayerl spol. s.r.o. a Honeywell, spol. s.r.o. Pro experiment byly z poskytnutých materiálů vybrány hlasové zprávy, které byly vhodné pro různé veřejné objekty. Vybrané hlasové zprávy byly přehrány do dvou zvukových smyček „A“ a „B“ v rozdílném pořadí pro zamezení vnitřních chyb v dotaznicích.

K experimentu bylo využito 7 různých rozhlasových zpráv, které byly vybrány na základě literární rešerše a cílů k pozorování. Do výběru byly zařazeny dvě zprávy, které byly řečeny mužem i ženou.

V dotazníku bylo celkem osm otázek. Na první straně dotazníku bylo celkem pět otázek, které byly vyplňovány bez poslechu.

- V první otázce bylo zkoumáno, zda se respondent již setkal s vyhlášením evakuace pomocí rozhlasové zprávy.
- Ve druhé otázce měl účastník za úkol sestavit rozhlasovou zprávu z vybraných dvaceti klíčových slov, které bývají často v hlášení použity. Otázka byla zaměřena na počet slov celého hlášení, počet informací k evakuaci, dále byl pozorován obsah čtyř fází a nejčastěji používaná klíčová slova a spojení. Předpokládaným získaným výsledkem pro tuto otázku bylo zjistit, kolik osob vytvoří ideální rozhlasovou zprávu stanovenou na základě literární rešerše.

- Ve třetí otázce respondent určil v kolika jazycích by měla být vyhlášena evakuace veřejného objektu na území ČR. Na výběr měl z možností 1, 2, 3, >3. Předpokladem byla hypotéza, že v případě zvolení pouze jednoho jazyka je myšlen úřední jazyk země. Toto bylo ověřeno v následující čtvrté otázce.
- Ve čtvrté otázce se vyjadřoval respondent, zda požaduje vyhlášení na území ČR v českém jazyce. Tato otázka byla položena z důvodu neupřesnění požadavku na jazyky v normě a dle získaných informací z rozhovoru s projektanty jsou některé objekty v ČR vybaveny rozhlasem s hlášením pouze v cizím jazyce.
- V páté otázce odpovídal účastník na otázku, kolikrát by se měla rozhlasová zpráva při vyhlášení poplachu opakovat. Na výběr bylo z možností 1x, 3x, 10x a po dobu trvání požáru. Tato otázka byla položena za účelem získání informací, zda je instalace domácích rozhlasů s nuceným poslechem očekávána. Domácí rozhlas s nuceným poslechem nebývají vybaveny přehrávacím zařízením, které by zajistilo vyhlášení poplachu, ale většinou vyhlašuje požární poplach požární hlídka objektu, která se také potřebuje z objektu evakuovat.
- Otázka číslo šest až osm byla doprovázena poslechem. V šesté otázce byla přehrána totožná hlasová zpráva ženou a mužem a respondent měl za úkol určit, které pohlaví je dle jeho názoru vhodnější pro vyhlášení evakuace.
- V otázce sedm byly spuštěny ve zvukové nahrávce čtyři rozhlasové zprávy namluvené muži.
 - 1) „Toto je požární poplach. Prosím opusťte okamžitě budovu nejbližším únikovým východem.“
(Klíčová slova: Prosím, požární poplach, únikové východy, opusťte budovu)
 - 2) „Byl vyhlášen nouzový stav. Opusťte prosím budovu nouzovými východy. Řiďte se pokyny našich pracovníků a nepoužívejte výtahy.“
(Klíčová slova: Prosím, nouzový stav, nouzové východy, řiďte se pokyny, nepoužívat výtahy, opusťte budovu)
 - 3) „Pozor, hrozí nebezpečí, prosím opusťte budovu nejbližším únikovým východem.“
(Klíčová slova: Prosím, pozor, nebezpečí, únikové východy, opusťte budovu)
 - 4) „Prosím pozor, v budově byl vyhlášen požární poplach. Neprodleně opusťte budovu nejbližším únikovým východem.“
(Klíčová slova: Prosím, pozor, požární poplach, únikové východy, opusťte budovu)
- V otázce osm byly spuštěny ve zvukové nahrávce tři rozhlasové zprávy řečeny ženou.
 - 1) „Pozor, z důvodu výjimečné události musí být prostor, ve kterém se nacházíte, evakuován. Zachovejte klid. Opusťte urychleně budovu únikovými východy a shromážděte se na určených místech.“

(Klíčová slova: Pozor, výjimečná událost, evakuace, zachovejte klid, únikové východy, shromážděte se, opusťte budovu)

- 2) „Prosím pozor. V budově byl vyhlášen požární poplach. Neprodleně opusťte budovu nejbližším únikovým východem.“

(Klíčová slova: Prosím, pozor, požární poplach, opusťte budovu, únikové východy, opusťte budovu)

- 3) „Pozor hrozí nebezpečí opusťte prostor, nejbližším únikovým východem.“

(Klíčová slova: Pozor, hrozí nebezpečí, únikové východy, opusťte budovu)

V úkolech sedm a osm účastníci odpovídali, zda je hlasové zprávy přesvědčily o nutnosti opustit objekt. Byla použita Likertova stupnice s hodnocením na bodovém principu 1–5. Bod 1 reflektoval nulovou potřebu reagovat na zprávu a rostoucím počtem bodu účastník vyjadřoval nutnost ihned zahájit evakuaci. V těchto úkolech byla pozorována skladba efektivnější věty. Dále zde byly ověřeny odpovědi preferencí pohlaví. V úkolu sedm a osm bylo jedno hlášení totožné, tedy shodné hlášení bylo řečeno mužem i ženou.

3.1.2.5 Materiály využité k experimentu

Ze získaných materiálů rozhlasových zpráv byly vybrány takové zprávy, které byly vhodné pro použití veřejného objektu bez specifikace provozu. Do výběru nebyly zařazeny rozhlasové zprávy vhodné do nákupních center, nemocnic nebo tunelů.

Rozhlasové poplašné zprávy byly připraveny do smyček pro danou otázku v konkrétním pořadí se slovním doprovodem označující číslo otázky, číslo zprávy a opakování akustického záznamu. Akustické smyčky byly vytvořeny pomocí volně přístupného softwaru AUDICITY. Hlasové záznamy doprovázející akustické signály byly nahrány pomocí automatického čtení softwaru Microsoft Word 2018.

K přehrání akustických záznamu během experimentu posloužil notebook ASUS Desktop – VCGLSP9. Akustické záznamy byly přehrávány ze souboru v MP3 pomocí programu Windows Media Player, kde ozvučení bylo nastaveno na maximální hranici 100 %. Ke zvýšení hlasitosti reprodukčního zařízení byly použity reproduktory značky Genius, model: SP-N200.

Ověření akustického tlaku bylo měřeno pomocí mobilního zařízení a volně stažitelné aplikace Sound Meter. Papírové dotazníky byly přepsány do softwaru Microsoft Excel s podpůrným softwarem Analyze-it, kde byly také vyhodnoceny a vytvořeny grafové záznamy.

3.1.2.6 Popis průběhu experimentu

Účastníci byly předem informovány, o možnosti účasti na experimentu. Úvodem byli seznámeni s postupem a účelem experimentu slovně a pomocí informovaného souhlasu. Každý účastník obdržel v papírové podobě dvě kopie informovaného souhlasu a list dotazníku. Jeden informovaný souhlas byl určen pro účastníka výzkumu.

Respondenti byli vyzváni k vyplnění první strany dotazníku, která byla navržena bez poslechu. Po uplynutí pěti minut byli respondenti upozorněni na následující průběh poslechové části dotazníku. Respondenti byli vyzváni k otočení dotazníku na stranu dva, k udržení ticha a soustředění se na poslechový záznam. Před otázkou číslo šest byl pomocí elektronické aparatury spuštěn úvodní akustický záznam pro určení hlasitosti a ověření komfortního poslechu. Hlasitost reprodukčního zařízení a přehrávače akustických signálů v počítači byla nastavena na hladinu akustického tlaku v místnosti 90 dB (1 m od reproduktorů). Tato hodnota byla vždy ověřena pomocí aplikace měřící akustický tlak – Sound Meter. Po dokončení poslechové části experimentu byli respondenti upozorněni na kontrolu všech odpovědí a vyzváni k odevzdání.

Aby výsledky dotazníků nebyly ovlivněny pořadím rozhlasových zpráv, byly vytvořeny dvě skupiny záznamů s rozdílným pořadím zpráv ve zvukové smyčce se slovním doprovodem oznamující číslo otázky, číslo rozhlasové zprávy a upozornění na opakování záznamu. Vždy byly přehrány všechny rozhlasové zprávy daného úkolu a následně byly jedenkrát opakovány.

Skupina A		Skupina B
1.	Zpráva řečena mužem	Zpráva řečena ženou
2.	Zpráva řečena ženou	Zpráva řečena mužem

Tab. 6: Pořadí rozhlasových zpráv otázky č. 6 ve smyčce „A“ a „B“

Skupina A		Skupina B
1.	Toto je požární poplach. Prosím opusťte okamžitě budovu nejbližším únikovým východem.	Prosím pozor, v budově byl vyhlášen požární poplach. Neprodleně opusťte budovu nejbližším únikovým východem.
2.	Byl vyhlášen nouzový stav. Opusťte prosím budovu nouzovými východy. Řiďte se pokyny našich pracovníků a nepoužívejte výtahy.	Toto je požární poplach. Prosím opusťte okamžitě budovu nejbližším únikovým východem.
3.	Pozor, hrozí nebezpečí, prosím opusťte budovu nejbližším únikovým východem.	Pozor, hrozí nebezpečí, prosím opusťte budovu nejbližším únikovým východem.
4.	Prosím pozor, v budově byl vyhlášen požární poplach. Neprodleně opusťte budovu nejbližším únikovým východem.	Byl vyhlášen nouzový stav. Opusťte prosím budovu nouzovými východy. Řiďte se pokyny našich pracovníků a nepoužívejte výtahy.

Tab. 7: Pořadí rozhlasových zpráv otázky č. 7 ve smyčce „A“ a „B“

Skupina A		Skupina B
1.	Pozor, z důvodu výjimečné události musí být prostor, ve kterém se nacházíte, evakován. Zachovejte klid. Opusťte urychleně budovu únikovými východy a shromážděte se na	Pozor, hrozí nebezpečí, prosím opusťte budovu nejbližším únikovým východem.

	určených místech.	
2.	Prosím pozor. V budově byl vyhlášen požární poplach. Neprodleně opusťte budovu nejbližším únikovým východem.	Pozor, z důvodu výjimečné události musí být prostor, ve kterém se nacházíte, evakuaován. Zachovejte klid. Opusťte urychleně budovu únikovými východy a shromážděte se na určených místech.
3.	Pozor, hrozí nebezpečí, prosím opusťte budovu nejbližším únikovým východem.	Prosím pozor. V budově byl vyhlášen požární poplach. Neprodleně opusťte budovu nejbližším únikovým východem.

Tab. 8: Pořadí rozhlasových zpráv otázky č. 8 ve smyčce „A“ a „B“

3.1.3 Výsledky experimentu

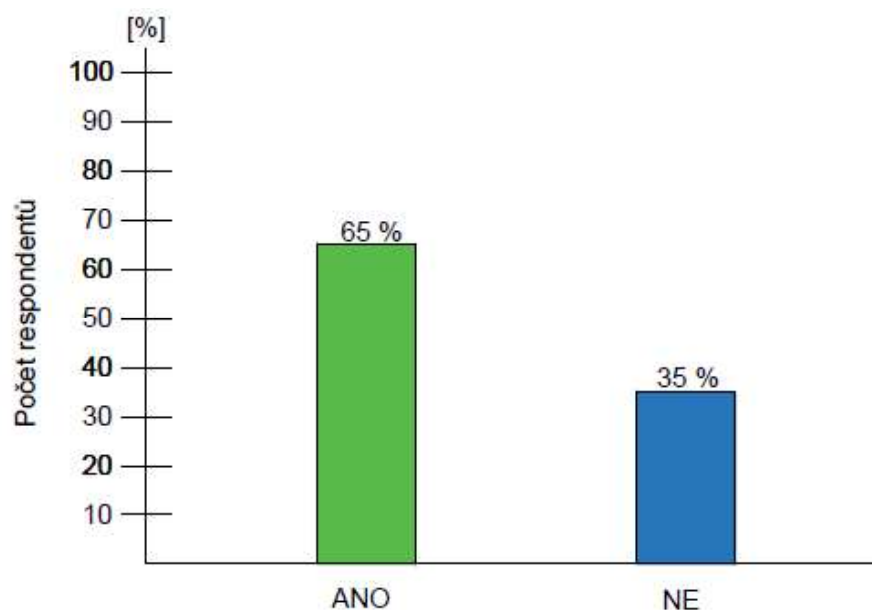
Po dokončení průzkumu byla získána data od 235 respondentů. Z těchto dotazníků bylo 15 dotazníků vyhodnoceno za neplatné z důvodu pouze částečného vyplnění dotazníku. Celkem bylo uvažováno 220 dotazníků vhodných ke statistickému vyhodnocení. Vyhodnocení otázek bylo na základě procentuálních hodnot. Závislost posloupnosti testovaných vzorků byla vyhodnocena pomocí statistické metody Friedmanova testu. Získaná data byla přepsána do softwaru Excel a vyhodnocena pomocí třiceti denní verze softwaru Analyse-it_5_40_2 a následně zpracována do grafů.

3.1.3.1 Vyhodnocení sloučení dat dotazníků „A“ a „B“

Pro zjištění vhodnosti použité metody dvou nahrávek různého pořadí vzorků byly otázky 7 a 8 poslechové části vyhodnoceny pomocí Friedmanova testu (Příloha 1). Friedmanův test slouží k vyjádření závislosti pořadí. Ze získaných hodnot bylo zjištěno, že v analyzovaných vzorcích existují statisticky významné rozdíly. Bylo vhodné zvolit metodu minimálně dvou poslechových vzorků s různým pořadím. Pro získání výsledků bez významných parametrických odchylek by bylo vhodné zvolit metodu s rovnoměrným rozdělením účastníků a vzorků, které by byly variačně plně rozdílné. Na základě statistického výstupu Friedmanova testu byly výsledky skupin „A“ a „B“ sloučeny a vyhodnocovány dohromady.

3.1.3.2 Vyhodnocení dotazníků

V první otázce byli účastníci dotázáni, zda se již setkali s vyhlášením evakuace pomocí hlasové zprávy. Odpověď byla na výběr „ano“ nebo „ne“. Graf na Obr. 10 uvádí procentuální zastoupení odpovědí. Z 220 účastníků se 143 osob již setkalo s vyhlášením evakuace hlasovou zprávou a 77 osob tuto zkušenost nemá.



Obr. 10: Vyhodnocení setkání s vyhlášením evakuace pomocí hlasové zprávy.

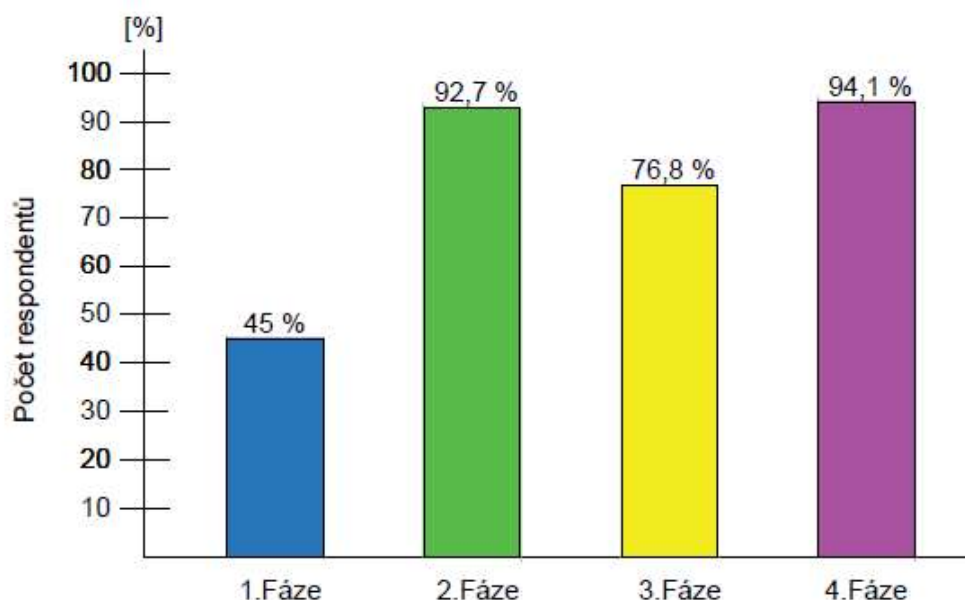
Ve druhé otázce měl účastník za úkol sestavit rozhlasovou zprávu z vybraných dvaceti klíčových slov Tab. 10. Klíčová slova byla vybrána na základě získaných akustických nahrávek a na základě literární rešerše. V rámci této otázky byla posuzována frekvence vybraných klíčových slov, zastoupení fází hlášení, které byly určeny na základě literární rešerše. Na základě získaných informací byla sestavena ideální zpráva pro vyhlášení evakuace veřejného objektu.

Fáze č.1 - Akustické upoutání pozornosti
Siréna /gong
Úvodní melodie
Fáze č.2 - Slovní upoutání pozornosti
Pozor
Toto je požární poplach
Je vyhlášena pohotovost
Nastala výjimečná událost
Hlášení
Prosím o pozornost
Byl vyhlášen nouzový stav
Fáze č.3 - Vysvětlující část důvodu hlášení
Došlo k technické závadě
Toto je požární poplach
V budově vypukl požár
Hrozí nebezpečí
Fáze č.4 - Instruktažní část postupu
Řiďte se pokyny
Využijte nejbližší únikové východy
Zachovejte klid
Shromážděte se
Opusťte budovu

Evakuujte objekt
Evakuujte se prosím
Nepoužívejte výtahy

Tab. 9: Výpis použitých slov v otázce č. 2 rozdělených dle fází

Na Obr. 11 je vyobrazen graf zobrazující početní využití konkrétních fází rozhlasové zprávy. Respondenti využili klíčová slova z 1.fáze ve 45 % zpráv, 2.fáze v 92,7 % zpráv, 3.fáze v 76,8 % zpráv a ze 4.fáze v 94,1 % zpráv. Ze získaných výsledků bylo zjištěno, že 30 % účastníků (66 osob) sestavilo hlasovou zprávu obsahující všechny čtyři fáze. Nejčastěji byly zastoupeny fáze slovního upoutání pozornosti a poskytnutí pokynů k postupu evakuace. Nejméně často bylo využito upoutání pozornosti první fází pomocí akustického signálu, ačkoliv by měl být tento postup hlášení osobám známý dle platných norem využívaných v ČR. V 90 případech byla účastníky využita fáze č.1 a fáze č.2 zároveň, z těchto poznatků vyplývá, že pouze 9 účastníků upřednostnilo upoutání pozornosti pomocí akustického signálu.



Obr. 11: Vyhodnocení zastoupení fází v evakuační hlasové zprávě

V uvedené Tab. 10 jsou vypsaná klíčová slova v pořadí dle četnosti využití v rámci fází v rozhlasových evakuačních zprávách. V první fázi byla častěji využita „Siréna/gong“ než „Úvodní melodie“, ale v 9 případech byly využity oba uvedené akustické signály. Druhá fáze slovního hlášení byla nejčastěji řešena spojením slov „Pozor“ a „Hlášení“. Některé studie tyto fáze srovnávají jako rovnocenné a uvádí teorii pouze tří fází, s tím že první fáze je řešena akustickým signálem nebo slovním upoutáním pozornosti. Z 220 osob využilo fázi upoutání pozornosti pomocí signálu nebo slovního oznámení celkem 213 osob což je 97 % osob. Z těchto výsledků lze vyvodit závěr, že předpoklad studií [12, 14] je reálný.

