

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra rozvojových a environmentálních studií



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Hluk jako environmentální znečištění –
případová studie Olomouc**

Olomouc 2019

Yaraslava Auchynnikava

Bibliografické identifikační údaje

Autor: Yaraslava Auchynnikava

Osobní číslo: R140476

Studijní obor: Environmentální studia a udržitelný rozvoj

Název práce: Hluk jako environmentální znečištění – případová studie Olomouc

Title of thesis: Noise as an environmental pollution – a case study Olomouc

Vedoucí práce: Mgr. Jiří PÁNEK, Ph.D.

Rozsah práce: 69 stran

Abstrakt: Tato bakalářská práce se zabývá problematikou hlukového znečištění jako nežádoucího faktoru životního prostředí moderní společnosti. Teoretická část práce je založena na rešerši dostupných zdrojů informací o současném stavu hlukového znečištění v zemích Evropské unie včetně České republiky a také o vlivu environmentálního hluku na zdraví a kvalitu života městského obyvatelstva. Druhá část je praktická, je zaměřena na výzkum hlukové situace ve městě Olomouc. Cílem práce bylo zjistit a vyhodnotit míru hlukového znečištění z automobilové dopravy ve vybrané lokalitě. K dosažení tohoto cíle použila autorka metody měření, analýzy a porovnání. Vedlejším cílem práce byla vizualizace hlukové situace ve zkoumané lokalitě pomocí hlukové mapy v prostředí GIS.

Klíčová slova: hluk, hlukové znečištění, sonosféra, akustické prostředí, strategické hlukové mapování, ekvivalentní hladina akustického tlaku, hlukové ukazatele, Olomouc

Abstract: This bachelor thesis deals with the issue of noise pollution as an undesirable factor of the environment of a modern society. The theoretical part of thesis is based on a review from available sources of information on the current state of noise pollution in the European Union countries, including the Czech Republic as well as the impact of environmental noise on health and quality of urban population life. The second part is practical, it is focused on research of noise situation in Olomouc. The aim of this work was to find out and evaluate the level of noise pollution from car traffic in the selected locality. To achieve this, the author used such methods as measurement, analysis and comparison. A secondary work objective was to visualize the noise situation in the surveyed area using a noise map in the GIS environment.

Keywords: noise, noise pollution, soundscape, acoustic environment, strategic noise mapping, equivalent continuous sound pressure level, noise indicators, Olomouc

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Hluk jako environmentální znečištění – případová studie Olomouc* vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Jiřího Pánka, Ph.D., a že jsem uvedla veškerou použitou literaturu a další zdroje.

V Olomouci dne 11. 4. 2019

Yaraslava Auchynnikava

Poděkování

Ráda bych na tomto místě poděkovala Mgr. Jiřímu Pánkovi, Ph.D. za užitečné rady a vstřícnost při konzultacích a zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Janu Hercikovi, Ph.D. a RNDr. Janu Švecovi, Ph.D. za zapůjčení měřících přístrojů a jejich kalibraci. Nakonec bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům, kteří mě při psaní podporovali

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI
Přírodovědecká fakulta
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Yaraslava AUCHYNNIKAVA**
Osobní číslo: **R140476**
Studijní program: **B1301 Geografie**
Studijní obor: **Environmentální studia a udržitelný rozvoj**
Název tématu: **Hluk jako environmentální znečištění - případová studie Olomouc.**
Zadávací katedra: **Katedra rozvojových studií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce je měření a následné hodnocení hlukového znečištění vybrané lokality ve městě Olomouc na základě stanovených metod. Výsledky měření budou vizualizované pomocí hlukové mapy v prostředí GIS.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 10 - 15 tisíc slov
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- Ministry of Health of the Czech Republic. (2007). Noise Maps. Retrieved September 22, 2015, from http://hlukovemapy.mzcr.cz/image.aspx?obr=Mapy/Silnice/ZL_Ldvn/ZL12.png
- McCarthy, M., Biddulph, J., Utley, M., Ferguson, J., & Gallivan, S. (2002). A health impact assessment model for environmental changes attributable to development projects. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56(8), 611-616. doi:10.1136/jech.56.8.611
- Kytta, M., Broberg, a., Haybatollahi, M., & Schmidt-Thome, K. (2015). Urban happiness: context-sensitive study of the social sustainability of urban settings. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 47, 124. doi:10.1177/0265813515600121
- Thibaud, Jean-Paul. "The sonic composition of the city." *The Auditory Culture Reader* (2003): 329-342.
- Thibaud, Jean-Paul. "A sonic paradigm of urban ambiances." *Journal of Sonic Studies* 1.1 (2011).

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Jiří Pánek, Ph.D.**
Katedra rozvojových studií

Datum zadání bakalářské práce: **6. května 2016**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2017**

prof. RNDr. Ivo Frébort, CSc., Ph.D.
děkan

L.S.

doc. RNDr. Pavel Nováček, CSc.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 6. května 2016

OBSAH

Seznam obrázků, tabulek, grafů a příloh.....	10
Seznam použitých zkratk.....	12
ÚVOD	13
METODOLOGIE A CÍLE PRÁCE	14
1. Vymezení základních pojmů.....	15
Zvuk.....	15
Hluk	16
Hlukové znečištění	17
2. NEPŘÍZNIVÉ ÚČINKY HLUKU.....	18
Vliv hluku na zdraví obyvatelstva.....	18
Vliv na spánek.....	19
Hluk a příroda.....	22
3. KONCEPCE SONOSFÉRY	25
World Soundscape Project	25
Koncepte sonosféry	25
Hlavní prvky sonosféry	27
Hi-fi a Lo-Fi prostředí	28
Model akustické komunity	29
Percepce městské sonosféry	31
4. PROBLEMATIKA HLUKOVÉHO ZNEČIŠTĚNÍ	35
Hlavní zdroje environmentálního hluku.....	35
Aktuální stav hlukového znečištění v EU	37
Strategické hlukové mapování	38
Strategické hlukové mapování v České republice.....	42
5. PŘÍPADOVÁ STUDIE OLOMOUC	44