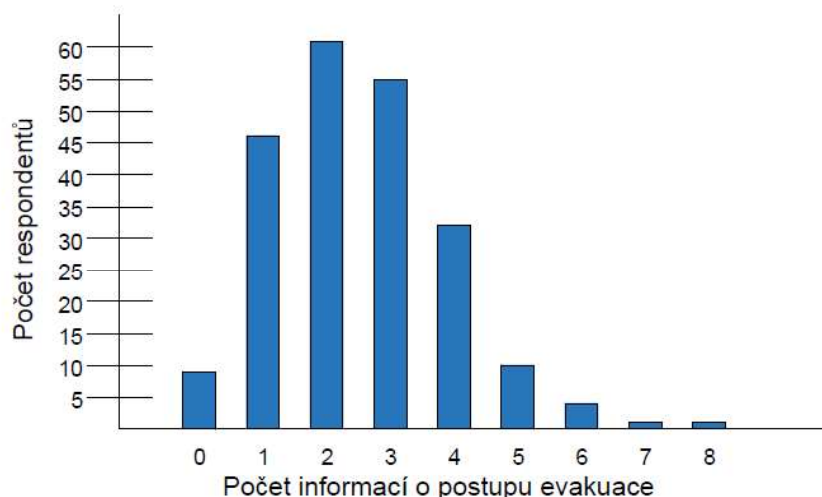
V 87 případech byl důvod evakuace označen jako „Toto je požární poplach“. Toto klíčové slovo bylo vybráno zároveň jako vhodné i pro upoutání pozornosti a celkem bylo v hlasové

zprávě využito ve 120 případech a nikdy nebylo použito v jedné zprávě v obou fázích, toto nebylo v dotazníku umožněno. Klíčové slovo „Toto je požární hlášení“ bylo celkem využito v 54,54 %, z čehož vyplývá, že toto slovní spojení bylo navrženo do zprávy nejčastěji a to více jak polovinou respondentů.

Čtvrtá fáze byla sledována co do počtu informací a jejich výběru. V této fázi byly nejčastěji využita klíčová slova „Opusťte budovu“, „Zachovejte klid“ a „Využijte nejbližší východy“. Nejčastěji bylo využito počtu 1 – 3 klíčových slov pro informování o postupu evakuace. Průměrně byly využity 2,5 klíčových frází a 9 osob nevedlo do hlášení žádnou klíčovou informaci o postupu evakuace. Zastoupení počtu slov ve čtvrté fázi je uvedeno na Obr. 12.

Fáze	Klíčové slovo (seřazeny dle četnosti použití v rámci fáze)	Počet využití	Pořadí dle frekvenčního zastoupení v navržených evakuačních hlášeních
Fáze č.1	Siréna /gong	91	4.
	Úvodní melodie	17	18.
Fáze č.2	Pozor	143	1.
	Hlášení	78	7.
	Prosím o pozornost	73	8.
	Byl vyhlášen nouzový stav	35	15.
	Toto je požární poplach	33	16.
	Je vyhlášena pohotovost	31	17.
Fáze č.3	Nastala výjimečná událost	13	20.
	Toto je požární poplach	87	5.
	V budově vypukl požár	57	10.
	Hrozí nebezpečí	41	13.
Fáze č.4	Došlo k technické závadě	14	19.
	Opusťte budovu	101	2.
	Zachovejte klid	99	3.
	Využijte nejbližší únikové východy	83	6.
	Evakuujte se prosím	62	9.
	Řiďte se pokyny	62	9.
	Nepoužívejte výtahy	56	11.
	Shromážděte se	53	12.
Evakuujte objekt	37	14.	

Tab. 10: Souhrn výsledků zastoupení klíčových slov v rozhlasové zprávě



Obr. 12: Počet využitých informací o postupu evakuace ve 4.fázi

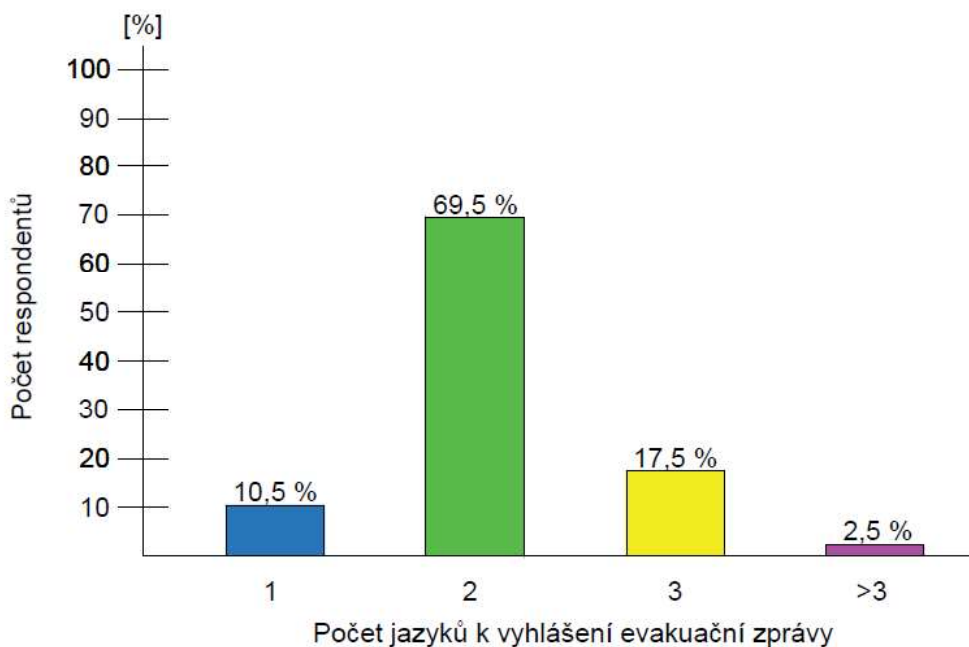
Zastoupení počtů klíčových frází využitých pro vytvoření evakuačních hlášení je vyobrazeno na Obr. 13. V rámci hypotézy byl stanoven předpoklad vhodného využití 5 klíčových slov, tento předpoklad byl potvrzen, průměrně bylo využito 5,7 klíčových slov. Většina respondentů se snažila vytvářet stručné věty s nejpočetnějším zastoupením klíčových slov informujících o postupu evakuace.



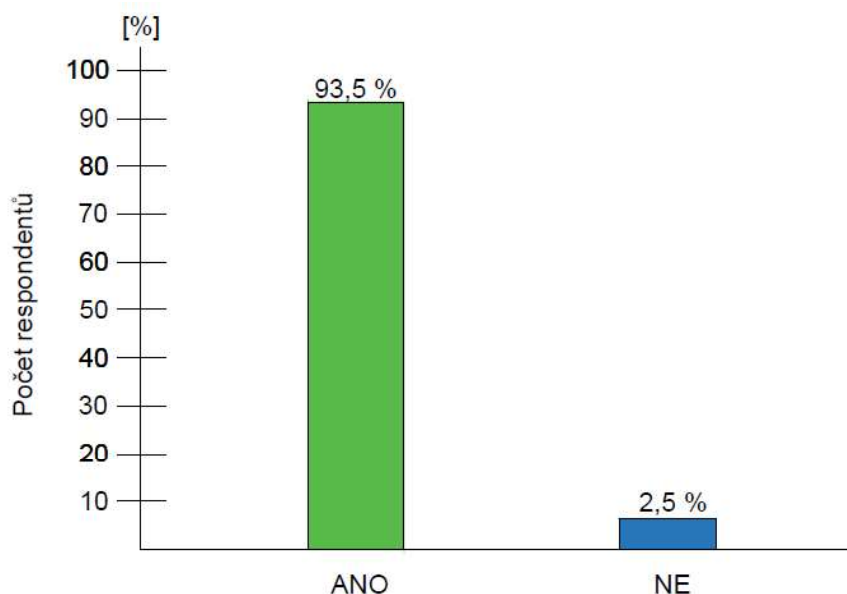
Obr. 13: Počet slov využitých v evakuační zprávě

Třetí a čtvrtá otázka byla využita k získání informací ohledně mínění o vícejazyčnosti hlasových zpráv. Hypotézou bylo stanoveno, že osoby budou preferovat dvojjazyčné hlášení, a to se zastoupením českého jazyka a cizího jazyka. Tříjazyčná a vícejazyčná hlášení jsou časově náročná a k opakování zpráv dochází v delších intervalech, což je jev, který není při evakuaci objektu žádaný. Výsledky bylo zjištěno, že 23 osob by upřednostnilo pouze jednojazyčné hlášení a z toho 15 osob by využilo pouze český jazyk. Naopak pouze cizí jazyky by využilo 6,5 % dotazovaných, což je 14 osob. Z těchto 14 osob by dvě osoby by upřednostnili pouze jednojazyčné hlášení v cizím jazyce, 9 osob dvojjazyčné hlášení a tři osoby by uvítaly tříjazyčné hlášení v cizích jazycích.

Nejčastěji osoby preferují hlášení stanovené hypotézou, tedy dvojjazyčné se zastoupením českého a cizího jazyka. Toto tvrzení potvrdilo celkem 149 osob ze 220 dotazovaných, což je 67,7 % procent respondentů. Na Obr. 14 je vyobrazen graf počtu preferenčních jazyků pro hlášení evakuace a na Obr. 15 je vyobrazen graf pro zastoupení českého a cizího jazyka.



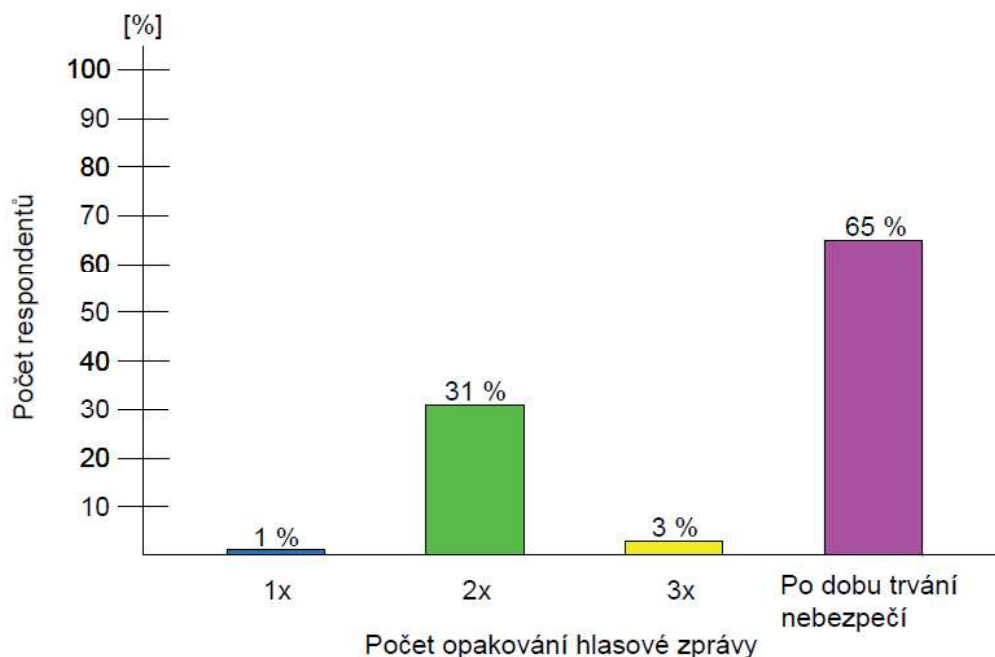
Obr. 14: Počet jazyků využitých pro hlášení evakuační zprávy



Obr. 15: Graf znázorňující požadavek na hlášení v českém jazyce na území ČR

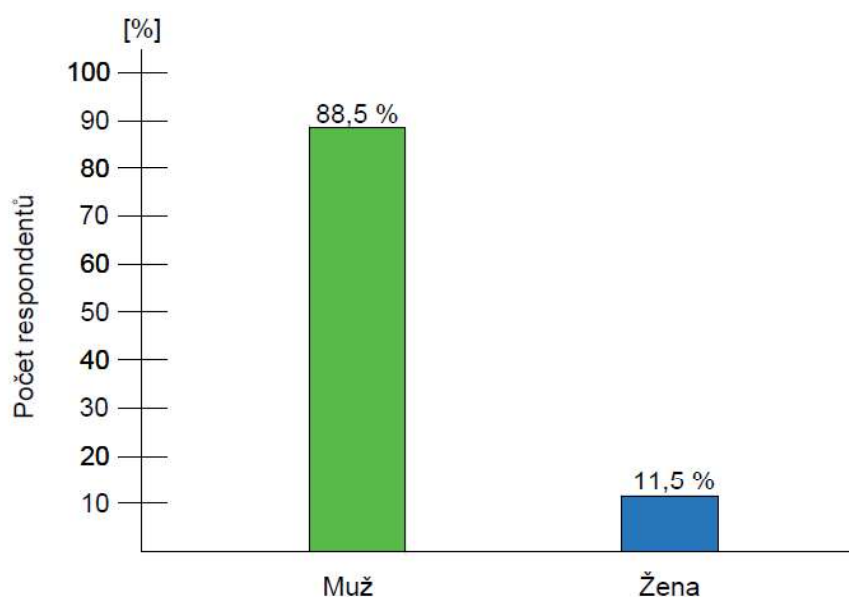
Pátá otázka byla zaměřena na získání informací o mínění, kolikrát by měla být hlasová zpráva evakuace hlášena. Nejčastěji byla vybrána odpověď zajišťující vysokou míru bezpečnosti a to hlášení po dobu trvání nebezpečí. Tuto odpověď vybralo 65 % zúčastněných což je 143 osob. Bohužel ačkoliv se jedná o většinové mínění, využívaná zařízení sloužící k vyhlášení evakuace

jsou často rozhlasy bez smyčkového záznamu, které neumožňují hlášení po dobu trvání hlášení. Procentuální vyhodnocení otázky je znázorněno na Obr. 16.



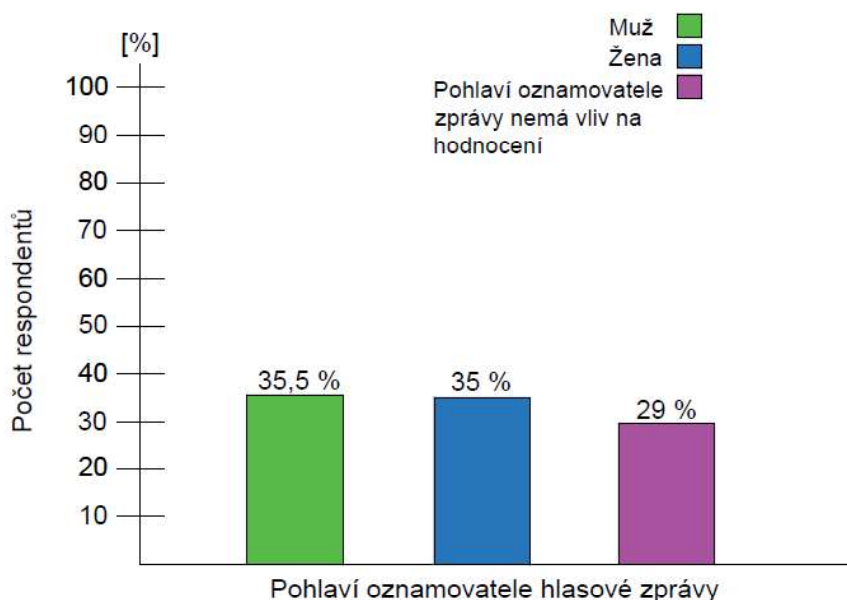
Obr. 16: Graf znázorňující procentuální výsledky otázky č. 5.

Šestá, sedmá a osmá otázka byla vyplňována na základě poslechu hlasových zpráv. V šesté otázce bylo pozorováno, které pohlaví je pro evakuační hlášení vhodnější. Pro tuto otázku byly vybrány dvě obsahem shodná hlášení řečena mužem a ženou, šlo o hlášení lidským hlasem. Oba záznamy byly poskytnuty stejnou firmou. Na základě rozhovorů s účastníky experimentu bylo zjištěno, že záznam hlášení ženou byl horší nahrané kvality. Celkem 195 účastníků označilo na základě poslechu páté otázky muže jako vhodnějšího pro evakuační hlášení. Výsledky jsou zakresleny v grafu na Obr. 17.



Obr. 17: Grafické znázornění odpovědi otázky č. 6.

Tvrzení vhodnějšího mužského pohlaví bylo ověřeno pomocí úlohy sedm a osm, kde bylo v obou úlohách obsahově shodné hlášení čteno mužem i ženou. Výsledky byly zaznamenány do grafu na Obr. 18. Z těchto výsledků je patrné, že na pohlaví oznamovatele hlášení významně nezáleží, rozdíly výsledků mezi mužem a ženou jsou velice malé a v 29 % byla hlášení mužem a ženou hodnocena shodně.



Obr. 18: Grafické znázornění vhodnosti pohlaví oznamovatele na základě výsledků otázky č.7 a 8.

V otázkách sedm a osm hodnotil respondent poslechové zprávy bodovým ohodnocením od 1 do 5 bodů dle naléhavosti evakuační zprávy. Na základě výsledků zobrazených v Tab. 11, Tab. 12 a Obr. 19, Obr. 20 lze stanovit, že zprávy o průměrném počtu 5–6 klíčových informací jsou efektivnější než zprávy o více informacích. Lépe byly hodnoceny evakuační zprávy obsahující slovo „Pozor“ a „Prosím“ ve fázi upoutání pozornosti a informace k evakuaci oznamující „Opusťte budovu nejbližšími únikovými východy“. Zprávy, které byly hodnoceny v celku na 1. a 2. místě se skladbou podobají zprávám nejčastěji vytvořeným v otázce č.2. V rámci pozorování sestavených zpráv a výsledků poslechových zpráv se nejeví zřejmé, zda mělo zdůvodnění hlášení vliv na hodnocení důvěryhodnosti hlášení.

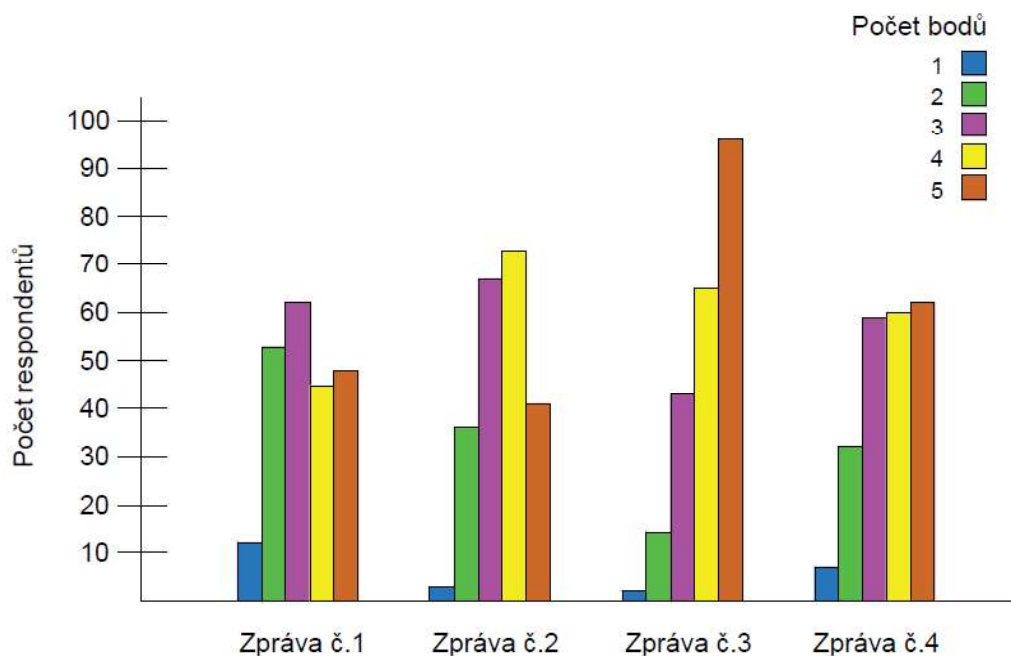
Ačkoliv byla všechna hlášení použita v zachované kvalitě, ve které byla získána od projekčních firem, je důležité uvažovat rozdílnost hlášení. Některá hlášení byla řečena důrazným, příkazovacím hlasem a jiná autoritativním klidným hlasem. Vlastnosti barvy a tónina hlasu může mít vliv na vnímání rozhlasových zpráv. Tyto vlastnosti nebyly v rámci experimentu sledovány a hodnoceny.

Pořadí zpráv	Není nutné reagovat					Je nutné se ihned evakuovat	Celkem bodů	Aritmetický průměr	Pořadí zpráv
	1	2	3	4	5				
Zpráva č.1	12	53	62	45	48	724	3,29	4.	
Zpráva č.2	3	36	67	73	41	773	3,51	3.	
Zpráva č.3	2	14	43	65	96	899	4,096	1.	
Zpráva č.4	7	32	59	60	62	798	3,63	2.	

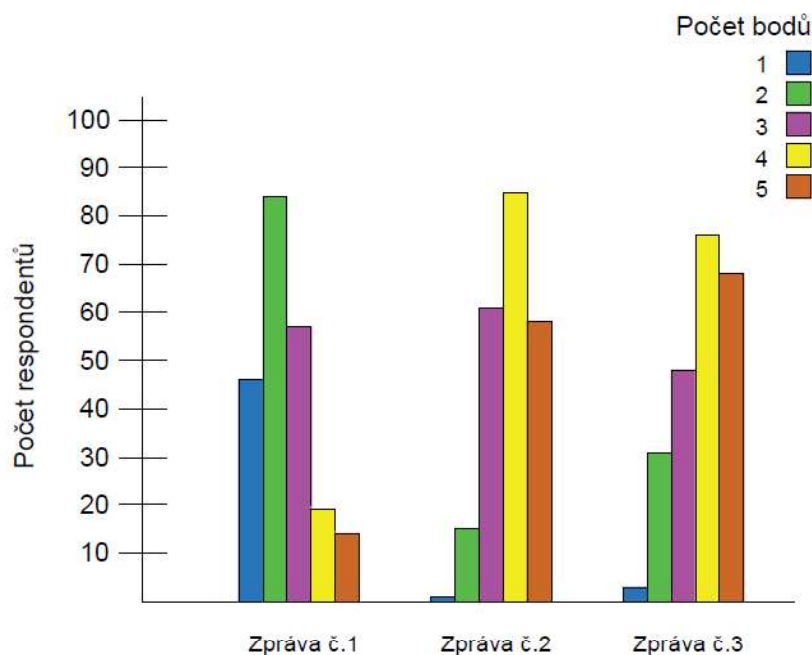
Tab. 11: Tabulka výsledků otázky č.7

Pořadí zpráv	Není nutné reagovat					Je nutné se ihned evakuovat	Celkem bodů	Aritmetický průměr	Pořadí zpráv
	1	2	3	4	5				
Zpráva č.1	46	84	57	19	14	531	2,4	3.	
Zpráva č.2	1	15	61	85	58	844	3,85	1.	
Zpráva č.3	3	31	48	76	68	823	3,75	2.	

Tab. 12: Tabulka výsledků otázky č.8



Obr. 19: Grafické znázornění výsledků otázky č.7



Obr. 20: Grafické znázornění otázky č.8

3.1.3.3 Aplikace výsledků experimentu

Na základě získaných výsledků z experimentu na rozhlasové zprávy lze vyhodnotit charakteristické vlastnosti ideální rozhlasové zprávy stanovené na základě literární rešerše. Hlášené evakuační zprávy by měly být sestaveny z fáze upoutání pozornosti, která může být uvedena akustickým signálem. Následovat by měla stručná vysvětlující část důvodu hlášení a na závěr by měly být řečeny instrukce o postupu evakuace. Instruktažní část by měla poskytovat dvě až tři informace usnadňující evakuaci z objektu. Celková evakuační zpráva by měla obsahovat pět až šest klíčových informací.

Hlášená zpráva by měla být zdvořilá a reálná, nejlépe obsahující slova „Prosím“ a „Pozor“. Zdůvodnění hlášení by mělo být reálné a může být využito slova „Požár“. Instruktažní část by měla informovat osoby o postupu evakuace a možnostech únikových cest.

Zpráva by měla být řečena dvojjazyčně, a to úředním jazykem a jazykem světovým. Zpráva by měla být ideálně cyklicky opakována do pominutí nebezpečí. V případech, kdy toto není z technických důvodů zařízení možné je vhodné zprávu minimálně dvakrát opakovat. Pohlaví řečníka rozhlasové zprávy by nemělo mít na důvěryhodnost hlášení vliv, důležitější je dobrá srozumitelnost hlášení.

3.2 Experiment a průzkum obsahu a vlastností akustických signálů vyvíjejících k evakuaci objektu

V úvodu této kapitoly je uvedeno shrnutí vlastností akustických signálů standardizovaných pro vyhlášení evakuace v zahraničí. Dále je uveden popis ideálního akustického signálu na literární

rešerše. Následuje popis a výsledky řízeného experimentu, který se zabýval charakteristikou ideálního akustického signálu k vyhlášení evakuace.

3.2.1 Analýza vlastností akustických signálů pro vyhlášení evakuace

Autonomní hlásič kouře a požáru, akustická siréna, nouzový zvukový systém, všechna tato vyjmenovaná zařízení slouží pro vyhlášení nouzového stavu v objektech pomocí akustického signálu nebo akustického signálu v kombinaci s verbální zprávou. Tyto záznamy jsou předem připravené a přednastavené. Z pravidla jsou nastaveny provozním technikem tak aby nebyly slučitelné s jinými výstražnými akustickými signály v objektu. Pro jejich správné určení je vhodné znát vlastnosti zvuku a lidského sluchu. Je nutné vždy navrhnout akustický signál tak aby byl pro všechny osoby snadno identifikovatelný a správně interpretován jako výstražný signál.

3.2.1.1 Analýza zvukových signálů standardizovaných pro vyhlášení evakuace v zahraničí

Některé státy mají standardizované vlastnosti akustických signálů k vyhlášení evakuace. Tyto akustické signály jsou v některých státech konkretizovány v jedinou možnou podobu a v jiných mají definovaný možný frekvenční rozsah a další vlastnosti.

V normě ČSN 34 2710 [31] je akustický výstražný signál definován jako nepřerušovaný tón. Pouze v případech, kdy jsou osoby v objektu seznámeny s příslušným oznámením nouzové situace, může být zvukový signál přerušovaný s kolísavou frekvencí a amplitudou.

Spojené státy americké a Kanada

Standardizovaný akustický signál je řešen dle normy ISO 8201 [48]. Je zde standardizován signál T-3 (Temporal-Three), který se skládá ze tří krátkých fází zvuku v délce $0,5 \pm 0,05$ sekund a fáze ticha v délce $1,5 \pm 0,15$ sekund. Signál T-3 je položen na frekvenci 520 Hz.

Velká Británie

Velká Británie standardizuje vlastnosti pro evakuační alarmy a výstražné alarmy. Evakuační alarmy jsou vyjádřeny spojitými tóny v rozsahu frekvence mezi 500 Hz a 1000 Hz, v případě instalace tohoto zařízení do prostředí s vysokým hlukem jsou povoleny vyšší frekvence. Výstražný alarm je definován bez hranic frekvence jako akustický signál se střídavou fází ticha a zvuku, které mají být stejně dlouhé $1,0 \pm 0,5$ sekundy.

Německo

Německá norma přesně definuje vlastnosti akustického signálu k vyhlášení evakuace. Akustický signál je nepřetržitý zvuk s klesající frekvencí na délce zvukové vlny 1 sekundy. Frekvenční rozsah horní hranice je 1200 ± 120 Hz a frekvenční rozsah dolní 500 ± 50 Hz.

Nizozemsko

V Nizozemsku je specifikován konkrétní zvukový signál „Slow whoop“. Signál je složen z fáze zvuku a ticha frekvenční rozsah postupně narůstá na zvukové délce 3,5 s. Fáze ticha je 0,5 sekundy a počáteční frekvenční rozsah je 500 – 700 Hz a lineárně stoupá na frekvenční rozsah 1200 –1400 Hz.

Švédsko

Švédsko shodně jako Velká Británie standardizuje vlastnosti evakuačních alarmů a výstražných alarmů pro místní varování. Evakuační alarmy jsou definovány frekvenčním rozsahem 200 – 800 Hz, složen s pulzujícími tóny střídající dobu ticha. Doba zvuku by měla být maximálně 0,2 sekundy a doba ticha v rozmezí 0,35 – 0,7 sekundy. Akustický signál pro místní je definován frekvencí v mezi 300 – 700 Hz bez požadavku na dobu ticha.

3.2.1.2 Popis akustického signálu vhodného pro upoutání lidského sluchu

Na základě literární rešerše a analýzy zvukových signálů byly vybrány vlastnosti, které by měl akustických signál splňovat. Mezi tyto regulované vlastnosti patří frekvenční schéma složené z poměru fází zvuku a ticha a z rozsahu a směru frekvence akustického signálu. Dále je sledován akustický tlak, který je většinou definován normovými předpisy v závislosti na reprodukčním zařízení.

Základní vlastností signálu je frekvenční schéma. Dle předchozích průzkumů je efektivnější signál bez fází ticha nebo s kratší dobou fáze ticha a delší fází zvuku.

Směr frekvenčního rozsahu je efektivnější při vzrůstající frekvenci, a to z důvodu překročení komfortní zóny řeči a hudby směrem k prahu bolesti. Takovéto akustické signály jsou nám nepříjemné a samy o sobě nás nutí opustit objekt. Akustické signály s kolísavým rozsahem frekvence jsou vhodné ve vyšších frekvenčních hladinách na hranici oblasti hudby a sluchového pole. Akustické signály s frekvenčním rozsahem klesajícím do zóny sluchu řeči a jsou pro poslech příjemnější a v případě, že nám nejsou známé, nenutí nás k okamžitému zjištění příčiny a evakuaci objektu.

Akustický tlak neboli hlasitost je vyjádřena v decibelech. Hladina akustického tlaku je dimenzována v závislosti na akustických vlastnostech ozvučeného prostoru. Akustický tlak signálu pro zachycení pozornosti je vhodné zvolit v rozmezí 80–120 dB. Většina norem má konkrétní předpis na zkoušku hladiny zvuku poplachu viz. ČSN EN 60849. V rámci experimentu bude použit akustický tlak předem zvolený v závislosti na bezpečnost a komfort během experimentu.

Vzorec ideálního akustického signálu

- Pocitově výstražný signál možný s výskytem blízko nebo přímo ve veřejných objektech.
- Akustický signál složený ze zvuku s maximálně 30 % fázemi ticha.
- Frekvence vzrůstajícího charakteru nebo kolísající.

- Frekvence v rozsahu 600-1200 Hz.

3.2.2 Řízený experiment

Na základě literární rešerše bylo zjištěno, že žádný závazný předpis ani české technické normy neupřesňují, jak by měl vypadat akustický signál k vyhlášení evakuace objektu.

Česká republika má tři závazné akustické signály:

- **Signál všeobecné výstrahy**, který slouží k informování obyvatelstva o bezprostředním ohrožením mimořádnou událostí a vyzívá k plošné evakuaci. Signál všeobecné výstrahy je jediným signálem určeným pro veřejnost.
- **Zkouška sirén** je signál určen pro složky HZS k odzkoušení technického stavu sirény, z pravidla prováděn vždy první středu v měsíci ve 12.00 hodin.
- **Požární poplach** je signál určen pro svolání dobrovolných hasičů.

Některé státy mají akustické signály charakterizované v konkrétní podobě nebo mají určeny charakteristické vlastnosti. V ČSN je akustický signál charakterizován hranicemi akustického tlaku od 85 – 120 dB, ale není charakterizován frekvencí nebo jinou identifikační vlastností. Projektanti a technici zajišťující instalaci a provoz akustického zařízení sirén nastavují akustické signály tak, aby nebyly zaměnitelné s akustickým projevem technických zařízení budovy.

Pro zajištění správné interpretace by bylo vhodné standardizovat akustický signál, který by byl jako jediný možný k použití evakuace objektu. Takovýto akustický signál by byl nezaměnitelný a jednoznačně by informoval o možném nebezpečí a nutnosti opustit objekt.

3.2.2.1 Cíl experimentu

Hlavním cílem experimentu je získání informací o povědomí a představě osob ohledně způsobu vyhlášení evakuace akustickým signálem. Na základě poznání vyhodnotit a stanovit vlastnosti pro nejvhodnější akustický signál k evakuaci veřejných objektů. V rámci experimentu budou vyhodnocovány reálné zvukové signály běžně používány jako výstražné signály a signály vyzívající k evakuaci.

Pro experiment akustických signálů byly stanoveny dvě hypotézy. První hypotéza předpokládá, že signál všeobecné výstrahy bude všem známý a bude odpovídat signálu k vyhlášení evakuace. Druhá hypotéza předpokládá, že signály s narůstající frekvencí budou vnímány jako signály informující o nebezpečí.

3.2.2.2 Metoda experimentu

Data experimentu akustických signálů byla shromažďována shodně s daty experimentu na hlasové zprávy. Metoda experimentů je popsána výše v kapitole 3.1.2.2.

3.2.2.3 Účastníci experimentu




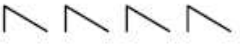
Relevantní vzorek účastníků na experimentu akustických signálů byl vybrán shodně s účastníky experimentu hlasových zpráv viz. kapitola 3.1.2.3. Účastníci experimentů měli možnost výběru, zda se chtějí účastnit obou experimentů nebo pouze jednoho.


3.2.2.4 Popis testovaných akustických signálů

Cílem experimentu bylo vyhodnocení nejvhodnější podoby akustického signálu využitého pro vyhlášení evakuace objektu. Signály byly vybrány z reálných akustických sirén, které poskytly pro experimentální účel firmy EUROALARM, spol. s.r.o., AVALON s.r.o, a Honeywell, spol. s.r.o.. Pro experiment byly z poskytnutých materiálů vybrány akustické signály s rozdílnými vlastnostmi. Dále byla do výběru zařazena siréna „Všeobecné výstrahy“ a znělka zmrzlinářského vozu Family Frost. Akustické signály byly nahrány do dvou akustických smyček se stejným obsahem signálů, ale s rozdílným pořadím. Toto bylo řešeno z důvodu omezení vnitřní chyby posloupnosti experimentálního dotazníku.

K experimentu bylo využito 13 různých akustických sirén, které byly vybrány na základě literární rešerše. Do výběru byla zařazena jedna siréna, která neslouží jako poplašná, a to za účelem získání relevantnosti výsledků odpovědí experimentu. Pokud by výsledky ukázaly, že velký počet účastníků označil nepoplašnou sirénu (sirénu zmrzlinářského vozu Family Frost) za vhodnou k vyhlášení evakuace, byla by metodika experimentu považována za nevhodnou.




- V první otázce bylo zkoumáno, zda se respondent již setkal s vyhlášením evakuace pomocí akustického signálu.
- V druhé otázce byly zkoumány reálné a nereálné signály k vyhlášení poplachu, respondent měl za úkol určit, zda signál slouží k vyhlášení poplachu ve veřejných objektech.

Číslo signálu	Název signálu	Doba zvuku	Doba ticha	Frekvence	Vizuální zobrazení
č.1	NEXUS 60	5 s	-	740 Hz	—————
č.2	Všeobecná výstraha	4 s / 3 s	-	180 Hz - 400 Hz	
č.3	TONE 22	0,24 s	0,1 s	2000 Hz (složený zvuk)	-----
č.4	Školní zvonek	5 s	-	(složený zvuk)	-
č.5	HOŘÍ	1 s / 1 s	-	300 Hz / 400 Hz	
č.6	Policejní alarm (USA)	1 s / 1 s	-	650 Hz / 850 Hz	
č.7	NEXUS 59	0,6 s	0,3 s	880 Hz – 740 Hz	

č.8	Zmrzlinářské auto (Family Frost)	5 s	-	(složený zvuk, melodie)	-
č.9	Slow Whoop (NEN, 2009)	3,5 s	0,5 s	500 Hz – 1200 Hz	

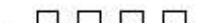


Tab. 13: Zvukové signály pro otázku č. 2 skupina „A“

- V otázce č.3 byl zkoumán poměr zvuku a ticha akustického signálu. Respondent měl za úkol seřadit akustické signály od nejvíce naléhavého po nejméně naléhavý.

Číslo signálu	Název signálu	Doba zvuku	Doba ticha	Frekvence	Vizuální zobrazení
č.1	TONE 14 (upravený)	0,18 s	0,12 s	970 Hz	
č.2	TONE 14 (upravený)	5 s	-	970 Hz	
č.3	TONE 14	0,25 s	1 s	970 Hz	

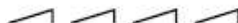


Tab. 14: Zvukové signály pro otázku č. 3 skupina „A“

- V otázce č.4 byly zkoumány vlastnosti (směr frekvence) akustického signálu. Respondent měl za úkol seřadit akustické signály od nejvíce naléhavého po nejméně naléhavý.

Číslo signálu	Název signálu	Doba zvuku	Doba ticha	Frekvence	Vizuální zobrazení
č.1	TONE 01	5 s	-	800 Hz - 980 Hz	
č.2	NEXUS 59	0,6 s	0,3 s	880 Hz - 740 Hz	
č.3	TONE 03	5 s	-	750 Hz - 1200 Hz	

Tab. 15: Zvukové signály pro otázku č.4 skupina „A“

- V otázce č.5 byly zkoumány vlastnosti (rozsah frekvence) akustického signálu. Respondent měl za úkol seřadit akustické signály od nejvíce naléhavého po nejméně naléhavý.

Číslo signálu	Název signálu	Doba zvuku	Doba ticha	Frekvence	Vizuální zobrazení
č.1	NEXUS 32 Upraven	5 s	-	500 Hz - 800 Hz	
č.2	TONE 06 Upraven	5 s	-	1200 Hz - 2400 Hz	
č.3	TONE 37 Upraven	5 s	-	750 Hz – 1200 Hz	

Tab. 16: Zvukové signály pro otázku č. 5 skupina A

3.2.2.5 Materiály použité k experimentu

K testování akustických signálů byly využity reálné vzorky signalizací, které byly poskytnuty firmami projektující elektrická rozhlasová zařízení a elektrickou požární signalizaci. Dále byly vybrány akustické sirény využívané k vyhlášení akustické signalizace v zahraničí, signál „Všeobecné výstrahy“ a akustická znělka zmrzlinářského vozu Family Frost. Tyto signály byly pořízeny z internetové webové stránky Youtube.com.

Akustické signály byly připraveny do smyček pro danou otázku v konkrétním pořadí se slovním doprovodem označující číslo otázky, číslo signálu a opakování akustického záznamu. Každý signál byl upraven na časový rozsah 5–6 s pomocí volně přístupného softwaru AUDICITY. Hlasové záznamy doprovázející akustické signály byly nahrány pomocí automatického čtení softwaru Microsoft Word 2018. Frekvenční rozsah byl v první fázi vybírání akustických signálů pozorován pomocí volně stažitelných aplikací Spectrum Analyze a Advanced Spectrum Analyze. Frekvenční rozsah finálních akustických signálů byl stanoven na základě analýzy pomocí komerčního softwaru ARTA, který byl využit v DEMO verzi.

K přehrání akustických záznamů během experimentu posoužil notebook ASUS Desktop – VCGLSP9. Akustické záznamy byly přehrávány ze souboru v MP3 pomocí programu Windows Media Player, kde ozvučení bylo nastaveno na maximální hranici 100 %. Ke zvýšení hlasitosti reprodukcího zařízení byly použity reproduktory značky Genius, model: SP-N200.

Ověření akustického tlaku bylo měřeno pomocí mobilního zařízení a volně stažitelné aplikace Sound Meter. Papírové dotazníky byly přepsány do softwaru Microsoft Excel, kde byly také vyhodnoceny a vytvořeny grafové záznamy.

3.2.2.6 Popis průběhu experimentu

Účastníci byli předem informováni, o možnosti účasti na experimentu. Úvodem byly seznámeni s postupem a účelem experimentu slovně a pomocí informovaného souhlasu. Každá účastník obdržel v papírové podobě dvě kopie informovaného souhlasu a list dotazníku. Jeden informovaný souhlas byl určen pro účastníka výzkumu.

Dále byl pomocí elektronické armatury spuštěn úvodní akustický záznam pro určení hlasitosti a případné upravení komfortního poslechu. Hlasitost reprodukcího zařízení a přehrávače akustických signálů v počítači byla nastavena na hladinu akustického tlaku v místnosti 90 dB (1 m od reproduktorů). Tato hodnota byla vždy ověřena pomocí aplikace měřící akustický tlak – Sound Meter.