Charakteristika zájmového území	44
Měřicí přístroj.....	50
Sběr dat.....	51
Hodnoty a jejich zpracování.....	52
Vizualizace výsledku prostřednictvím hlukové mapy.....	54
6. VÝSLEDKY A JEJÍCH ANALÝZA.....	55
Analýza výsledků z jednotlivých stanovišť.....	55
Analýza výsledků dle doby měření	59
Porovnání výsledků s hygienickými limity	59
7. DISKUSE	61
ZÁVĚR	63

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A PŘÍLOH

Seznam Obrázků

Obr. 1 – Výsledky výzkumu ve Švédsku v roce 2002	21
Obr. 2 – Pyramida nepříznivých účinků hluku na zdraví.....	21
Obr. 3 – Vztah mezi zvukem, posluchačem a prostředím.....	29
Obr. 4 – Obyvatelstvo (%) vystavené dopravnímu hluku v zemích EU, 2012.....	38
Obr. 5 – Vzorec pro výpočet ukazatele L_{den}	40
Obr. 6 – Kola SHM v ČR.....	42
Obr. 7 – Mapa míst měření	45
Obr. 8 – Zkoumaná křižovatka.....	46
Obr. 9 – Křižovatka ulic Foerstrova, Pražská a tř. Míru (stanoviště 1)	47
Obr. 10 – Úsek tř. Míru (stanoviště 2)	47
Obr. 11 – ul. Foerstrova (stanoviště 3).....	48
Obr. 12 – tř. Míru u odbočky na ulici Škrétova (stanoviště 4).....	48
Obr. 13 – Kritická místa v Olomouci, priorita I, dle 2. kola SHM v ČR.....	49
Obr. 14 – Kritická místa v Olomouci, priorita II, dle 2. kola SHM v ČR	49
Obr. 15 – Hlukoměr Vernier SLM-BTA a Datalogger LabQuest	50
Obr. 16 – Parametry digitálního hlukoměru Vernier SLM-BTA.....	51
Obr. 17 – Výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq}	53

Seznam tabulek

Tab. 1 – Hladiny zvuků různých prostředí.....	17
Tab. 2 – Společné ukazatele hluku.....	40
Tab. 3 – Mezní hodnoty hlukových ukazatelů v ČR dle vyhlášky č. 523/2006 Sb.	41
Tab. 4 – Hlukové ukazatele pro zájmovou lokalitu	61

Seznam grafů

Graf 1 – Rozložení populace EU vystavené hluku nad 55 dB (L_{den}), miliony, podle zdroje hluku.....	35
Graf 2 – Stanoviště 1, doba měření 7:00–8:00 h.....	55
Graf 3 – Stanoviště 1, doba měření 19:00–20:00 h.....	55
Graf 4 – Stanoviště 2, doba měření 7:00–8:00 h.....	56
Graf 5 – Stanoviště 2, doba měření 19:00–20:00 h.....	56
Graf 6 – Stanoviště 3, doba měření 7:00–8:00 h.....	57
Graf 7 – Stanoviště 3, doba měření 19:00–20:00 h.....	57
Graf 8 – Stanoviště 4, doba měření 7:00–8:00 h.....	58
Graf 9 – Stanoviště 4, doba měření 19:00–20:00 h.....	58
Graf 10 – Výsledky měření (průměrné hodnoty).....	60

Seznam příloh

Příloha 1 – Hluková mapa, Olomouc, 7:00-8:00

Příloha 2 – Hluková mapa, Olomouc, 19:00-20:00

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<i>BBC</i>	<i>British Broadcasting Corporation</i>
<i>CENIA</i>	<i>Česká informační agentura životního prostředí</i>
<i>ČR</i>	<i>Česká republika</i>
<i>dB</i>	<i>decibel</i>
<i>EC</i>	<i>European Commission</i>
<i>EEA</i>	<i>European Environment Agency</i>
<i>EHS</i>	<i>Evropské hospodářské společenství</i>
<i>END</i>	<i>Environmental Noise Directive</i>
<i>EU</i>	<i>Evropská unie</i>
<i>GIS</i>	<i>Geografický informační systém</i>
<i>h</i>	<i>hodin</i>
<i>ha</i>	<i>hektar</i>
<i>Hz</i>	<i>hertz</i>
<i>L_{den}</i>	<i>indikátor k posouzení celkové míry obtěžování hlukem</i>
<i>L_{night}</i>	<i>indikátor k posouzení míry obtěžování hlukem během noční doby</i>
<i>L_{Aeq}</i>	<i>ekvivalentní hladina akustického tlaku</i>
<i>m</i>	<i>metr</i>
<i>MZČR</i>	<i>Ministerstvo zdravotnictví České Republiky</i>
<i>NRL</i>	<i>Národní referenční laboratoře</i>
<i>ŘSD ČR</i>	<i>Ředitelství silnic a dálnic České Republiky</i>
<i>SHM</i>	<i>Strategické hlukové mapy</i>
<i>tř.</i>	<i>třída</i>
<i>W</i>	<i>watt</i>
<i>WHO</i>	<i>World Health Organization</i>

ÚVOD

Člověk žije ve světě zvuků, které jsou přirozenou a nevyhnutelnou součástí jeho životního prostředí. Jakýkoliv zvukový vjem je téměř nenahraditelným informačním zdrojem (MZČR, 2015, c). Obecně se zvuky, které jsou nechtěné, obtěžující nebo mají dokonce škodlivé účinky, nazývají hlukem, a to bez ohledu na výši jejich fyzikální parametrizace (MZČR, 2015, c). Hodnotitelem toho, zda lze daný zvuk považovat za hluk, nebo nikoliv, je sám člověk, jeho fyziologická reakce na určitý podnět a také to, jaký k danému podnětu zaujme postoj – tolerantní, anebo kritický (Boennec a Salladarré, 2013). Nicméně navzdory individuálním a kontextovým variacím vnímání okolního prostředí, když hladina zvuků blízkého akustického prostoru dosáhne určitého prahu, začne na něj převažující většina lidí reagovat negativně.

S rostoucí mírou urbanizace a spolu s ní i veřejné infrastruktury v životním prostředí se hluk stává jedním z hlavních evropských environmentálních problémů a zdrojem rostoucího počtu stížností veřejnosti (EC, 1996). Jak uvádí EEA (2017), v současné době je dominantním zdrojem hlukového znečištění doprava.

Závažnost nepříznivého vlivu hluku z dopravy byla zjištěna v 70. letech 20. století. V roce 1972 Světová zdravotnická organizace označila dopravní hluk jako druhý nejhorší environmentální stres (po znečištění ovzduší), který ovlivňuje lidské zdraví v Evropě. Nicméně po dlouhou dobu měla opatření zaměřená na snížení environmentálního hluku nižší prioritu oproti jiným environmentálním problémům, jakými jsou například znečištění ovzduší a vody (EEA, 2009).

V současné době je hluk v životním prostředí prokázaným zdravotním rizikem, ekonomickým faktorem, politickou otázkou, základem pro soudní spory, obchodem pro konzultanty a někdy i žhavou otázkou pro novináře (Truax, 1984). Pro zajištění komplexního přístupu ve vývoji ochrany lidského zdraví před nepříznivými účinky environmentálního hluku v zemích EU byla v roce 2002 Evropským Parlamentem a Radou přijata Směrnice 2002/49/ES o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí. Tato Směrnice zavádí ve všech zemích společenstva závazný proces strategického hlukového mapování (SHM). Výsledky SHM by měly poskytnout základ pro definování míst s kriticky vysokou mírou hlukového znečištění pro následující zavedení protihlukových opatření.

METODOLOGIE A CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zjistit a vyhodnotit hlukovou situaci vybrané lokality ve městě Olomouc. Aby mohl být tento cíl splněn, byla provedena analýza hlukového znečištění způsobeného automobilovou dopravou. Jako podklady pro analýzu posloužily výsledky strategického hlukového mapování v aglomeraci Olomouc, navazující akční plány protihlukových opatření a v neposlední řadě výsledky vlastních terénních měření.

Vlastní měření se provádělo na základě doporučení „Metodického návodu Ministerstva zdravotnictví ČR pro měření hluku v mimopracovním prostředí“ a manuálu výpočtu hluku z automobilové dopravy publikovaného společností Enviconsult s.r.o. a Ekola group, s.r.o., zabývající se vědecko-výzkumnou činností v environmentální oblasti. Sběr dat byl realizován prostřednictvím digitálního hlukoměru Vernier SLM-BTA Sound Level Meter a dataloggeru LabQuest. Statistické zpracování naměřených hodnot proběhlo za použití softwaru Excel 2016. Získaná data jsou znázorněna v grafech a tabulkách.

Hodnocení hlukové situace vybrané lokality bylo provedeno porovnáním vypočtených ekvivalentních hladin akustického tlaku (A) s hygienickými limity a porovnáním zjištěných výsledků strategického hlukového mapování s mezními hodnotami.

Vedlejším cílem práce byla vizualizace hlukové situace vybrané lokality, a to pomocí hlukové mapy v prostředí GIS.

1. VYMEZENÍ ZÁKLADNÍCH POJMŮ

Zvuk

Zvuk lze obecně definovat jako mechanické chvění molekul elastického prostředí, které dokáže vnímat lidské ucho a mozek zpracovat ve zvukový vjem (Smetana et al., 1998). Částice prostředí přenášejí zvuk tím, že kmitají kolem své rovnovážné polohy. Kmitavý pohyb částic prostředí je zdrojem rozruchu, který se v prostoru šíří formou postupného vlnění – zvukové vlny (Schauer, 2008). Postupné vlnění je takové, při kterém vlnění postupuje – šíří se prostředím. Podle toho, zda částice pružného prostředí kmitají ve směru postupu vlny, nebo kolmo k němu, se vlnění rozděluje na podélné a příčné (Kolmer, Kyncl 1982). „To, zda vznikne vlnění příčné nebo podélné, závisí zejména na skupenství prostředí“ (Schauer, 2008, 3). V kapalném a plynném prostředí může vzniknout jen podélné vlnění, kdežto v pevném lze pozorovat oboje (Schauer, 2008, 3).

Vlivem rozruchu vyvolaným zdrojem zvuku se částice vzduchu v některých místech prostoru navzájem přibližují či vzdalují, tím vzniká jejich zhuštění nebo zředění, které se projevuje časovými i prostorovými změnami tlaku. Tyto změny tlaku jsou označeny jako akustický tlak, a právě na jeho změnu reaguje náš sluchový orgán (Schauer, 2008, 5).

Od svého zdroje se může zvuk šířit v kapalném, plynném nebo pevném prostředí. Ve vakuu se zvuk nešíří (Kolmer a Kyncl, 1982). Šíření zvuku není spojeno s přenosem látky, nýbrž energie. Intenzitou zvuku se rozumí množství zvukové energie, které projde za jednotku času jednotkovou plochou kolmo na směr šíření vlnění (Klimeš et al., 1962). Měří se ve wattech na čtvereční metr (W/m^2). Ze subjektivního hlediska se vnímá intenzita zvuku jako hlasitost (Smetana et al., 1998).