V průzkumu bylo v první otázce zkoumáno, zda se respondent již setkal s vyhlášením akustického poplachu pomocí akustické sirény. Dále byly k experimentu využity čtyři otázky na poslech zvukových záznamů. Ve druhé otázce odpovídal respondent, zda přehrávaných signál slouží k vyhlášení poplachu. Ve třetí až páté otázce seřazoval vždy tři signály od nejvhodnějšího / nejefektivnějšího po nejméně vhodný / účelný k vyhlášení evakuace.

Aby výsledky dotazníků nebyly ovlivněny pořadím akustických signálů, byly vytvořeny dvě skupiny záznamů s rozdílným pořadím signálů ve zvukové smyčce.

A/B	č.1	č.2	č.3	č.4	č.5	č.6	č.7	č.8	č.9
A	Nexus 60	Všeobecná výstraha	TONE 22	Školní zvonek	HOŘÍ	Policejní alarm (USA)	NEXUS 10	Family Frost	Slow Whoop
B	NEXUS 10	Všeobecná výstraha	TONE 22	Slow Whoop	HOŘÍ	Policejní alarm (USA)	Školní zvonek	Family Frost	Nexus 60

Tab. 17: Pořadí signálů otázky č. 2 ve smyčce „A“ a „B“

A/B	č.1	č.2	č.3
A	TONE 14 Z 0,18 s / T 0,12 s Z 60 % / T 40 %	TONE 14 Z 5 s / T 0 s Z 100 %	TONE 14 Z 0,25 s / T 1,0 s Z 20 % / T 80 %
B	TONE 14 Z 5 s / T 0 s Z 100 %	TONE 14 Z 0,18 s / T 0,12 s Z 60 % / T 40 %	TONE 14 Z 0,25 s / T 1,0 s Z 20 % / T 80 %

Tab. 18: Pořadí signálů otázky č. 3 ve smyčce „A“ a „B“

A/B	č.1	č.2	č.3
A	TONE 01 Kolísavá frekvence	NEXUS 59 Klesající frekvence	TONE 03 Vzrůstající frekvence
B	TONE 01 Kolísavá frekvence	NEXUS 59 Klesající frekvence	TONE 03 Vzrůstající frekvence

Tab. 19: Pořadí signálů otázky č. 4 ve smyčce „A“ a „B“

A/B	č.1	č.2	č.3
A	NEXUS 32 Nízký rozsah frekvence	TONE 06 Vysoký rozsah frekvence	TONE 37 Střední rozsah frekvence
B	TONE 37 Střední rozsah frekvence	NEXUS 32 Nízký rozsah frekvence	TONE 06 Vysoký rozsah frekvence

Tab. 20: Pořadí signálů otázky č. 5 ve smyčce „A“ a „B“

3.2.3 Výsledky experimentu

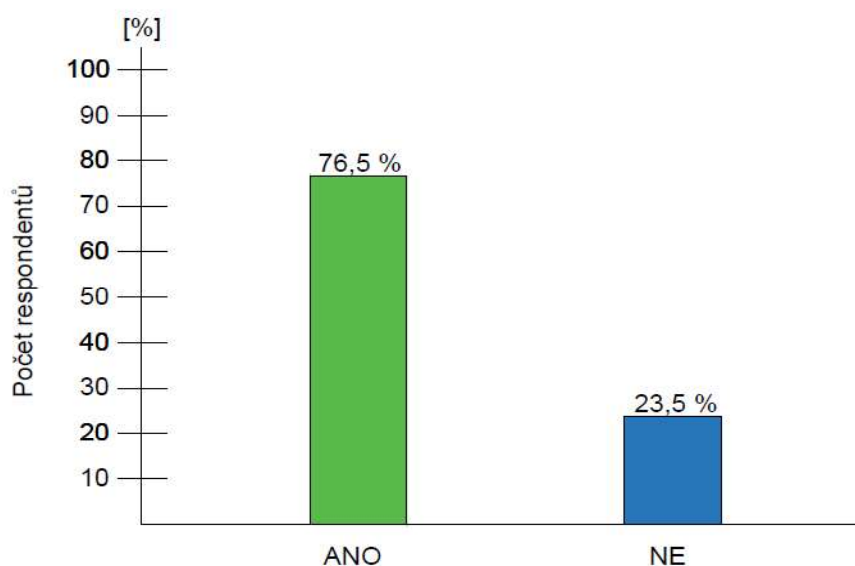
Po dokončení průzkumu byla získána data od 234 respondentů. Z těchto dotazníků bylo 13 dotazníků vyhodnoceno za neplatné z důvodu pouze částečného vyplnění dotazníku. Celkem bylo uvažováno 221 dotazníků vhodných ke statistickému vyhodnocení. Vyhodnocení otázek bylo na základě procentuálních hodnot. Závislost posloupnosti testovaných vzorků byla vyhodnocena pomocí statistické metody Friedmanova testu. Získaná data byla přepsána do softwaru Excel a vyhodnocena pomocí třiceti denní verze softwaru Analyse-it_5_40_2 a následně zpracována do grafů.

3.2.3.1 Vyhodnocení sloučení dat dotazníků „A“ a „B“

Pro zjištění vhodnosti použité metody dvou nahrávek různého pořadí vzorků byly otázky poslechové části vyhodnoceny, obdobně jako u experimentu hlasových zpráv, pomocí Friedmanova testu (Příloha 1). Friedmanův test slouží k vyjádření závislosti pořadí. Ze získaných hodnot bylo zjištěno, že v analyzovaných vzorcích existují statisticky významné rozdíly. Bylo vhodné zvolit metodu minimálně dvou poslechových vzorků s různým pořadím. Pro získání výsledků bez významných parametrických odchylek by bylo vhodné zvolit metodu s rovnoměrným rozdělením účastníků a vzorků, které by byly variačně plně rozdílné. Na základě statistického výstupu Friedmanova testu byly výsledky skupin „A“ a „B“ sloučeny a vyhodnocovány dohromady.

3.2.3.2 Vyhodnocení dotazníků

V první otázce byli účastníci dotázáni, zda se již setkali s vyhlášením evakuace pomocí akustického signálu. Odpověď byla na výběr „Ano“ nebo „Ne“. Výsledky jsou zaznamenány do grafu na Obr. 21. Z celku 221 účastníků se 169 osob (76,5 %) již setkalo s vyhlášením evakuace objektu pomocí akustické signalizace.



Obr. 21: Grafické zobrazení odpovědí na otázku č. 1

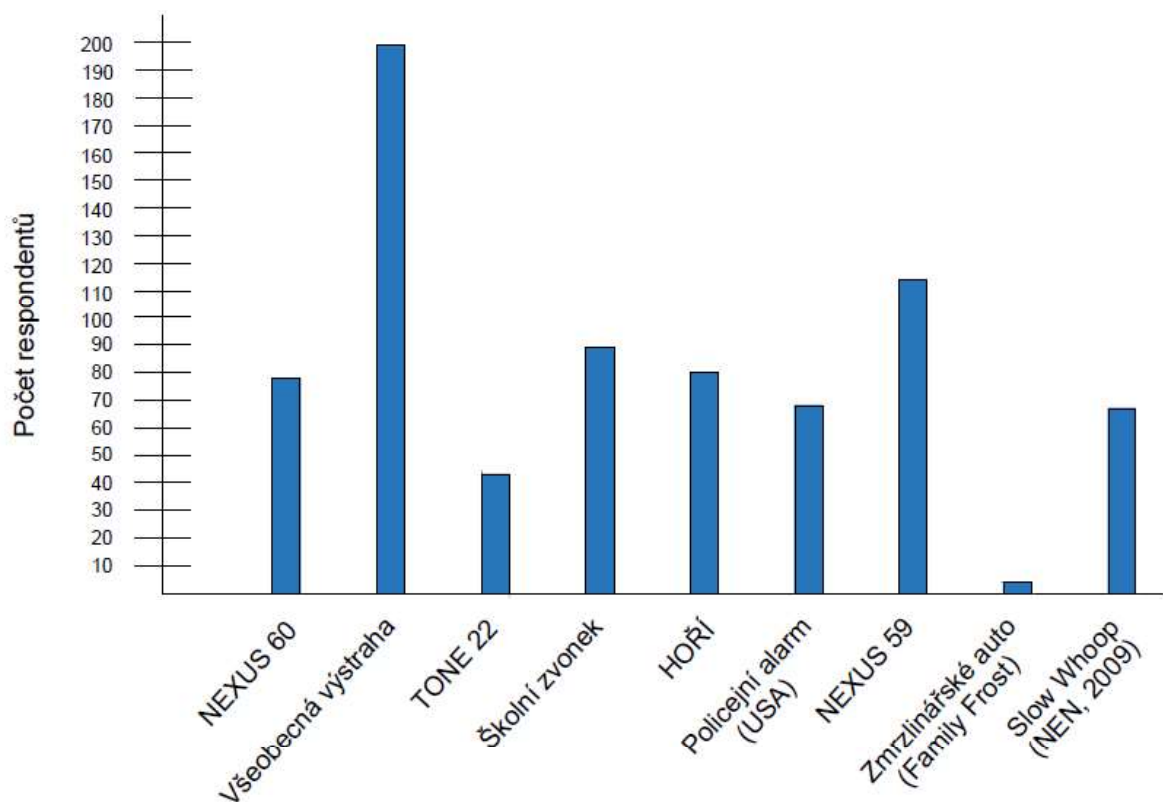
Zbylé otázky v dotazníku byly navrženy s poslechem. V otázce č. 2 respondent rozhodoval, zda přehrávaný akustický signál slouží pro vyhlášení evakuace veřejného objektu. Na výběr byly odpovědi „ano“ nebo „ne“. Základní vlastnosti a výsledky akustických signálů jsou shrnuty v Tab. 21. a zaznamenány do grafu na Obr. 22.

Název signálu	Počet bodu	Procenta	Pořadí	Frekvence [Hz]	Zvuk [%]	Ticho [%]
Všeobecná výstraha	199	90,45 %	1.	180 - 400	100	0
NEXUS 59	114	51,82 %	2.	880-740	66	34
Školní zvonek	89	40,45 %	3.	-	100	0
HOŘÍ	80	36,36 %	4.	300/400	100	0
NEXUS 60	78	35,45 %	5.	740	100	0
Policejní alarm (USA)	68	30,91 %	6.	650/850	100	0
Slow Whoop	67	30,45 %	7.	500-1200	87,5	1,25
TONE 22	43	19,55 %	8.	2000	70,6	29,4
Zmrzlinářské auto	4	1,82 %	9.	-	100	0

Tab. 21: Souhrn vlastností a výsledků otázky č.2

Výsledky se jeví dle předpokladů reálné a způsob testování lze nazvat vhodným. Kontrolní signál zmrzlinářského auta byl vybrán celkem čtyřmi respondenty, z celku necelými 2 % respondentů, tento výsledek lze vysvětlit neznalostí melodie nebo záměrným vtípem.

Dle předpokladu první hypotézy je signál „Všeobecné výstrahy“ pro většinu osob známy a 90 % dotazovaných osob označilo tento signál jako sloužící pro evakuaci veřejného objektu. Na základě literární rešerše bylo zjištěno, že signál všeobecné výstrahy slouží pouze k vyhlášení plošné evakuace, signál není používán pro vyhlášení evakuace veřejných objektů. Z těchto získaných výsledků je zjevné, jak důležitá je informovanost obyvatel. Jako druhý nejčastěji hodnocený signál využívaný k evakuaci byl určen 51,82 % signál „NEXUS 59“, jehož frekvence má klesající tendenci a zároveň jeho poměr zvuku a ticha je 66:34 %. Tento výsledek nekoresponduje s druhou hypotézou, která předpokládala vhodnější vzrůstající tendenci akustických signálů. Na základě literární rešerše byl stanoven ideální vzorec akustického signálu, který měl mít maximálně 30 % doby ticha, ani tuto vlastnost druhý nejlépe hodnocený signál nespĺňuje. Výsledky ostatních signálů jsou velice vyrovnané, pohybují se mezi 30 – 40 %.



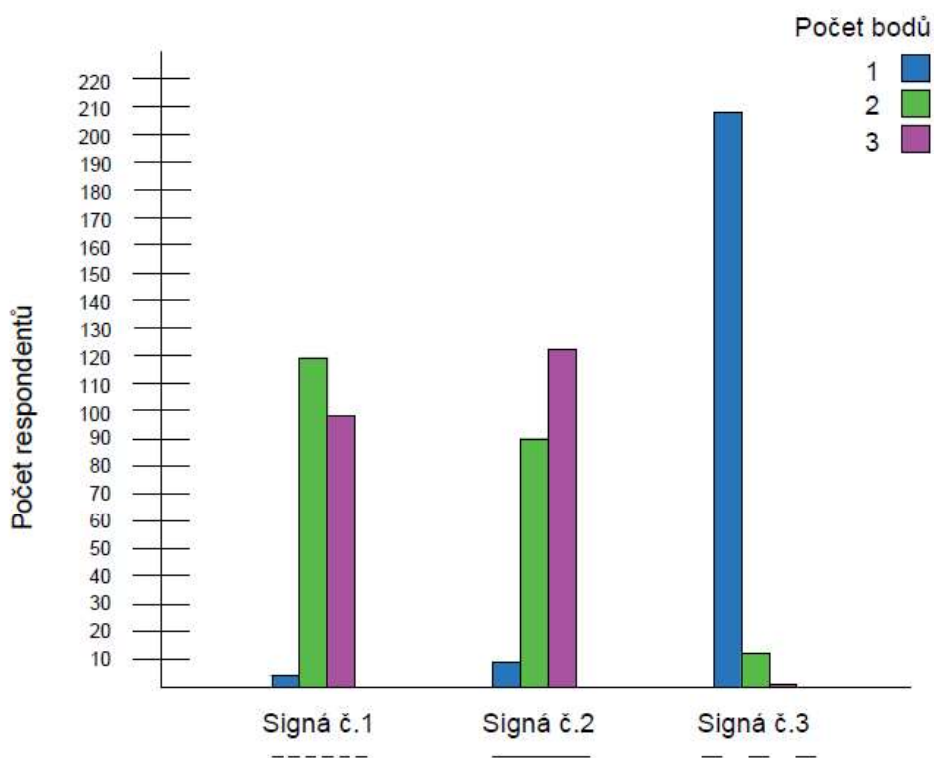
Obr. 22: Grafické vyhodnocení otázky č.2

V dalších otázkách byly využity vždy tři akustické signály, na kterých byly pozorovány vlastnosti poměru zvuku a ticha Obr. 23, směr frekvenčního rozsahu Obr. 24 a celkový frekvenční rozsah Obr. 25. Vyhodnocení akustických signálů bylo pomocí Likterovy stupnice hodnocené od 1 – 3.

V Tab. 22 jsou uvedené vlastnosti a výsledky otázky č. 3. Ze získaných výsledků lze říci, že poměr dob zvuku a ticha by měl být co nejmenší.

Pořadí signálů	Vlastnost Z/T [%]	Nejvíce naléhavý signál		Nejméně naléhavý signál		Celkem bodů	Aritmetický průměr	Pořadí signálů
		1	2	3	3			
Signál č.1	60/40	4	119	98	536	2,43	2.	
Signál č.2	100/-	9	90	122	555	2,51	1.	
Signál č.3	20/80	208	12	1	235	1,06	3.	

Tab. 22: Souhrn vlastností a výsledků otázky č.3

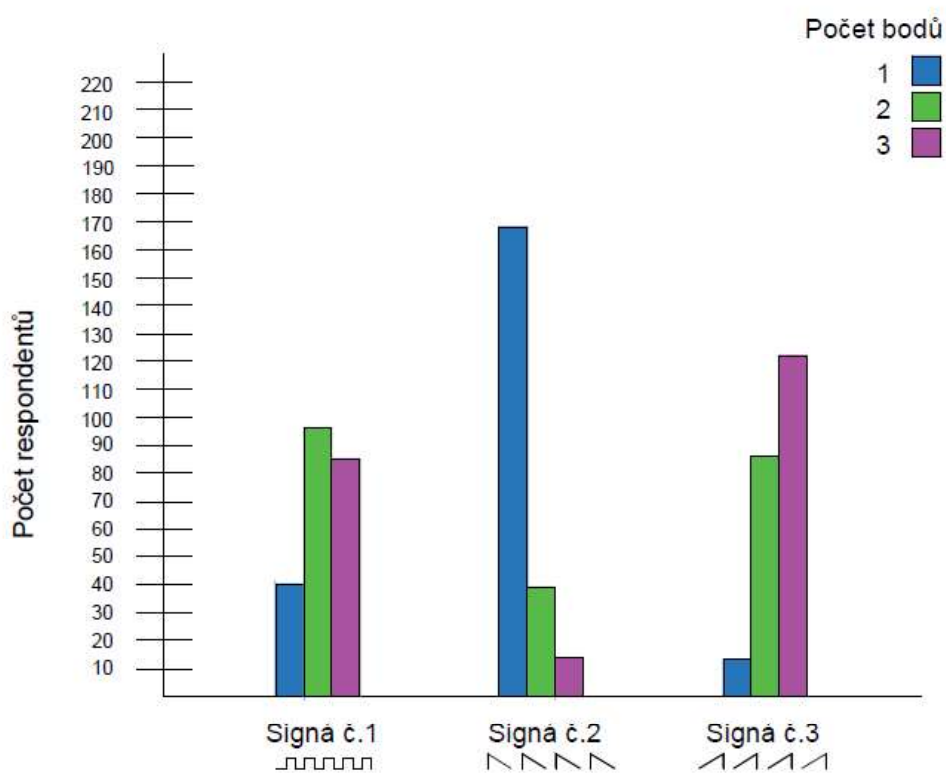


Obr. 23: Vyhodnocení otázky č. 3, zhodnocení poměrů zvuku a ticha

V Tab. 23 jsou vlastnosti a výsledky otázky č. 4. Ze získaných výsledků lze říci, že vzrůstající frekvence je nejnaléhavější a kolísavá frekvence je také hodnocena jako naléhavá. Tímto byla potvrzena druhá hypotéza.

Pořadí signálů	Vlastnost frekvence	Nejvíce naléhavý signál		Nejméně naléhavý signál	Celkem bodů	Aritmetický průměr	Pořadí signálů
		1	2	3			
Signál č.1	kolísavá	40	96	85	487	2,2	2.
Signál č.2	klesající	168	39	14	288	1,3	3.
Signál č.3	rostoucí	13	86	122	551	2,49	1.

Tab. 23: Souhrn vlastností a výsledků otázky č.4

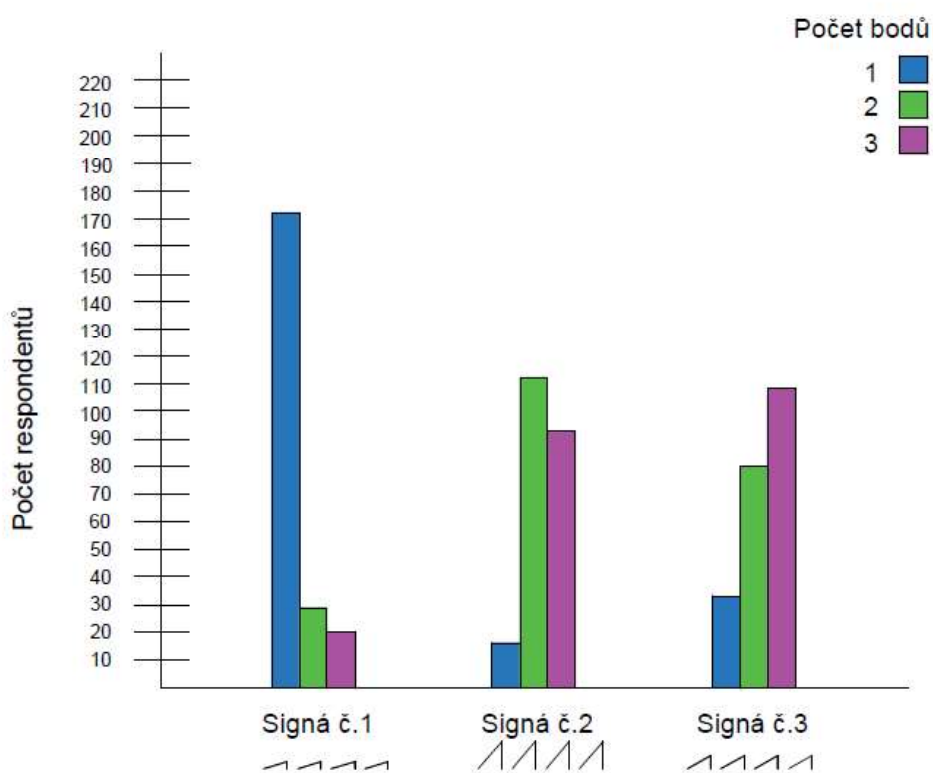


Obr. 24: Vyhodnocení otázky č.4, zhodnocení frekvenčního směru

V Tab. 24 jsou vlastnosti a výsledky otázky č. 5. Ze získaných výsledků lze říci, že frekvence v rozsahu okolo 750 – 2400 Hz je nejvhodnější pro akustický signál vyzývající k evakuaci objektu.