Frekvence je počet úplných kmitů (period) za jednu sekundu. Doba oscilace je doba, během níž probíhá jedna úplná oscilace. Jednotka měření je hertz (Hz). Čím větší je frekvence, tím vyšší je zvuk, který slyšíme. Pro člověka je vhodný rozsah zvukových vln určen v intervalu od 16 do 20 000 Hz. Minimální intenzita zvuku vnímaná uchem se nazývá prahová hodnota sluchu. Práh sluchu je odlišný pro zvukové vibrace různých frekvencí. Sluchový analyzátor je nejvíce citlivý na vnímání zvuků s frekvencí 1000–3000 Hz (zóna hlasu). Oscilace s kmitočtem pod 16 Hz (infrazvukem) a s frekvencí nad 20 000 Hz (ultrazvuk) nejsou orgány sluchu vnímány (Javorsky et al., 2006).

Hluk

Hluk je specifickou formou zvuku (Liberko, 2004). V podstatě může být hlukem jakýkoliv zvuk. Jednotlivé definice hluku se shodují na tom, že za hluk je považován nežádoucí nebo rušný zvuk. To činí hluk subjektivním pojmem (Schafer, 1977).

Všechny zvuky lze rozdělit na tóny a šумы (Klimeš et al., 1962). Tóny vznikají při pravidelném, v čase přibližně periodicky probíhajícím kmitání částic pružného prostředí (Klimeš et al., 1962). Bývají často označovány jako zvuky hudební. Při jejich poslechu vzniká v uchu vjem zvuku určité výšky. Zdrojem tónů mohou být například lidské hlasivky nebo hudební nástroje. Jako šумы jsou označována nepravidelná zvuková vlnění, vznikající jako složitá nepravidelná kmitání těles nebo krátké nepravidelné rozruchy (například srážka dvou těles, výstřel, přeskočení elektrické jiskry). I šумы jsou využívány v hudbě, neboť k nim patří zvuky mnoha hudebních nástrojů, především bicích. (Friis, 2012)

Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ministerstvo životního prostředí ČR považují za hluk vše příliš silné, příliš časté nebo působící v nevhodné situaci a dobře akustické signály, které ruší, obtěžují nebo mají škodlivé účinky, a to bez ohledu na jejich fyzikální parametrizaci (Liberko, 2004; MZČR, 2015, c). Míra škodlivosti nepříznivých účinků hluku závisí na jeho intenzitě, časové historii, vlnové délce a stupni tolerance příjemce (MZČR, 2015, c).

Hlasitost zvuku je subjektivní veličina a je závislá na velikosti akustického tlaku. Odpovídající měřitelnou veličinou je jeho hladina. Jednotka měření je decibel (dB). Všeobecně platí, že pokud se zvuk zvýší dvakrát, znamená to zvýšení hlasitosti zvuku o 10 dB. Rozsah slyšení lidského ucha je rovněž omezen tzv. prahem slyšitelnosti (pro nízké hladiny akustického tlaku) a prahem bolestivosti (pro vysoké hladiny akustického tlaku) (Liberko, 2004). V tabulce 1 jsou uvedeny přibližné hladiny zvuků v různých prostředích.

Tab. 1 – Hladiny zvuků různých prostředí

Prostředí	Hladina zvuku v dB
Absolutní ticho	0
Tichá komora pro audiometrii	do 5
Klidná zahrada	20
Velmi tichá obývací místnost	30
Průměrný hluk v bytě	40
Klidná konverzace	40–60
Živá ulice	60
Hlučná ulice	70
Nejsilnější křik	80
Velký orchestr	20–100
Nýtování, motocykl bez tlumiče	100
Letadlo ze vzdálenosti 5 m	120
Tryskové letadlo	130 a více

Zdroj: Klimeš et al., 1962, 437

Hlukové znečištění

Hlukové znečištění se považuje za formu environmentálního znečištění. Při hodnocení míry hlukového znečištění bývá celková hluková zátěž rozdělována na tzv. emise a imise hluku. Podstatou rozlišování je vazba, kterou má hluk ke zdroji, jenž ho vyvolává, či vazba hluku k místu jeho příjmu. Uvažujeme-li o akustické energii, která je emitovaná nějakým hlukovým zdrojem do daného akustického prostředí, jde o hlukové emise. Pokud nás zajímá akustická energie v místě jejího příjmu příjemcem, jde o hlukové imise. Je zřejmé, že hlukové emise jsou nezávislé na fyzikálních parametrech okolního prostředí, kdežto v případě hlukových imisí je to jinak (Liberko, 2004).

2. NEPŘÍZNIVÉ ÚČINKY HLUKU

Vliv hluku na zdraví obyvatelstva

Světová zdravotnická organizace (WHO) definuje zdraví jako stav úplného tělesného, duševního a sociálního blahobytu, nejen jako nepřítomnost nemoci nebo fyzických vad, a uznává právo na nejvyšší dosažitelnou úroveň zdraví jako na jedno ze základních práv každé osoby. Hlukové znečištění představuje hrozbu pro veřejné zdraví a má negativní dopad na zdraví a pohodu lidí (Hurtley, 2009). WHO uznává, že v současné době je environmentální hluk po znečištění ovzduší druhý nejzávažnější problém životního prostředí, ohrožující společenské zdraví.

„Nepříznivé účinky hluku na lidské zdraví jsou obecně definovány jako morfologické nebo funkční změny organismu, které vedou ke zhoršení funkcí organismu, ke snížení kompenzační kapacity vůči stresu nebo ke zvýšení vnímavosti k jiným nepříznivým vlivům prostředí“ (Liberko, 2004, 5).

Mechanismus působení hluku na organismus je složitý a doposud nebyl nedostatečně prozkoumán. K dnešnímu dni Světová zdravotnická organizace rozděluje nepříznivé účinky hluku s různým stupněm důvěryhodnosti na základě dostatečného množství důkazů o biologických účincích vystavení člověka hluku (Hurtley, 2009). Zjednodušeně lze dlouhodobý vliv působení hluku rozdělit na účinky specifické a nespecifické (Liberko, 2004).

Specifické účinky jsou spojené s poruchami činnosti sluchového analyzátoru. Při expozici hladiny akustického tlaku nad 120 dB může dojít k akutnímu poškození bubínku a převodních kůstek a také mnohaletá expozice hladiny akustického tlaku nad 85 dB může vést k chronickému poškození vnitřního ucha (Vandasová, 2014).

Nespecifické systémové účinky se projevují prakticky v celém rozsahu výskytu hodnot hluku. Dlouhodobé vystavení nadměrnému hluku je především spojeno s poruchami spánku a odpočinku a také může vyvolat další psychické a fyzické zatížení, které v kombinaci s jinými zdroji stresu může vést ke komplexním fyziologickým a psychologickým problémům. Jedná se například o změny v neurohumorální a neurovegetativní regulaci, biochemických reakcí a vyšších nervových funkcí (učení a zapamatování informací, ovlivnění motorických funkcí a koordinace) (Hurtley, 2009; Vandasová, 2014). Existují studie, které potvrzují kauzální souvislost

mezi dlouhodobým pobytem pracovníků v nadměrně hlučném prostředí a zhoršením jejich kognitivních schopností, jako jsou plánování, strategie, rozhodování, organizace práce, koordinace myšlenek a akcí na základě určených cílů, kontrola emocí, kognitivní flexibilita (Kogan, 2018). „V komplexní podobě se nespécifické účinky hluku mohou projevit ve formě poruch emocionální rovnováhy, sociálních interakcí, jakož i ve formě nemocí, u nichž působení hluku může přispět ke spuštění nebo urychlení vlastního patogenního děje“ (Liberko, 2004, 5).

Důkazy naznačují, že hluk v prostředí je spojen se zvýšením frekvence vysokého krevního tlaku, infarktu a mrtvice (Münzel et al., 2014). Širší metaanalýza (Babisch, 2014) naznačuje, že při 10 dB zvýšení hladiny dopravního hluku se zvyšuje riziko ischemické srdeční choroby o 8 %. Babisch (2002) také uvádí, že hluk ovlivňuje činnost autonomního nervového systému a endokrinního (hormonálního) systému těla, což vede ke změnám srdeční frekvence, krevního tlaku a uvolňování stresových hormonů, jako je kortizol, jenž zase ovlivňuje metabolismus (cit in Science for Environment Policy, 2017).

V současnosti jsou uznané za dostatečně prokázané nepříznivé účinky hluku na poškození sluchového aparátu (u dospělých L_{max} 130-140 dB, u dětí a predisponovaných osob i nižší), ovlivnění kardiovaskulárního systému (při dlouhodobé celodenní expozici hluku nad 50-55 dB, L_{dvn}) a negativní poruchy spánku (při hodnotě hluku během noci nad 40-42 dB, L_n). Za nedostatečně prokázané jsou považované např. u vlivu na hormonální systém, biochemické funkce, fetální vývoj, mentální zdraví a imunitní systém (Vandasová, 2014).

Vliv na spánek

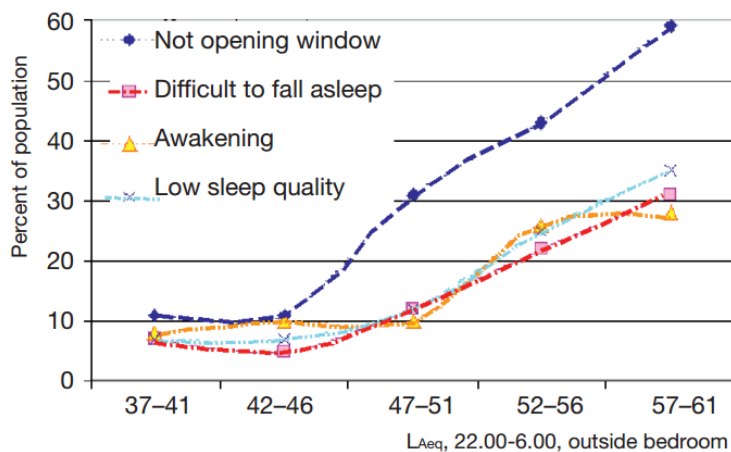
Největší zranitelnost populace před hlukem je pozorována v noci (Hurtley, 2009). Existuje mnoho důkazů, že spánek je biologickou nutností a že jeho poruchy jsou spojovány s různými zdravotními problémy. Hluk narušuje spánek v důsledku velkého množství přímých a nepřímých efektů. I při jeho velmi nízkých hladinách mohou nastat fyziologické reakce, jako jsou zvýšení srdeční frekvence, nepokočné pohyby během spánku a mikroprobuzení (Hurtley, 2009). Při absenci přiměřeného odpočinku a relaxace bude odolnost lidského organismu vůči stresu časem klesat, což může v důsledku způsobit syndrom vyhoření (Kogan, 2018).

Ve svém výzkumu získala pracovní skupina WHO dostatečné důkazy o existenci souvislostí mezi nočním hlukem a poruchami spánku, použitím léčiv, některými zdravotními problémy a vznikem příznaků nespavosti (Hurtley, 2009). Při rušení spánku hlukem dochází jak k fyziologickým, tak i k psychologickým poruchám. Efekt narušeného spánku se projevuje i následující den jako rozmrzelost, únava, špatná nálada, snížení výkonu, bolesti hlavy (Vandasová, 2014).