Pořadí signálů	Vlastnost frekvence [Hz]	Nejvíce naléhavý signál		Nejméně naléhavý signál	Celkem bodů	Aritmetický průměr	Pořadí signálů
		1	2	3			
Signál č.1	500-800	172	29	20	290	1,31	3.
Signál č.2	1200-2400	16	112	93	519	2,35	1.
Signál č.3	750-1200	33	80	108	517	2,34	2.

Tab. 24: Souhrn vlastností a výsledků otázky č.5



Obr. 25: Vyhodnocení otázky č.5, zhodnocení frekvenčního rozsahu

3.2.3.3 Aplikace výsledků experimentu

Na základě získaných výsledků z experimentu na akustické signály lze vyhodnotit charakteristické vlastnosti ideálního akustického signálu stanovené na základě literární rešerše.

Akustický signál složený ze zvuku s maximálně 30 % fázemi ticha

Tato vlastnost akustického signálu se nepotvrdila, kladně jsou hodnoceny i signály s poměrem fází doby zvuku a ticha 60:40 %. Na základě výsledků otázky č. 2 je možné stanovit, že na vnímání akustického signálu jako signálu vyzývajícího k evakuaci nemá vliv, zda se jedná

o tón s fází ticha nebo naopak bez fáze ticha. Fáze ticha by měly být menší nebo shodné s délkou fáze zvuku.

Efektivnější je signál s frekvencí vzrůstajícího nebo kolísajícího charakteru

Vyhodnocení tohoto faktoru je řešeno na základě výsledků otázky č.2 a 4. V otázce č. 2 byl signál s klesající tendencí frekvence označen více jak polovinou respondentů jako signál sloužící k evakuaci. V otázce č. 4. byl ten samý signál hodnocen jako nejméně důvěryhodný k vyhlášení evakuace. Osoby potvrdili stanovený faktor stoupající případně kolísavé frekvence jako naléhavější a návazně vhodnější pro vyhlášení evakuace, tímto byla potvrzena hypotéza, že frekvence se vzrůstající tendencí je naléhavější. Zároveň respondenti uvedli v otázce č. 2, že se jim signál s klesající tendencí frekvence jeví jako sloužící signál pro vyhlášení evakuace veřejného objektu. Pouze jedna osoba označila signál s klesající tendencí v otázce č. 2 jako signál sloužící k evakuaci a zároveň ho v otázce č. 4 označila za nejvíce naléhavý. Ze získaných výsledků lze vyhodnotit, že osoby mají zkušenosti se signály k vyhlášení evakuace, které vyhodnocují jako málo naléhavé, a tedy nevhodně navržené k vyhlášení evakuace objektu.

Frekvence v rozsahu 600-1200 Hz

Zhodnocení frekvenčních rozsahů bylo navrženo pomocí otázky č. 2 a 5. Ze získaných výsledků otázky č. 5 byly stanoveny shodné výsledky pro akustické signály v rozsahu 750–1200 Hz a 1200–2400 Hz. Za vhodný frekvenční rozsah lze považovat vyšší frekvenční hodnoty 750 Hz. Stanovení ideálního frekvenčního rozsahu na základě literární rešerše je ze spodní hranice dodrženo, ale horní hranice je posunuta na 2400 Hz. Na základě výsledků otázky č. 2 se nejvíce jeví rozsah frekvence jako hlavní faktor, který by byl pro respondenty rozhodující o skutečnosti akustického signálu. V otázce č. 2 byly signály s nižším frekvenčním rozsahem hodnoceny jako signály sloužící pro signalizaci evakuace v objektech. Tento výsledek mohl být ovlivněn na základě zkušeností respondentů nebo faktor rozsahu frekvence není rozhodujícím faktorem.

4 Závěr diplomové práce

Nouzová zvuková signalizace by měla být dobře slyšitelná a všem osobám známá. Toto jsou klíčové poznatky, na kterých se shodují autoři studií, projektanti staveb a zařízení a také záchranné složky.

Dostatečná a správně nastavená zvučnost nouzové akustické signalizace je ovlivněna několika faktory – umístěním reproduktorů a nastavenou hlasitostí. Hlavním problémem, na kterém se projektanti shodují, je testování a zkoušení těchto zařízení instalovaných v objektu za nestandardních podmínek. Ve většině případů jsou zkoušky prováděny v prázdném nevybaveném objektu, kde dochází k mnohem nižší pohltivosti zvuku a dochází k vyšší průzvučnosti. V reálné nouzové situaci vybaveného objektu pak některé místnosti nejsou zvukovým signálem zasaženy nebo je zde hlasitost příliš nízká a osoby ji slyší nedostatečně. V případech, kdy je objekt vybaven v různých zónách různou signalizací může docházet k nepříznivým průzvučnostem a snížení věrohodnosti a funkčnosti vyhlášení evakuace. Na základě těchto zkušeností je možné řešení konání zkoušek vhodného ozvučení za standardních podmínek nebo umisťovat reproduktory do každé místnosti, kde se předpokládá pobyt osob. Dále je vhodné v objektu instalovat pouze jeden systém vyhlášení nouzové situace.

Pro vyhlášení evakuace objektu je možné využít verbální zprávu, akustický signál nebo kombinaci akustického alarmu a následné verbální zprávy tzv. nouzový zvukový systém. Z uvedených studií nelze vyvodit závěry, které řešení akustického vyhlášení evakuace je nejspolehlivější. Většina studií uvádí předpoklad vyšší efektivity verbální zprávy, naopak experiment [12] prokazuje rychlejší dobu reakce na evakuaci v případě vyhlášení nouzového stavu akustickým signálem. Studie [27], [26], které se zabývaly pouze průzkumem efektivity akustických signálů došly k závěrům nutného omezení matoucích akustických signalizací.

Některé studie [27], [13] navrhují řešení jejich neuspokojivých výsledků provádět častější cvičné evakuace, zatímco jiné studie [24, 25] naopak hovoří o postupné degradaci účinků a nedůvěře výstražných alarmů. V nynější době můžeme mluvit ve svém okolí o zvukovém smogu, například mnoho lidí již nereaguje na alarmy značící automobilovou krádež z důvodu, že se poměrně často jedná o plané poplachy. Když tedy uslyší osoba pro ni akustický známý zvuk jako je automobilový poplach krádeže, může ho přehlížet, protože psychicky je tento podnět zařazen jako nespolehlivý. Lidé považují výstražnou signalizaci za platnou, pokud vnímání signálu odpovídá jejich mentální reprezentaci skutečného alarmu vytvořeného na základě předchozích zkušeností. Objekty, které podléhají nejčastějším cvičným evakuacím jsou vzdělávací zařízení dětí a mladistvých, a proto je doporučeno zde začít vzděláváním v oblasti nouzových signalizací.

4.1 Zhodnocení cílů diplomové práce

Na základě získaných informací z literární rešerše a praktické části diplomové práce bylo možno zhodnotit stanovené cíle této diplomové práce. Zhodnocení prostředků a normativních požadavků k vyhlášení evakuace bylo stanoveno na základě literární rešerše. Postup návrhu akustického zařízení k vyhlášení evakuace byl vyhodnocen na základě odborných konzultací s projektanty těchto zařízení, příslušníky HZS a projektanty PBR. Dále byly vyhodnoceny vlastnosti akustických signalizací stanovené na základě literární rešerše. Posledním cílem této práce bylo stanovit ideální vlastnosti hlasových zpráv a akustických signálů k vyhlášení evakuace získaných na základě praktické části této práce.

4.1.1 Vyhodnocení prostředků a požadavků sloužících k vyhlášení evakuace

Na obchodním trhu je mnoho druhů různých zařízení sloužících k vyhlášení evakuace. Tato zařízení jsou v mnoha případech variabilní, mohou sloužit k veřejnému ozvučení objektu a zároveň splňují požadavky na nouzové ozvučení objektu. Zařízení pro nouzovou signalizaci k evakuaci jsou uvedena v kapitole 2.4. Ze získaných informací od odborné veřejnosti lze vyhodnotit skeptický názor na funkci a vhodnost instalace autonomních hlásičů. Z důvodu celkové digitalizace a ozvučení mnoha subjektů v našem blízkém okolí, bývá hlášení poruchy zaměňováno za hlášení požáru nebo naopak hlášení požáru přehlíženo z důvodu častého hlášení poruchy. Zároveň tento způsob detekce a signalizace nepodléhá pravidelným servisním kontrolám, a proto ho odborná veřejnost shledává neefektivním.

České technické normy požární bezpečnosti ČSN 73 08XX ve svém výkladu využívají různou terminologii a pro uživatele jsou svým způsobem zmatečné. Určité systémy jsou různě pojmenovány například: domácí rozhlas, domácí rozhlas s nuceným poslechem, evakuační rozhlas s nuceným poslechem, poplašné signalizační zařízení nebo nouzový zvukový systém podle ČSN EN 60849. V rámci těchto norem jsou uvedeny požadavky na určení nouzového zvukového systému pouze pro některé druhy provozů nebo pro objekty, kde se uvažuje s postupnou evakuací. Z literární rešerše českých technických norem lze vyhodnotit neucelenost pojmů. V zahraničních normách se lze setkat se specifikací konkrétních podmínek pro zařízení a podobu akustického signálu. Na rozdíl od ČSN se některé zahraniční normy vyjadřují ke konkrétním specifikacím evakuačního alarmu nebo přímo určují konkrétní signál například: T-3, Slow Whoop.

4.1.2 Vyhodnocení postupu návrhu požárně bezpečnostní zvukové signalizace

V současné době výběr vhodné evakuační zvukové signalizace (siréna či rozhlas) určuje projektant požárně bezpečnostního řešení. O výběru konkrétního zařízení s technickými parametry rozhoduje až projektant požárně bezpečnostního zařízení. Zvukový signál a záznam je automaticky nastaven u každého zvukového zařízení, případně ho z předem nastavených možností vybírá technik objektu. Majitel objektu může rozhodnout o zařízení i konkrétním

signálu nebo zvukové zprávě, pokud není toto zařízení specifikováno v dokumentaci požárně bezpečnostního řešení. Na základě těchto skutečností a názoru odborné veřejnosti, ohledně postupu návrhu nouzové zvukové signalizace, lze vyhodnotit tento postup jako neefektivní. **Rozhodnutí o konkrétním zařízení, signálu nebo hlášení by mělo být na osobě s odborným vzděláním v požární ochraně, nikoliv na majiteli nebo provozovateli objektu.**

4.1.3 Charakteristika vlastností hlasové zprávy a akustického signálu na základě literární rešerše

Vzorec pro ideální rozhlasovou zprávu k vyhlášení evakuace objektu

Ideální rozhlasová zpráva je navržena ze stručných a jednoduchých vět, které budou dobře srozumitelné a jednosmyslné. Sdělovatel by měl mít klidný a důvěry hodný hlas bez logopedických vad. Pohlaví sdělovatele není rozhodujícím faktorem.

Rozhlasová zpráva by měla být navržena ze tří fází o maximální počtu šesti klíčových informací. V první fázi by mělo být slovní upoutání pozornosti, které může být ohlášeno akustickým signálem. V této fázi by měla být uvedena slova „Pozor“, „Prosím o pozornost“ nebo „Pozor, hlášení“. Následovat by měla druhá fáze vysvětlující důvod hlášení. Důvod hlášení by měl poskytovat pravdivé informace na základě vzniklé situace a v případě požáru v objektu je vhodné zmínit slovo „Požár“. V závěru hlášení by měly být řečeny instrukce zajišťující rychlou a bezpečnou evakuaci objektu. Instruktažní část hlášení by měla poskytovat informace o možnostech únikových cest a zachování klidu. Je vhodné slova „Evakuovat / Evakuace“ nahradit slovy „Opustit“.

Rozhlasová zpráva by měla být cyklicky opakována umožňuje-li to zařízení objektu. V případě domácího rozhlasu by měla být zpráva minimálně dvakrát opakována.

Evakuační hlášení by mělo být řečeno minimálně dvojjazyčně. A to vždy úředním jazykem země a jedním národním jazykem dle výběru provozovatele objektu.

Vzorec ideálního akustického signálu

Ideální akustický signál by měl mít pouze fázi zvuku nebo by fáze ticha by měly být menší nebo shodné s délkou fází zvuku. Frekvenční směr akustického signálu by měl být vzrůstající nebo kolísavé tendence. Frekvenční rozsah je vhodné omezit na spodní hranici na 750 Hz.

Akustický signál by měl být všem osobám dobře známý. **V rámci experimentu byl využit akustický signál „Všeobecná výstraha“, který je standardizován na území České republiky a občané by měly znát jeho význam. V případě osvěty a rozšíření významu signálu „Všeobecná výstraha“, by byl tento signál velmi vhodný pro jednotné vyhlášení evakuací v objektech.**

4.1.4 Vyhodnocení návrhu vlastností hlasových zpráv a akustických signálů na základě praktické části

Rozhlasové zprávy

Na základě získaných informací z experimentu na rozhlasové zprávy lze stanovit nejvhodnější podobu rozhlasové zprávy pro veřejné objekty. Zpráva může být řečena mužem i ženou, pohlaví oznamovatele nemá na naléhavost hlášení vliv. Zpráva by měla být řečena dvojjazyčně, a to úředním jazykem země a jedním světovým jazykem, který bude vybrán na základě účelu objektu.

Hlasová zpráva by měla mít tři fáze. První fáze by měla zajistit upoutání pozornosti, a to nejlépe slovem „Pozor“. Následovat by mělo zdůvodnění hlášení, a to nejvhodněji s označením vzniklé události například „Toto je požární poplach“. Není vhodné uvádět obecná spojení „Nastala výjimečná událost“, „Hrozí nebezpečí z důvodu“, že tyto obecné fráze nezní naléhavě a neinformují o reálném vzniklém nebezpečí. Na závěr by měly být určeny pokyny k bezpečné evakuaci. V těchto pokynech by nemělo být uvedeno slovo „Evakuovat“, osobám může připadat cizí a nesrozumitelné, ale je vhodné ho nahradit slovy „Opusťte budovu“. Osoby chtějí slyšet, ať už kvůli sobě nebo svému okolí, slova „Zachovejte klid“. V závěru celého hlášení je nutné informovat o možnostech únikových cest – „Nejbližší únikové východy“, „Označené východy“, „Nepoužívat výtahy“.

Slovní hlášení by mělo být řečeno zdvořile nejlépe s obsaženým slovem „Prosím“. Dále byla potvrzena teorie studie [20], že slovo „Požár“ je vhodné použít v případě hlášení požáru v objektu.

Akustické signály

Na základě získaných informací z dotazníku na akustické signály lze stanovit nejvhodnější podobu akustického evakuačního signálu pro veřejné objekty. Charakteristické vlastnosti byly pozorovány pomocí vždy tří rozdílných akustických vzorků.

Akustický signál by měl být řešen signálem bez fází ticha nebo signálem, který bude mít fáze ticha menší nebo shodné s fází zvuku. Dle získaných informací je vhodný směr frekvenčního rozsahu stoupající nebo kolísavý pro akustický signál k vyhlášení evakuace. Zhodnocením vhodného frekvenčního rozsahu byla stanovena hranice 750–2400 Hz. Z úkolu, kdy osoby rozhodovaly, zda je zvukový záznam skutečného signálu bylo zjištěno, že respondenti uvádí spíše signály s nižším rozsahem frekvencí.

Respondenti označili signály s vlastnostmi, které neodpovídají efektivnímu vyhlášení evakuace, jako skutečné signály pro vyhlášení evakuace objektu. Na základě získaných informací lze stanovit, že osoby mají zkušenost s akustickými signály, které nemají efektivní směr a rozsah frekvence.

Srovnání rozhlasových zpráv a akustických signálů

Na základě získaných informací z dotazníků rozhlasových zpráv a akustických signálů není možné stanovit, který způsob vyhlášení je efektivnější. Osobám je známější způsob vyhlášení evakuace pomocí akustického signálu. Toto tvrzení se potvrdilo získanými výsledky z experimentu na akustické signály, kdy 90 % zúčastněných osob označilo signál „Všeobecné výstrahy“ za signál skutečný pro vyhlášení evakuace objektů, ačkoliv je tento signál určený pro celoplošnou evakuaci osob. **Na základě tohoto zjištění by bylo vhodné zvážit sjednocení jednoho akustického signálu sloužícího k evakuaci osob plošně i objektově. Nejvhodnějším řešením se jeví signál „Všeobecné výstrahy“.**

Seznam obrázků

Obr. 1: Grafické znázornění signálu - „Všeobecná výstraha“[4].....	3
Obr. 2: Grafické znázornění časů ASET a RSET, převzato[5].....	6
Obr. 3: Model posloupnosti lidského chování během krizové situace [19].....	10
Obr. 4: Graf závislosti reakční doby na různé způsoby vyhlášení nouzové situace, převzato a upraveno [13].....	12
Obr. 5: Graf znázorňující schopnost respondentů identifikovat signál, převzato a přeloženo [28].....	16
Obr. 6: Blokové schéma reakce na poplachový stav, převzato [32]	20
Obr. 7: Schéma frekvenční křivky [36].....	23
Obr. 8:Zobrazení akustického dojmu různých zvuků [37].....	24
Obr. 9: Vyjádření srozumitelnosti pomocí hodnot CIS (Common Intelligibility Scale) a STI (Speech Transmission Index), převzato [43]	28
Obr. 10: Vyhodnocení setkání s vyhlášením evakuace pomocí hlasové zprávy.	44
Obr. 11: Vyhodnocení zastoupení fází v evakuační hlasové zprávě.....	45
Obr. 12: Počet využitých informací o postupu evakuace ve 4.fázi	47
Obr. 13: Počet slov využitých v evakuační zprávě	47
Obr. 14: Počet jazyků využitých pro hlášení evakuační zprávy	48
Obr. 15: Graf znázorňující požadavek na hlášení v českém jazyce na území ČR	48
Obr. 16: Graf znázorňující procentuální výsledky otázky č. 5.	49
Obr. 17: Grafické znázornění odpovědí otázky č. 6.....	50
Obr. 18: Grafické znázornění vhodnosti pohlaví oznamovatele na základě výsledků otázky č.7 a 8.	50
Obr. 19: Grafické znázornění výsledků otázky č.7	51
Obr. 20: Grafické znázornění otázky č.8	52
Obr. 21: Grafické zobrazení odpovědí na otázku č. 1	60
Obr. 22: Grafické vyhodnocení otázky č.2	62
Obr. 23: Vyhodnocení otázky č. 3, zhodnocení poměrů zvuku a ticha	63
Obr. 24: Vyhodnocení otázky č.4, zhodnocení frekvenčního směru	64
Obr. 25: Vyhodnocení otázky č.5, zhodnocení frekvenčního rozsahu	65