V souvislosti s tím WHO doporučila hlukové limity pro hluk v komunálním (mimopracovním, environmentálním) prostředí v noční době. Při jejich stanovení WHO vycházela ze současných poznatků o negativních účincích hluku na rušení spánku v noční době, na řečovou komunikaci, obtěžování, pocity nepohody a rozmrzelosti při jejich dlouhodobém působení (minimálně 10–5 let) (Vandasová, 2014).

Jak uvádí Hurtley (2009), v současné době nejsou k dispozici důvěryhodné důkazy o škodlivých biologických účincích na lidské zdraví při hladinách hluku nižších než 40 dB v noční době. Při překročení této hodnoty lze pozorovat některé vedlejší účinky jako poruchy spánku, nespavost spojená s faktory prostředí a zvýšené užívání tablet na spaní a sedativ. Za maximální dávku nočního šumu, která nezpůsobuje zjistitelný nepříznivý vliv na lidské zdraví, se proto považuje 40 dB (L_{night}).

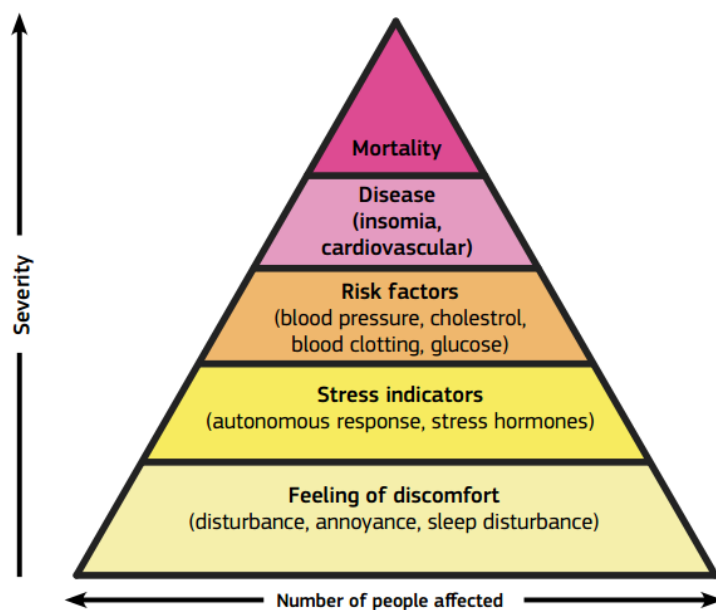
Nejjednodušším a cenově dostupnějším protihlukovým opatřením jsou moderní zvukově izolační okna a dveře. Naprostá většina firem pracujících v tomto odvětví slibuje, že jejich okna dokážou snížit venkovní hluk v rozpětí od 30 do 50 dB. Výsledky studií prováděných Scharnbergem et al. a Schreckenbergem et al. (1982, 1999) ukázaly, že více než 50 % jejich respondentů zavírají okna v ložnici, pokud úroveň venkovního hluku ze silničního provozu překročí hodnotu 55 dB (L_{Aeq}). Tato data byla potvrzena výzkumem v rámci švédského programu pro studium hlukového znečištění ze silniční dopravy (Obr. 1). Hurtley (2009) uvádí, že u lidí, kteří spávají se zavřenými okny, se frekvence poruch spánku ovlivněných hlukem klesá, zatímco frekvence poruch spánku kvůli špatnému větrání místností stoupá.



Obr. 1 – Výsledky výzkumu ve Švédsku v roce 2002

Zdroj: (Hurtley, 2009, 11)

Kromě fyzikálních vlastností zvuku je míra obtěžování významně ovlivněna individuálními vlastnostmi příjemce (Obr. 2). Havránek a kolektiv (1990) uvádí, že v populaci je cca 10–20 % osob velmi senzitivních vůči hluku, naopak 10–20 % osob je vysoce tolerantních. Pro zbývajících 60–80 % populace platí, že se zvyšující se hlučností roste obtěžování (cit in Vandasová, 2014).



Obr. 2 – Pyramida nepříznivých účinků hluku na zdraví

Zdroj: Science for Environment Policy, 2017, 5

Nejcitlivějšími skupinami obyvatelstva jsou děti a mladiství, senioři skupiny s určitým specifickým onemocněním (např. hypertenze), lidé pobývající v nemocnicích nebo se zotavující doma, lidé s poruchami sluchu, lidé s poruchami zraku (slepí), lidé pracující na směny (MZČR, 2015, a). Děti mají vyšší práh probuzení než dospělí, takže jsou často méně citliví na noční hluk. Co se týče ostatních účinků vystavení hluku, zdá se, že děti reagují stejně jako dospělí nebo ještě víc. Vzhledem k tomu, že děti stráví více času v posteli, jsou exponované nočnímu hluku více. To je důvod, proč jsou děti považovány za ohrožené (Hurtley, 2009). Vzhledem k tomu, že se struktura spánku stává s věkem roztržitější, starší lidé jsou náchylnější k poruchám spánku. To platí rovněž pro těhotné ženy a nemocné, kteří také spadají do rizikových skupin. Do nejzranitelnějších skupin patří i lidé pracující v různých směnách, neboť jejich spánek je ve stresové situaci kvůli potřebě přizpůsobit se jejich cirkadiálnímu rytmu (Hurtley, 2009).

Hluk a příroda

Antropogenní hluk má několik významných negativních dopadů na ekosystémy (Clinton et al., 2017). Ať už se jedná o pozemní nebo mořské prostředí, mnoho druhů se spoléhá na akustickou komunikaci. Zvuky vydávané zvířaty jsou spojeny s různými typy chování, včetně krmení, interakce mezi jedinci, páření, skupinové soudržnosti (Erbe et al., 2016). Antropogenní hluk může potenciálně zasahovat do výkonu těchto funkcí, a tudíž negativně ovlivnit distribuci populace, její velikost a druhovou bohatost (EEA, 2015).

Stejně jako lidé trpí i ptáci a savci při dlouhotrvajících nadměrných hladinách hluku (Plesník, 2017). Stálá hluková zátěž v hodnotě 55–60 dB může vyvolat některé fyziologické změny organismu, jako jsou ztráta sluchu, zvýšená hladina stresových hormonů a hypertenze (Nemček, 2016). Navíc v porovnání s člověkem jsou zvířata mnohem citlivější vůči vysokým hladinám hluku. Příklad uvádí Ekolist (2012): „*areál, ve kterém může hluk sovy rušit, je ve srovnání s člověkem o 45 procent větší*“.

Existuje řada studií dokazujících vliv hluku na změny v chování městských ptáků (Patón, 2011). Mezi nejběžnější nepříznivé dopady hluku v městských ptačích stanovištích patří: akustické maskování, posun hlasitosti akustických signálů jedinců, zvýšené napětí vůči potenciálnímu nebezpečí, což způsobuje sníženou aktivitu jedinců při vyhledávání a konzumaci potravy (více na pozoru před útoky predátora – věnují menší

pozornost vyhledání potravy), menší velikost těla a vajec nebo menší množství mláďat, hlučná stanoviště jsou osídlována se zpožděním, a ještě ne všemi druhy (Injaian et al., 2018).

Jak ukázaly například výsledky výzkumu slavíka obecného, samci v hlučném prostředí zpívají hlasitěji než samci na méně hlučných stanovištích (Nemček, 2016). „*Hlasitější zpěv je energeticky náročnější, což je nevýhoda ve srovnání s jedinci zpívajícími tišeji*“ (Nemček, 2016). Ne všichni ptáci se ale mohou zvýšenou hlasitostí vlastního zpěvu vyrovnávat s hlučným pozadím svého prostředí (Nemček, 2016).

Antropogenní hluk může být obzvláště škodlivý pro populace ptáků během kritických období, jako je chov. Americké studium vlaštovek stromových (*Tachycineta bicolor*) na stanovištích zasažených dopravním hlukem ukázalo, že se dospělí jedinci vyhýbali převážně oblastem vystaveným hluku při výběru místa hnízdění. Přitom ptáci, kteří se přece usadili v hlukem zasažených lokalitách, měli méně vajec a jejich mláďata se vyznačovala menší velikostí těla a sníženým tempem růstu (Injaian et al., 2018).

Dle výsledků dvouletého studia provedeného ve Španělsku představoval antropogenní hluk nad 50 dB významnou bariéru pro osídlení městských parků pro tento typ stanoviště vzácnými druhy ptáků (například Králíček obecný (*regulus regulus*), Hrdlička divoká (*streptopelia turtur*) a Káně lesní (*buteo buteo*)). Mnozí z těchto ptáků citlivých na hluk žijí hlavně ve vzrostlých lesích Španělska, které poskytují klidnější stanoviště. (Patón et al., 2011)

V některých případech může být antropogenní hluk příčinou smrti, a to zejména v mořské fauně. Podvodní hluk přírodního nebo člověkem způsobeného původu může ovlivnit schopnost mořských savců vnímat a zpracovat příslušné zvuky (Erbe et al., 2016). Jedná se o takzvaný maskovací efekt. Tento jev byl dobře prozkoumán u lidí a pozemských obratlovců (zejména u ptáků), avšak v menším rozsahu u mořských savců (Erbe et al., 2016). Dle názorů některých vědců může být jednou z možných příčin tzv. masových sebevražd delfínů a velryb to, že mořští savci byli omráčeni hlukem z vojenských sonarů a ztratili akustickou kontrolu nad prostředím (BBC, 2016).¹ Za normálních podmínek mohou tyto živočichové pomocí echo-signalů rozpoznávat objekty

¹ BBC (2016) rovněž uvádí, že další možnou příčinou tohoto jevu může být ten fakt, že mořští savci zasahují do ozařovací zóny navigačních zařízení plavidla, což znemožňuje jejich správné vnímání echo-signalů.

v prostoru (pláž, skála, ryby) a jejich vzdálenosti. V případě sluchového postižení si toho možná nevšimnou. V roce 2001 objevili vězkumníci z Baham souvislost mezi počtem delfinů, kteří byli vyvrženi na pláži, a poblíž probíhajícími vojenskými cvičeními amerického námořnictva za použití sonarů (BBC, 2016).

Podvodní zvuk se může šířit po vodě na dlouhé vzdálenosti a jeho dopad může být daleko od zdroje. Při svém studiu hluku ze stavby pobřežní větrné stanice ve východním Skotsku Bailey zjistil, že při zarážení kůlu docházelo k šíření hluku na vzdálenost až 70 km, přičemž maximální hodnota podvodního hluku byla na hladině 205 dB. (Bailey et al., 2010)