Seznam tabulek

Tab. 1: Doba evakuace v bytových domech, převzato a upraveno [14]	9
Tab. 2: Výpis zkoušených akustických signálů z vybrané literatury a jejich akustické vlastnosti, převzato [27].....	14
Tab. 3: Výpis výsledků všech zkoušených signálů, převzato a přeloženo [27]	14
Tab. 4: Tabulka C.1 - Sekvence tónů a zpráv, převzato [42].....	27
Tab. 5: Souhrn požadavků na zařízení k vyhlášení evakuace dle ČSN norem	30
Tab. 6: Pořadí rozhlasových zpráv otázky č. 6 ve smyčce „A“ a „B“	42
Tab. 7: Pořadí rozhlasových zpráv otázky č. 7 ve smyčce „A“ a „B“.....	42
Tab. 8: Pořadí rozhlasových zpráv otázky č. 8 ve smyčce „A“ a „B“	43
Tab. 9: Výpis použitých slov v otázce č. 2 rozdělených dle fází.....	45
Tab. 10: Souhrn výsledků zastoupení klíčových slov v rozhlasové zprávě.....	46
Tab. 11: Tabulka výsledků otázky č.7	51
Tab. 12: Tabulka výsledků otázky č.8	51
Tab. 13: Zvukové signály pro otázku č. 2 skupina „A“	57
Tab. 14: Zvukové signály pro otázku č. 3 skupina „A“	57
Tab. 15: Zvukové signály pro otázku č.4 skupina „A“	57
Tab. 16: Zvukové signály pro otázku č. 5 skupina A.....	57
Tab. 17: Pořadí signálů otázky č. 2 ve smyčce „A“ a „B“	59
Tab. 18: Pořadí signálů otázky č. 3 ve smyčce „A“ a „B“	59
Tab. 19: Pořadí signálů otázky č. 4 ve smyčce „A“ a „B“	59
Tab. 20: Pořadí signálů otázky č. 5 ve smyčce „A“ a „B“	59
Tab. 21: Souhrn vlastností a výsledků otázky č.2.....	61
Tab. 22: Souhrn vlastností a výsledků otázky č.3.....	63
Tab. 23: Souhrn vlastností a výsledků otázky č.4.....	64
Tab. 24: Souhrn vlastností a výsledků otázky č.5.....	65

Literatura

- [1] KRATOCHVÍLOVÁ, D. *Ochrana obyvatelstva*. Ostrava: SPBI, 2005. ISBN 80-86634-70-1.
- [2] FOLWARCZNY, L.; POKORNÝ, J. *Evakuace osob*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. ISBN 978-80-86634-92-0.
- [3] *O sirénách - Varování obyvatelstva [online]. Dostupné z: <https://www.hscr.cz/clanek/sireny.aspx>*
- [4] FOLWARCZNY, Ing Libor. Evakuace osob v objektech zdravotnických zařízení. 2006, 13.
- [5] ČSN 73 0802 - *Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty (2009), změna Z1 (2013), změna Z2 (2015)*
- [6] ČSN 73 0804 - *Požární bezpečnost staveb - Výrobní objekty (2010), změna Z1 (2013), změna Z2 (2015)*
- [7] THOMPSON, Peter, Daniel NILSSON, Karen BOYCE a Denise MCGRATH. Evacuation models are running out of time. *Fire Safety Journal* [online]. 2015, **78**, 251–261. ISSN 03797112. Dostupné z: doi:10.1016/j.firesaf.2015.09.004
- [8] *Zákon č.133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů*
- [9] POON, S.L. A Dynamic Approach to ASET/RSET Assessment in Performance based Design. *Procedia Engineering* [online]. 2014, **71**, 173–181. ISSN 18777058. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2014.04.025
- [10] PROULX, D. Movement of People. The Evacuation Timing. In: *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. Quincy. B.m.: National Fire Protection Association, 2002, Third Edition, Section 3, Chapter 13, s. 342–364. ISBN 0-87765-451-4.
- [11] ČSN 73 0875 - *Požární bezpečnost staveb - Stanovení podmínek pro navrhování elektrické požární signalizace v rámci požárně bezpečnostního řešení (2011)*
- [12] BAYER, K. a T. REJNÖ. Utrymningslarm - Optimering genom fullskaleförsök. [Evacuation alarm - Optimizing through full-scale experiments]. In: . Lund, Sweden: Department of Fire Safety Engineering, Lund University., 1999.
- [13] PROULX, Guylène. Evacuation time and movement in apartment buildings. *Fire Safety Journal* [online]. 1995, **24**(3), 229–246. ISSN 03797112. Dostupné z: doi:10.1016/0379-7112(95)00023-M
- [14] OMORI, Hidemi, Erica D. KULIGOWSKI, Steven M. V. GWYNNE a Kathryn M. BUTLER. Human Response to Emergency Communication: A Review of Guidance on Alerts and Warning Messages for Emergencies in Buildings. *Fire Technology* [online]. 2017, **53**(4), 1641–1668. ISSN 0015-2684, 1572-8099. Dostupné z: doi:10.1007/s10694-017-0653-3

-
- [15] BRUCK, Dorothy a Ian THOMAS. *Waking effectiveness of alarm (auditory, visual and tactile) for adults who are hard of hearing*. 2007.
- [16] GOTO, H., T. SAKAI, K. MIZOGUCHI, Y. TAJIMA a M. IMAI. Odor generation alarm and method for informing unusual situation. 2010, US Patent 20100308995 A1.
- [17] CANTER, D., J. POWELL a K. BROOKER. *Psychological aspects of informative fire warning systems*. Borehamwood: Department of the Environment, Building Research Establishment, Fire Research Station., 1988.
- [18] CANTER, D., J. BREAUX a J. SIME. Domestic, multiple occupancy, and hospital fires. In: *Fires and human behaviour*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd., 1980.
- [19] PROULX, G. a J. SIME. To Prevent „Panic" In An Underground Emergency: Why Not Tell People The Truth? *Fire Safety Science* [online]. 1991, **3**, 843–852. ISSN 18174299. Dostupné z: doi:10.3801/IAFSS.FSS.3-843
- [20] NILSSON, Daniel. Utformning av talade utrymningsmeddelanden. 2006, 54.
- [21] PHILLIPS, B.G. *Escape from Fire – Methods and Requirements*. London: E. & F. N. Spon Ltd, 1951.
- [22] CHERRY, C. Some Experiments on the Recognition of Speech, with One an Two Ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1951, (25(5)), 975–979.
- [23] NILSSON, D., M. JOHANSSON a H. FRANTZICH. Evacuation experiment in a road tunnel: A study of human behaviour and technical installations. In: *Fire Safety Journal*. 2009, 44(4), s. 458–468.
- [24] BREZNITZ, Shlomo. *Cry wolf: the psychology of false alarms*. Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, 1984. ISBN 978-0-89859-296-2.
- [25] BLISS, J.P. *The cry-wolf phenomenon and its effect on operator responses*. University of Central Florida, Orlando. 1993.
- [26] PALMGREN, Robin a Joakim ÅBERG. Vilka ljud- och ljussignaler passar bäst som utrymningslarm? nedatováno, 68.
- [27] PROULX, G., C. LAROCHE, F. JASPERS-FAYER a R. LAVALLÉE. Fire Alarm Signal Recognition. *National Research Council Canada* [online]. 2001 [vid. 2019-03-10]. Dostupné z: doi:10.4224/20386276
- [28] BLISS, James P., Corey K. FALLON a Nicolae NICA. The role of alarm signal duration as a cue for alarm validity. *Applied Ergonomics* [online]. 2007, **38**(2), 191–199. ISSN 00036870. Dostupné z: doi:10.1016/j.apergo.2006.03.004
- [29] OYER, J. a HARDICK, J. *Response of population to optimum warning signal*. nedatováno.
- [30] HAAS, E a EDWORTHY, J. *The perceived urgency of auditory multitone auditory warning signals*. 1995
-

-
- [31] ČSN 34 2710 - *Elektická požární signalizace - Projektování, montáž, užívání, provoz, kontrola, servis a údržba (2011), Z1 (2013)*
- [32] *Vyhláška č. 23/2008 Sb., Vyhláška o technických podmínkách požární ochrany staveb [online]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz>*
- [33] ČSN EN 60849 (36 8012) *Nouzové zvukové systémy (1999)*
- [34] NAVRÁTIL, Leoš a Josef ROSINA. *Medicínská biofyzika*. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 978-80-247-1152-2.
- [35] Elektromagnetické vlnění. In: *Univerzita Palackého V Olomouci. Přírodovědecká fakulta*. 2019.
- [36] PAROC GROUP. *Obecné informace o zvuku*. 2019.
- [37] KLÍMA, Martin. *Vlastnosti ultrazvukového zařízení pro směrově orientovaný přenos zpráv*. B.m.: VUT Brno, 2009.
- [38] HOMOLA, Aleš. *Statoakustický systém [online]*. B.m.: 2.LF UK Praha. 2017. Dostupné z: [fyziologie.lf2.cuni.cz › uceni › sluch_cz_2017](http://fyziologie.lf2.cuni.cz/uceni/sluch_cz_2017)
- [39] KOLMER FELIX a KYNCL JAROSLAV. *Prostorová akustika: vysokoškolská příručka pro vysoké školy technického směru*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, nedatováno.
- [40] SEDLÁŠEK KAREL. *Základy audiologie*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství, 1956.
- [41] JAKUB KALÁNEK. *Praktická realizace generátoru šumu - Bakalářská práce*. VUT Brno: VUT Brno, 2010.
- [42] ČSN EN 54-3 změna A2 (34 2710) - *Elektrická požární signalizace - Část.3: Požární poplachová zařízení - Sirény*. 2007
- [43] NTI AUDIO. *Speech Intelligibility: Measurement with XL2 Analyzer*. https://elimex.hu/upload/files/NTI_STI-PA.pdf. 3. prosinec 2019.
- [44] ČSN 73 0835 - *Požární bezpečnost staveb - Budovy zdravotnických zařízení a sociální péče (2006), změna Z1 (2013)*
- [45] ČSN 73 0845 - *Požární bezpečnost staveb - Sklady (2012)*
- [46] ČSN 73 0833 - *Požární bezpečnost staveb - Budovy pro bydlení a ubytování (2010), změna Z1 (2013)*
- [47] ČSN 73 0831 - *Požární bezpečnost staveb - Shromažďovací prostory (2011), změna Z1 (2013)*
- [48] *ISO 8210 - Alarm systems - Audible emergency evacuation signal (11/2017)*
-

Seznam příloh

Příloha č.1 – Friedmanův test – Analyse it.....	78
Příloha č.2 – Frekvenční analýza akustických signálů – Audicity	84
Příloha č.3 – Dotazník – Rozhlasové zprávy k vyhlášení evakuace ve veřejných budovách	92
Příloha č.4 – Dotazník – Akustické signály pro vyhlášení evakuace ve veřejných budovách	94
Příloha č.5 – CD – Akustické záznamy pro dotazníky skupin „A“ a „B“ pro experiment rozhlasových zpráv a experiment akustických signálů	95

Příloha č.1 – Friedmanův test – Analyse it

Test rozhlasové zprávy - Otázka č. 7

Descriptives

	N	Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
zpráva 1	220	1	2,0	3,0	4,0	5
zpráva 2	220	1	3,0	4,0	4,0	5
zpráva 3	220	1	3,0	4,0	5,0	5
zpráva 4	220	1	3,0	4,0	5,0	5

Location

Friedman test

	n	Rank sum	Mean rank
zpráva 1	220	471,0	2,14
zpráva 2	220	516,5	2,35
zpráva 3	220	656,5	2,98
zpráva 4	220	556,0	2,53

S statistic	63,78
X ² approximation	63,78
DF	3
p-value	<0,0001 ¹

H0: $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = \theta_4$

The median of the populations are all equal.

H1: $\theta_i \neq \theta_j$ for at least one i,j

The median of the populations are not all equal.

¹ Reject the null hypothesis in favour of the alternative hypothesis at the 5% significance level.

Test rozhlasové zprávy - Otázka č. 8

Descriptives

	N	Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
zpráva 1	220	1	2,0	2,0	3,0	5
zpráva 2	220	1	3,0	4,0	5,0	5
zpráva 3	220	1	3,0	4,0	5,0	5

Location

Friedman test

	n	Rank sum	Mean rank
zpráva 1	220	290,0	1,32
zpráva 2	220	529,0	2,40
zpráva 3	220	501,0	2,28
S statistic	178,75		
X ² approximation	178,75		
DF	2		
p-value	<0,0001 ¹		

H0: $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$

The median of the populations are all equal.

H1: $\theta_i \neq \theta_j$ for at least one i,j

The median of the populations are not all equal.

¹ Reject the null hypothesis in favour of the alternative hypothesis at the 5% significance level.

Test akustické signály - Otázka č. 2

Descriptives

	N	221				
		Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
2.signál		0	1,0	1,0	1,0	1
1.signál		0	0,0	0,0	1,0	1
3.signál		0	0,0	0,0	0,0	1
4.signál		0	0,0	0,0	1,0	1
5.signál		0	0,0	0,0	1,0	1
6.signál		0	0,0	0,0	1,0	1
7.signál		0	0,0	1,0	1,0	1
8.signál		0	0,0	0,0	0,0	1
9.signál		0	0,0	0,0	1,0	1

Location

Friedman test

	n	Rank sum	Mean rank
2.signál	221	1629,5	7,37
1.signál	221	1085,0	4,91
3.signál	221	927,5	4,20
4.signál	221	1134,5	5,13
5.signál	221	1094,0	4,95
6.signál	221	1040,0	4,71
7.signál	221	1247,0	5,64
8.signál	221	752,0	3,40
9.signál	221	1035,5	4,69

S statistic	426,28
χ^2 approximation	426,28
DF	8
p-value	<0,0001 ¹

H0: $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 \dots$

The median of the populations are all equal.

H1: $\theta_i \neq \theta_j$ for at least one i,j

The median of the populations are not all equal.

¹ Reject the null hypothesis in favour of the alternative hypothesis at the 5% significance level.

Test akustické signály - Otázka č. 3

Descriptives

	N					
		Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
1.signál	221	1	2,0	2,0	3,0	3
2.signál	221	1	1,0	1,0	1,0	3
3.signál	221	1	2,0	3,0	3,0	3

Location

Friedman test

	n	Rank sum	Mean rank
1.signál	221	487,0	2,20
2.signál	221	288,0	1,30
3.signál	221	551,0	2,49

S statistic	170,24
X ² approximation	170,24
DF	2
p-value	<0,0001 ¹

H0: $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$

The median of the populations are all equal.

H1: $\theta_i \neq \theta_j$ for at least one i,j

The median of the populations are not all equal.

¹ Reject the null hypothesis in favour of the alternative hypothesis at the 5% significance level.

Test akustické signály - Otázka č. 4

Descriptives

	N	221				
		Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
1.signál		1	2,0	2,0	3,0	3
2.signál		1	2,0	3,0	3,0	3
3.signál		1	1,0	1,0	1,0	3

Location

Friedman test

	n	Rank sum	Mean rank
1.signál	221	536,0	2,43
2.signál	221	555,0	2,51
3.signál	221	235,0	1,06

S statistic	291,65
χ^2 approximation	291,65
DF	2
p-value	<0,0001 ¹

H0: $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$

The median of the populations are all equal.

H1: $\theta_i \neq \theta_j$ for at least one i,j

The median of the populations are not all equal.

¹ Reject the null hypothesis in favour of the alternative hypothesis at the 5% significance level.

Test akustické signály - Otázka č. 5

Descriptives

	N	Minimum	1st Quartile	Median	3rd Quartile	Maximum
1.signál	221	1	1,0	1,0	1,0	3
2.signál	221	1	2,0	2,0	3,0	3
3.signál	221	1	2,0	2,0	3,0	3

Location

Friedman test

	n	Rank sum	Mean rank
1.signál	221	290,0	1,31
2.signál	221	519,0	2,35
3.signál	221	517,0	2,34
S statistic	156,82		
X ² approximation	156,82		
DF	2		
p-value	<0,0001 ¹		

H0: $\theta_1 = \theta_2 = \theta_3$

The median of the populations are all equal.

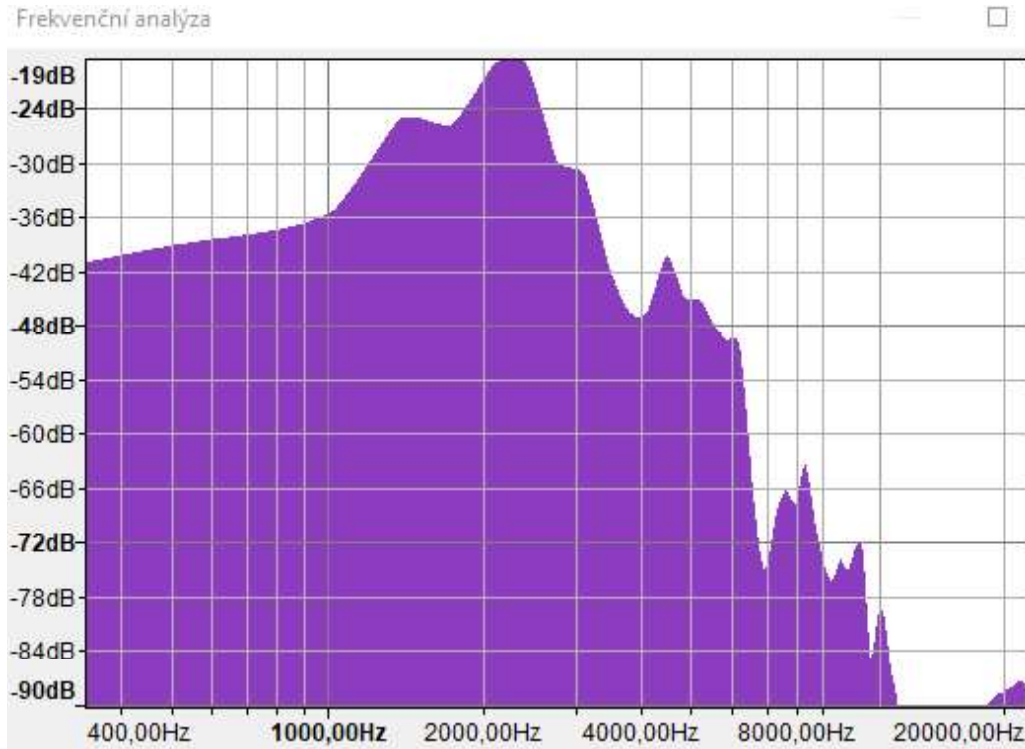
H1: $\theta_i \neq \theta_j$ for at least one i,j

The median of the populations are not all equal.

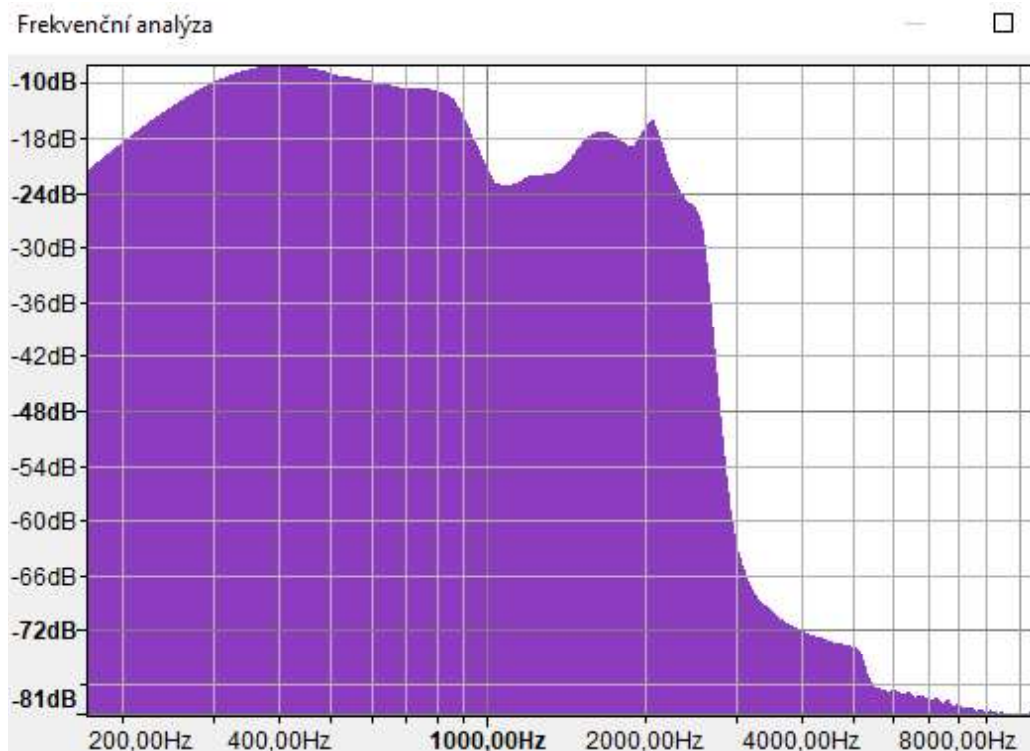
¹ Reject the null hypothesis in favour of the alternative hypothesis at the 5% significance level.

Příloha č.2 – Frekvenční analýza akustických signálů – Audicity

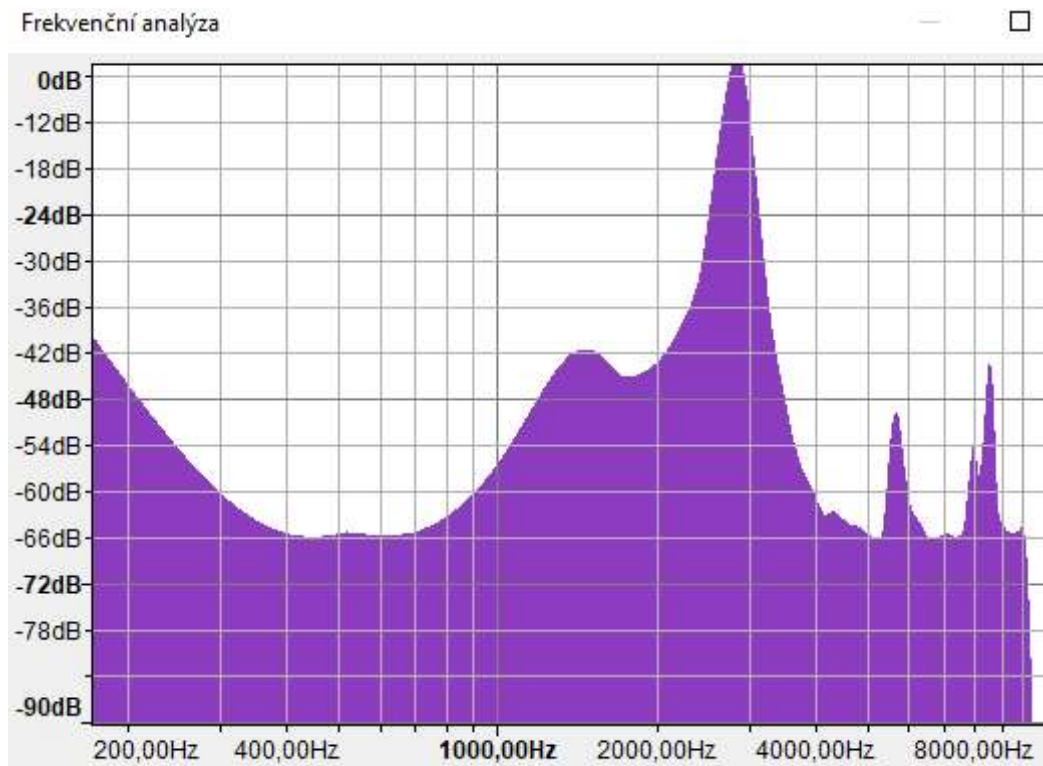
NEXUS 60



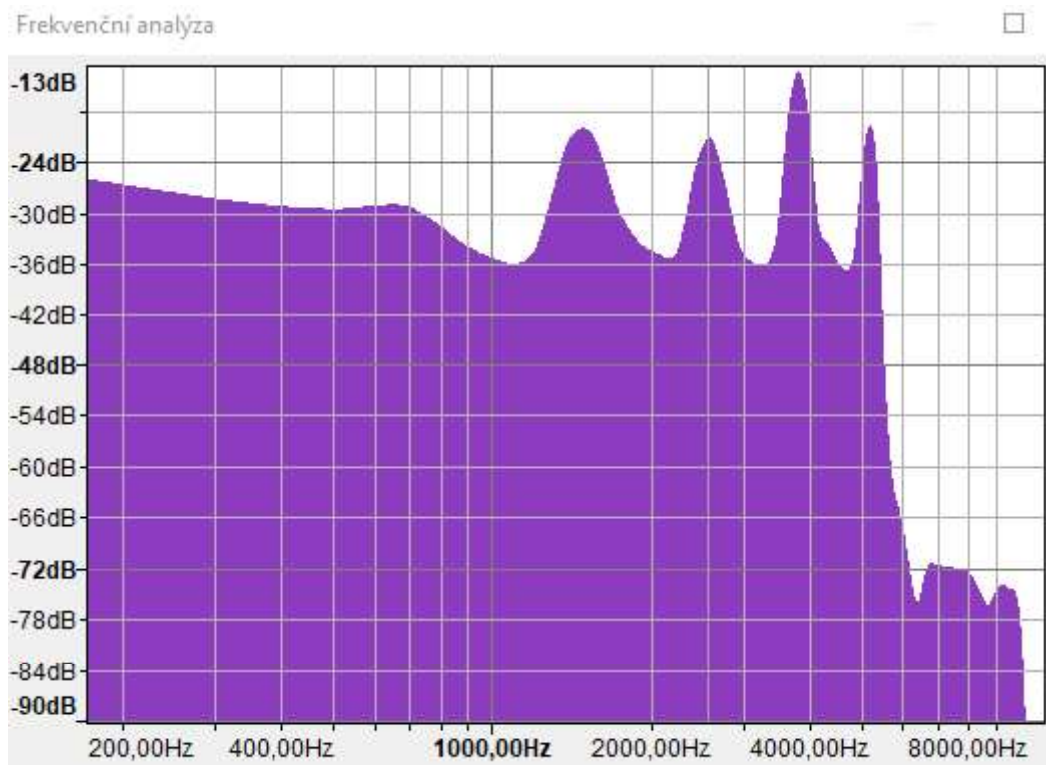
Všeobecná výstraha



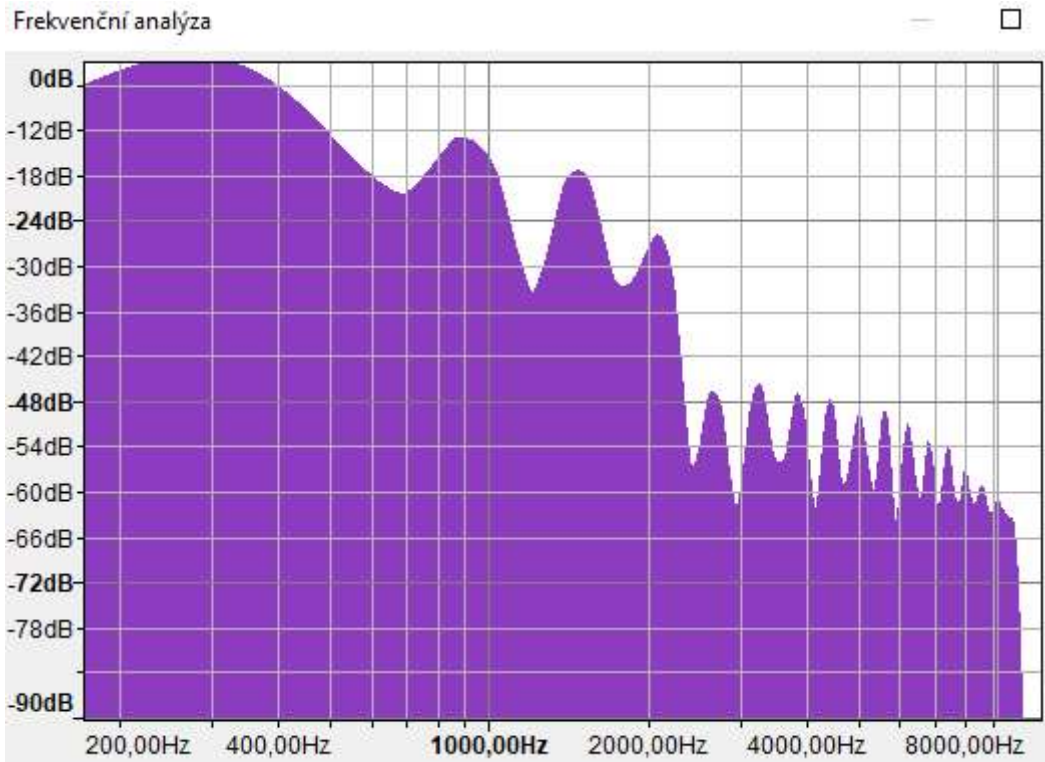
TONE 22



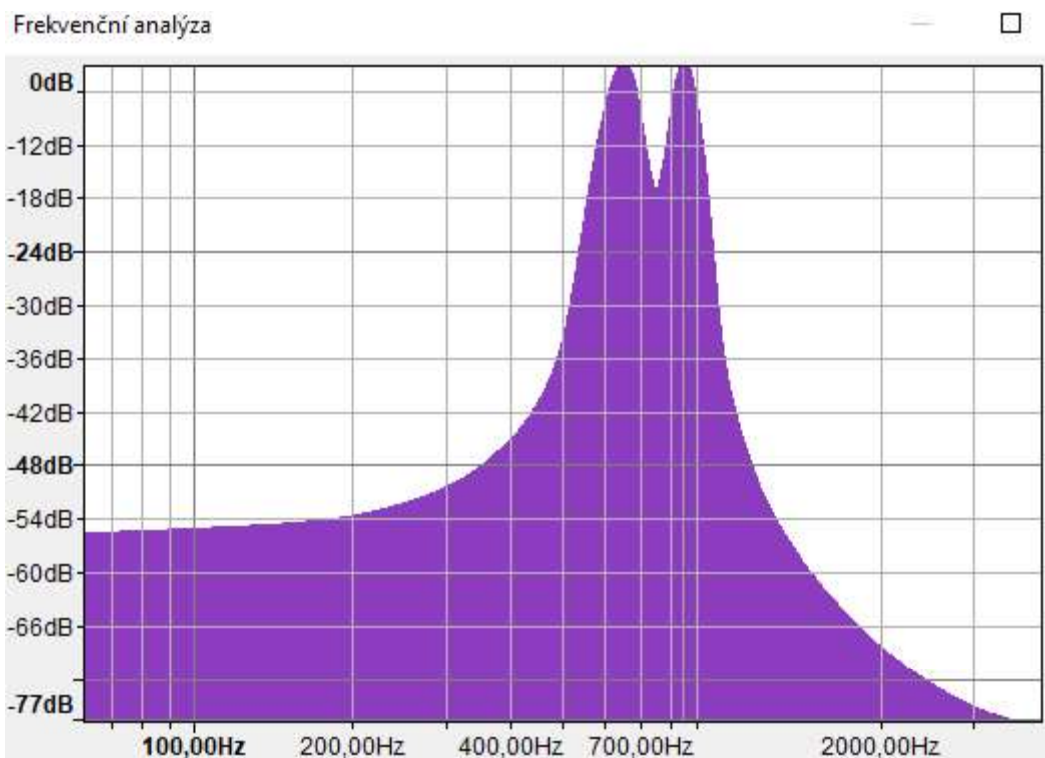
Školní zvonek



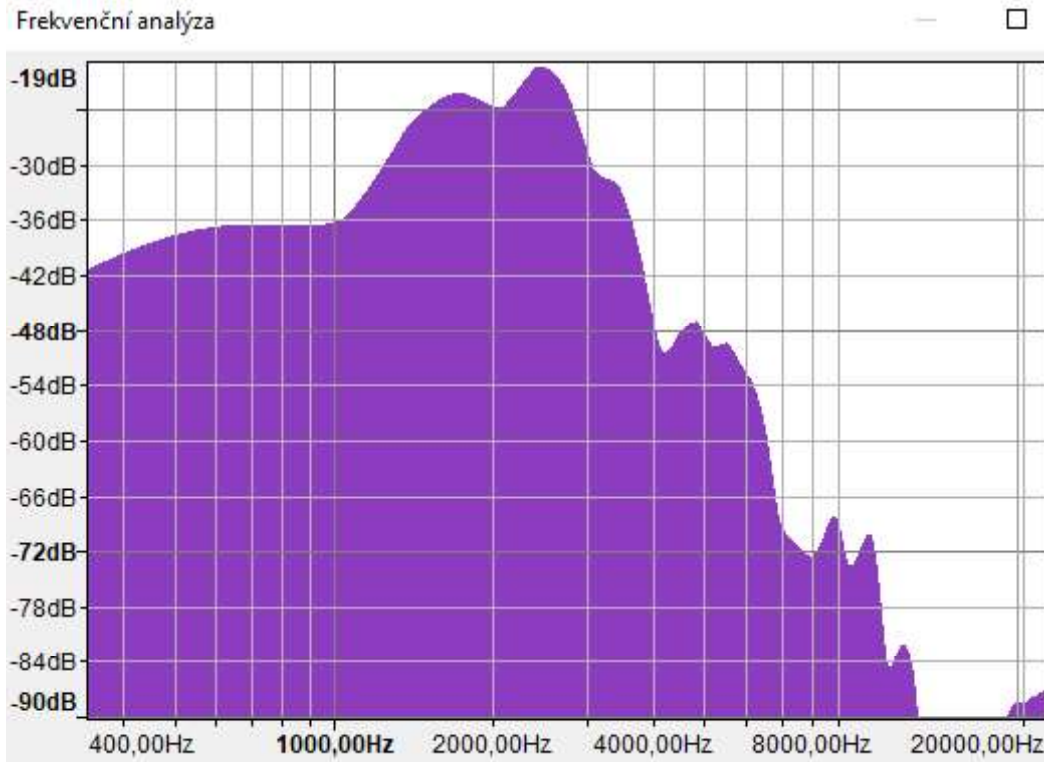
HOŘÍ



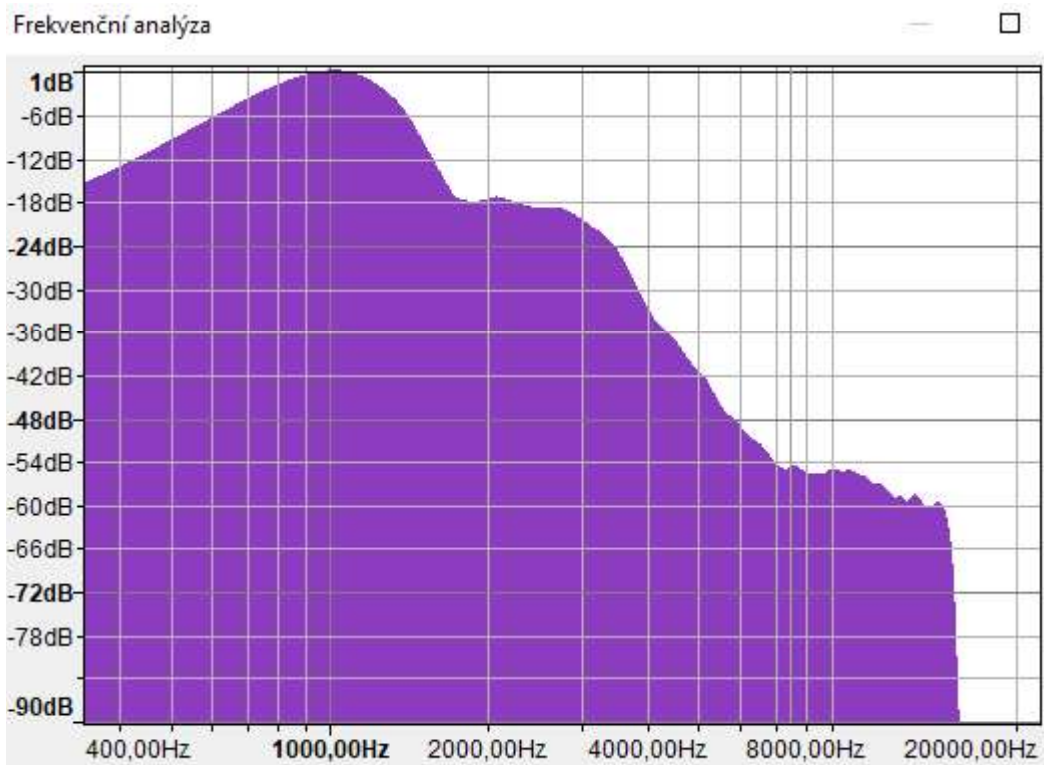
Policejní alarm (USA)



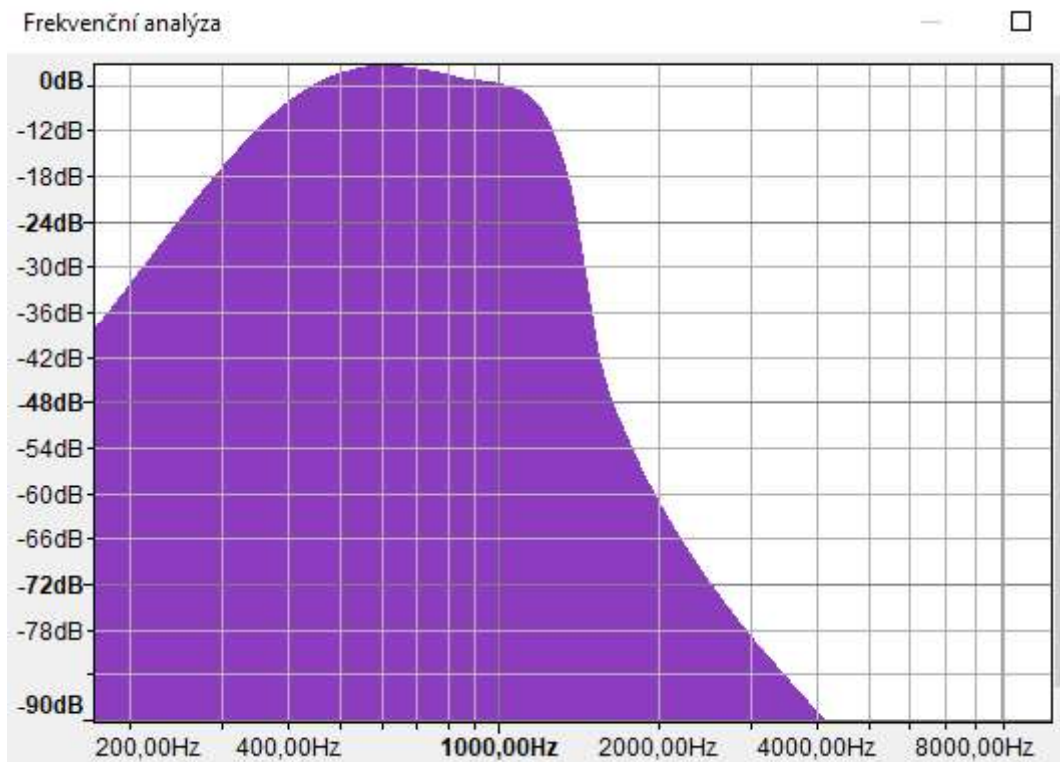
NEXUS 59



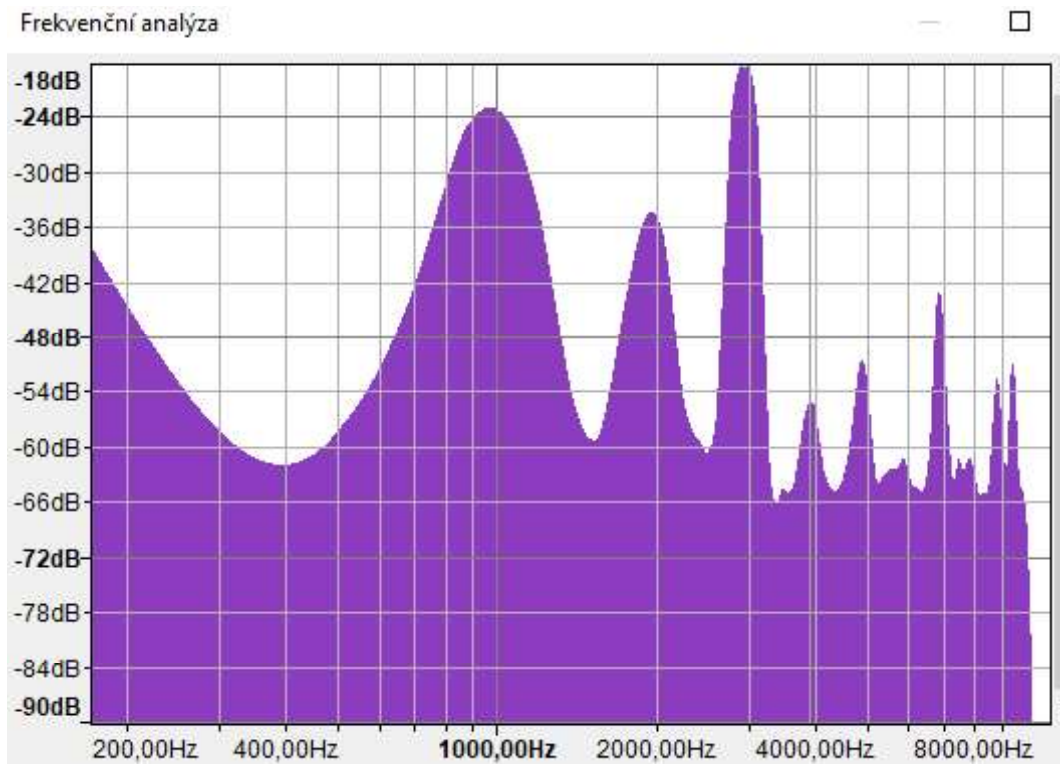
Zmrzlinářské auto (Family Frost)



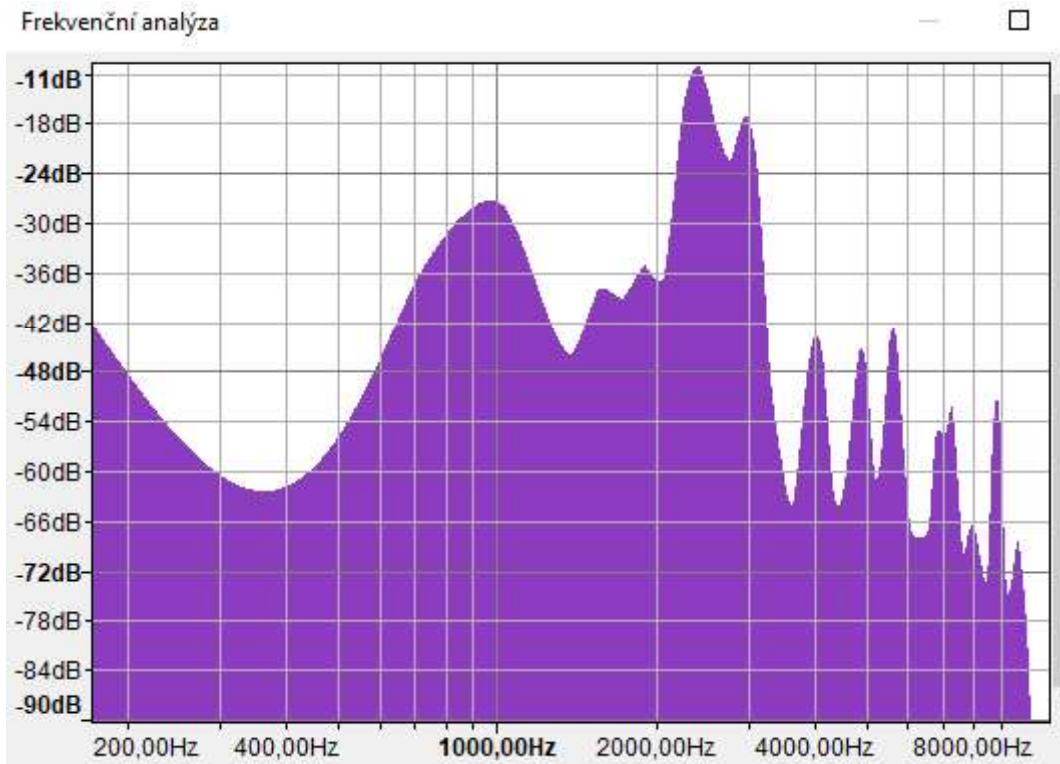
**Slow Whoop
(NEN, 2009)**



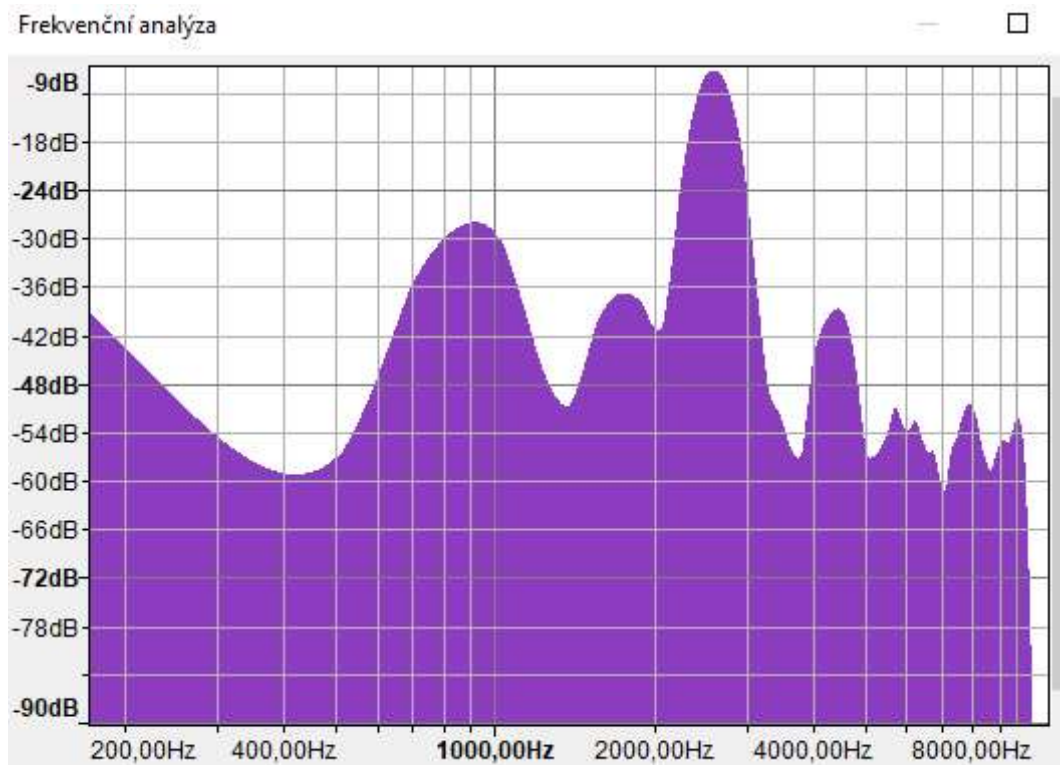
TONE 14



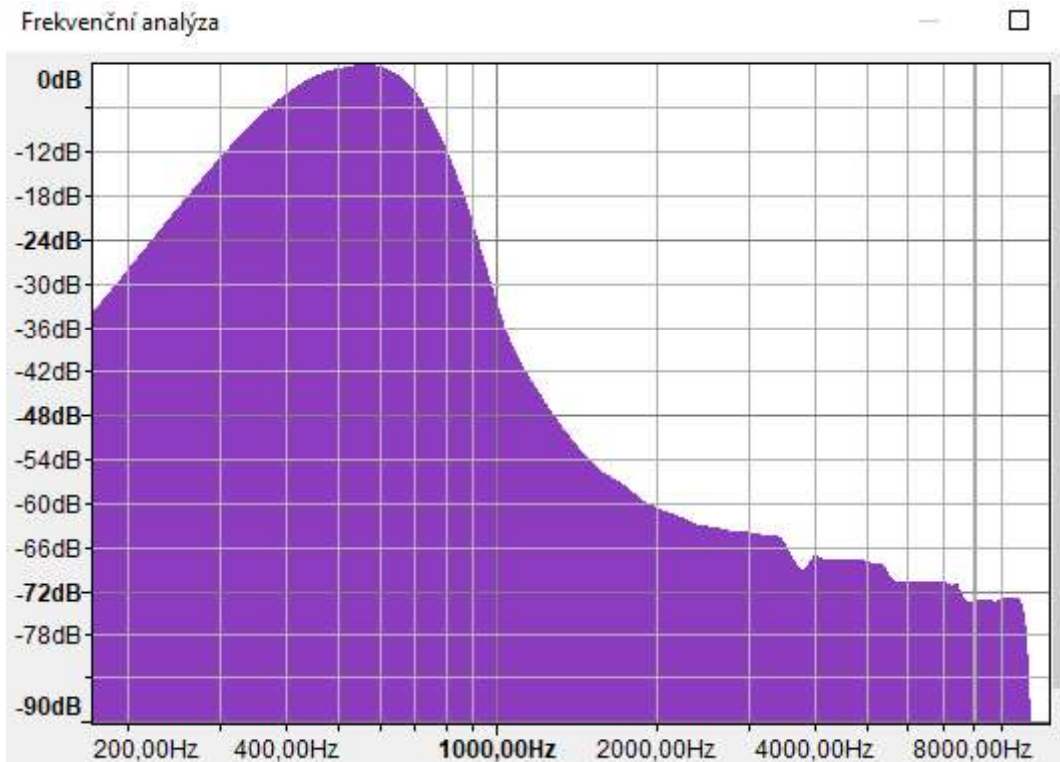
TONE 01



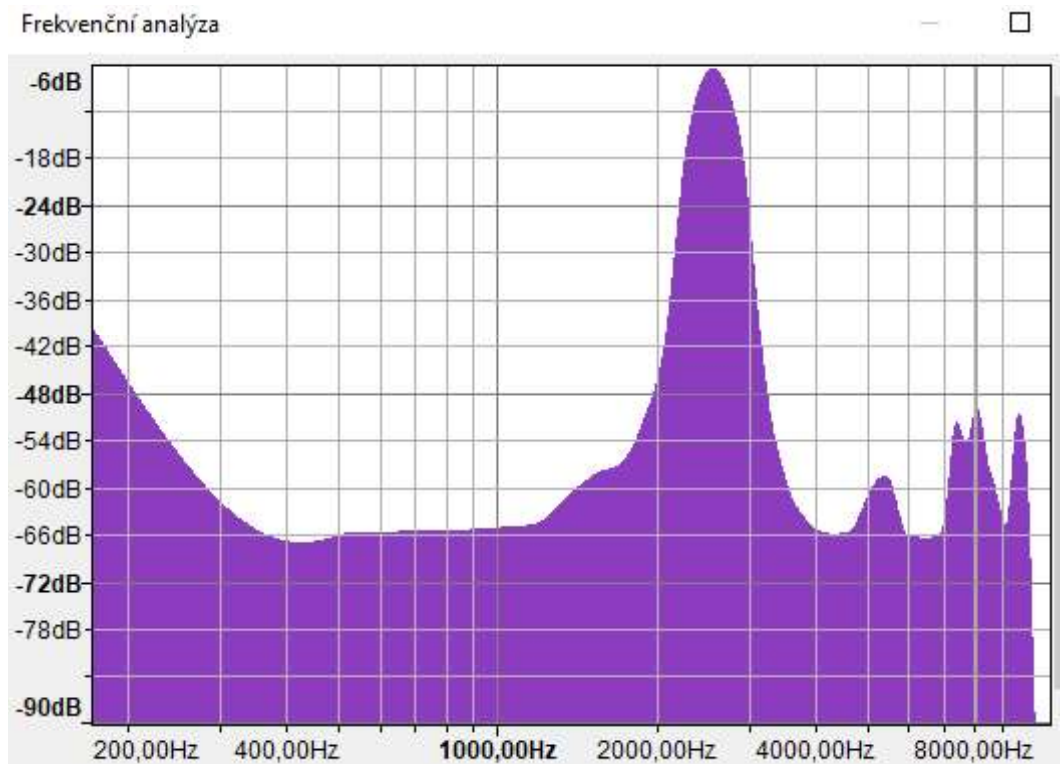
TONE 03



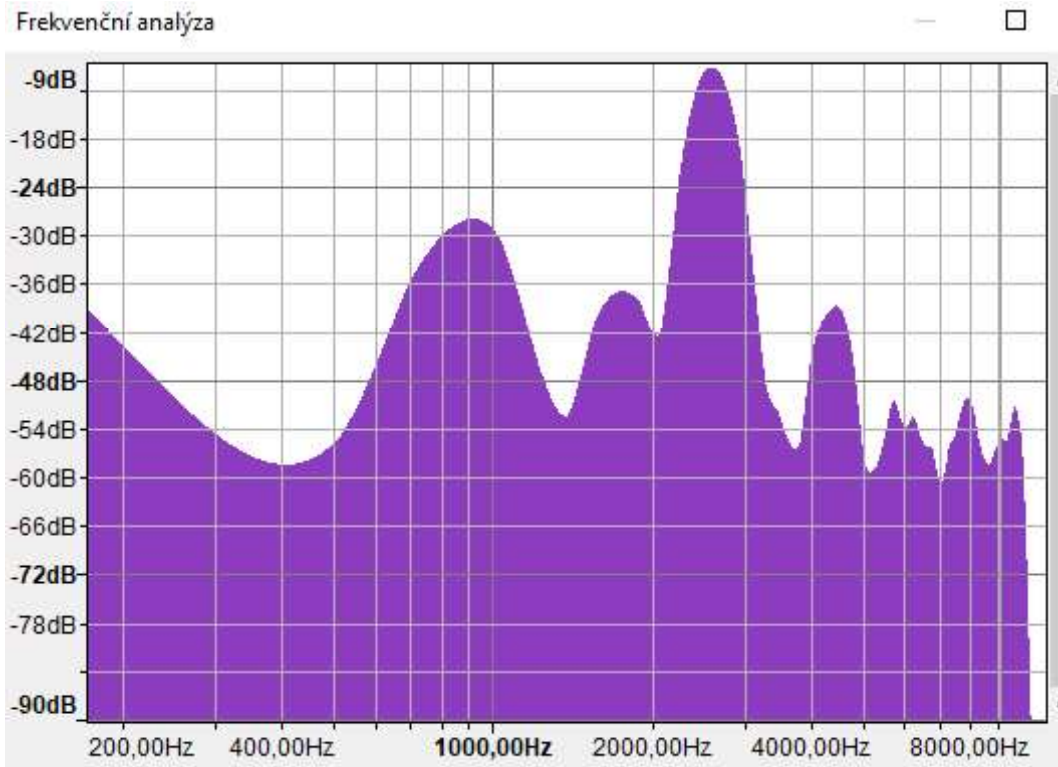
NEXUS 32 Upraven



TONE 06 Upraven



TONE 37
Upraven



Příloha č.3 – Dotazník – Rozhlasové zprávy k vyhlášení evakuace ve veřejných budovách

Dotazník A: ROZHLASOVÉ ZPRÁVY K VYHLÁŠENÍ EVAKAUCE VE VEŘEJNÝCH BUDOVÁCH.

1) Setkali jste se s vyhlášením evakuace pomocí rozhlasové zprávy?

Vyberte jednu odpověď.

 ANO

 NE

2) Níže je v tabulce vypsáno 20 nejčastějších klíčových frází evakuačního hlášení veřejného objektu.

Toto je požární poplach	Došlo k technické závadě	Hlášení	Nepoužívejte výtahy
Opusťte budovu	Pozor	Využijte nejbližší únikové východy	Siréna / Gong
Je vyhlášena pohotovost	Nastala výjimečná událost	Hrozí nebezpečí	Shromážděte se před objektem
Prosím o pozornost	Zachovejte klid	Evakuujte se prosím	Evakuujte objekt
Byl vyhlášen nouzový stav	Řiďte se pokyny pracovníků	Úvodní melodie veřejného hlášení	V budově vypukl požár

Sestavte a napište evakuační zprávu z uvedených frází. Zpráva není omezena počtem klíčových frází.

.....

.....

.....

.....

3) V kolika jazycích preferujete vyhlášení evakuace veřejného objektu v ČR?

Vyberte jednu odpověď.

 1

 2

 3

 > 3

4) Vyžadujete vyhlášení evakuace objektu na území ČR v českém jazyce?

 ANO

 NE

5) Kolikrát by měla být hlasová zpráva opakována?

Vyberte jednu odpověď.

 1x

 3x

 10x

 Po dobu trvání nebezpečí

Dotazník A: ROZHLASOVÉ ZPRÁVY K VYHLÁŠENÍ EVAKAUCE VE VEŘEJNÝCH BUDOVÁCH.

TATO ČÁST JE DOPROVÁZENA AKUSTICKÝM ZÁZNAMEM. KAŽDÝ ZVUKOVÝ ZÁZNAM BUDE JEDENKRÁT OPAKOVÁN (PŘEHRÁN DVAKRÁT).

6) Která zpráva ve Vás vyvolává intenzivnější potřebu opustit objekt?

Vyberte jednu odpověď.

Zpráva řečena mužem.

Zpráva řečena ženou.

7) Správně navržená rozhlasová zpráva ve Vás musí vyvolat potřebu opustit objekt. Za okamžik uslyšíte záznam 4 hlasových zpráv. Na stupnici od 1 do 5 ohodnoťte, jak Vás tyto hlasové zprávy přesvědčily o nutnosti opustit objekt.

Vyberte jednu odpověď pro každou hlasovou zprávu. Hlasové zprávy jsou očíslovány v akustickém záznamu.

1 - Není nutné na zprávu reagovat.

5 - Je nutné ihned zahájit evakuaci.

Zpráva č.1	1	2	3	4	5
Zpráva č.2	1	2	3	4	5
Zpráva č.3	1	2	3	4	5
Zpráva č.4	1	2	3	4	5

8) Správně navržená rozhlasová zpráva ve Vás musí vyvolat potřebu opustit objekt. Za okamžik uslyšíte záznam 3 hlasových zpráv. Na stupnici od 1 do 5 ohodnoťte, jak Vás tyto hlasové zprávy přesvědčily o nutnosti opustit objekt.

Vyberte jednu odpověď pro každou hlasovou zprávu. Hlasové zprávy jsou očíslovány v akustickém záznamu.

1 - Není nutné na zprávu reagovat.

5 - Je nutné ihned zahájit evakuaci.

Zpráva č.1	1	2	3	4	5
Zpráva č.2	1	2	3	4	5
Zpráva č.3	1	2	3	4	5

Příloha č.4 – Dotazník – Akustické signály pro vyhlášení evakuace ve veřejných budovách

Dotazník A: AKUSTICKÉ SIGNÁLY PRO VYHLÁŠENÍ EVAKAUCE VE VEŘEJNÝCH BUDOVÁCH.

1) Setkali jste se s vyhlášením evakuace pomocí akustického signálu?

Zakroužkujte jednu odpověď.

ANO

NE

TATO ČÁST JE DOPROVÁZENA AKUSTICKÝM ZÁZNAMEM. KAŽDÝ ZVUKOVÝ ZÁZNAM BUDE JEDENKRÁT OPAKOVÁN (PŘEHRÁN DVAKRÁT).

V následující otázce uslyšíte vždy zvukový záznam 9 akustických signálů.

2) Slouží tyto signály k vyhlášení evakuace ve veřejném objektu?

Zakroužkujte jednu odpověď u každého signálu.

Číslo signálu	Ano – slouží pro vyhlášení evakuace	Ne – signál neslouží pro vyhlášení evakuace
1. signál	ANO	NE
2. signál	ANO	NE
3. signál	ANO	NE
4. signál	ANO	NE
5. signál	ANO	NE
6. signál	ANO	NE
7. signál	ANO	NE
8. signál	ANO	NE
9. signál	ANO	NE

V následujících otázkách uslyšíte vždy zvukový záznam 3 akustických signálů.

3) Seřadte zvukové signály od nejvíce naléhavého po nejméně naléhavý.

Nejvíce naléhavý signál.

Naléhavý signál.

Nejméně naléhavý signál.

Uvedte číslo signálu:

4) Seřadte zvukové signály od nejvíce naléhavého po nejméně naléhavý.

Nejvíce naléhavý signál.

Naléhavý signál.

Nejméně naléhavý signál.

Uvedte číslo signálu:

5) Seřadte zvukové signály od nejvíce naléhavého po nejméně naléhavý.

Nejvíce naléhavý signál.

Naléhavý signál.

Nejméně naléhavý signál.

Uvedte číslo signálu:

**Příloha č.5 – CD – Akustické záznamy pro dotazníky
skupin „A“ a „B“ pro experiment rozhlasových
zpráv a experiment akustických signálů**