Hlukové znečištění může také ovlivnit rostliny závislé na zvířatech a hmyzu, které šíří jejich semena a opylují květiny. *„Hlavní autor studie, Francis D. Clinton z National Evolutionary Synthesis Center v Durhamu v Severní Karolině, říká, že u dlouhověkých rostlin a stromů mohou následky hluku přetrvávat ještě desetiletí, a to i poté, co zdroj hluku již dávno utichl“* (Novák, 2012). Některé rostliny se v hlučných oblastech cítí hůř, jak ukázaly studie (Plesník, 2017), a jiné naopak lépe v závislosti na tom, jak se mění populace zvířat žijících v jejich blízkosti. Ve svém experimentu Clinton zjistil, že sojky opouštějí hlučná místa, v kterých se pak dobře daří myším. Ti se v prostředí bez predátorů rychle rozmnožují a útočí na semenáčky borovice sladké (pinus edulis). *„Semínka borovic, která myši snědí, obvykle nepřežijí cestu jejich střevy, takže nárůst myší populace v hlučných místech může být pro borovice špatnou zprávou“* (Novák, 2012). Pozorováním semen bylo zjištěno, že v hlučných lokalitách počet výskytu semenáčků borovice sladké byl čtyřikrát nižší oproti tichým lokalitám. *„Méně semenáčků v hlučných oblastech může nakonec znamenat méně vzrostlých stromů, ale protože borovice jsou pomalu rostoucí, může tento posun zůstat nepozorován řadu let. Méně borovic pak může být kritické pro přežití druhů, které jsou na nich závislé“* (cit. in Novák, 2012).

3. KONCEPCE SONOSFÉRY

World Soundscape Project

Pojem soundscape jako i celá interdisciplinární oblast výzkumu zvukového prostředí byly popularizovány na konci 60. let minulého století v souvislosti s prací výzkumné skupiny muzikantů, akustiků, ekologů a dalších odborníků, kterou vedl kanadský skladatel, spisovatel, hudební pedagog a environmentalista Raymond Murray Schafer, známý jako zakladatel World Soundscape Project.

Tento projekt zahájený v roce 1969 na Univerzitě Simon Fraser v Kanadě zahájil moderní studium akustické ekologie (soundscape studies). Posláním Schafereho týmu bylo zvyšování povědomí veřejnosti o zvuku, dokumentování environmentálního zvuku a jeho proměnlivého charakteru a vytvoření koncepce a praxe zvukového designu prostředí (soundscape design) jako alternativy k obtěžování hlukem. Konečným cílem projektu je nalézt řešení pro ekologicky vyváženou zvukovou scénu, kde je soulad mezi lidskou komunitou a zvukovým prostředím v harmonii. Činnost projektu zahrnuje rozsáhlé terénní záznamy zvukových prostředí v celé Kanadě a částečně v Evropě (např. „Vancouver Soundscape“, „Five Village Soundscapes“), archivní a vzdělávací činnost stejně jako publikování mnoha dokumentů a záznamů (Truax et al., 2014).

Koncepce sonosféry

Ve svém pojetí zvukového prostředí Schafer koncipoval ekologii zvuku neboli zvukovou environmentalistiku v psychologickém smyslu (Syrový, 2009). Sonosféra (soundscape) je chápána jako zvuková charakteristika daného prostředí, systém zvukových prvků vyskytujících se v prostředí, „zvuková složka konkrétního místa“, „souhrn všech zvuků včetně jejich významů, emočního náboje či asociací, které mohou vzbuzovat“ (Jurková, 2016; Řiháček, 2007).

V konceptu sonosféry je patrná určitá paralela s anglickým termínem landscape (krajina), přesto jeho vnímání a zkoumání není totožné. V Evropské úmluvě o krajině (European Convention of Landscape Agreements) je „landscape“ definován jako „*oblast vnímaná lidmi, jejíž charakter je výsledkem působení a interakce přírodních a / nebo lidských faktorů*“ (Kang et al., 2016, 286). Analogicky by mohla znít i definice sonosféry: „*je akustické prostředí místa vnímané lidmi, jehož charakter je výsledkem působení a*

interakce přírodních a / nebo lidských faktorů“ (Kang et al., 2016, 286). Jinými slovy o sonosféře se dá uvažovat jako o prostředí, které se představuje posluchači prostřednictvím zvukových vjemů podobně, jako se krajina prezentuje prostřednictvím vizuálních prvků (Kang et al., 2016). Sam Schafer v tomto ohledu říká: „*Můžeme izolovat akustické prostředí jako oblast studia, stejně jako můžeme studovat charakteristiky určité krajiny. Méně jednoduché však je formulovat přesné dojmy ze soundscape než z krajiny. V sonografii není nic, co by korespondovalo s instantním dojmem, který může vytvořit fotografie*“ (Schafer, 1994, 7). Pijanowski (2011) a Raimbault (2005) představují sonosféru jako komplexní systém fyzického a sociálního charakteru, který obsahuje mnoho proměnných odlišné povahy, dynamicky interagujících v prostoru a čase (cit. in Kang et al., 2016).

Na rozdíl od tradičního přístupu je v konceptu sonosféry středem pozornosti člověk či přesněji jeho schopnost naslouchat zvukům okolí a to, jaký emocionální význam vzbuzuje u něj konkrétní sonosféra. O „*znějícím okolí*“ se uvažuje ne jako o sbírce jednotlivých zvuků daného místa (řeč, klapot podpatků, trafika, zvuky živé a neživé přírody), ale jako o komplexním a propojeném celku (Jurková, 2016). Ve studiích zaměřených na sonosféru nic ze slyšitelného není vyloučeno, poněvadž všechno, co slyšíme, je považováno za důležité (de Paiva Vianna et al., 2015).

Podstatné jsou jak samotné zvuky prostředí, tak i kontext, v němž znějí. Přístupy studia sonosféry jsou založené na hodnocení zvuků v kontextu, který může mít svůj vliv na percepci environmentálních zvuků (například ve volném čase, doma nebo v práci) (de Paiva Vianna et al., 2015).

V určitém slova smyslu je koncept sonosféry protikladem k hlukovému přístupu studia zvukového prostředí, kde „*každý dominantní zvuk prostředí je považován za hluk*“ (Říhářek, 2017). „*Schafer představil koncept sonosféry jako příležitost k přemýšlení mimo úroveň hluku, s přihlédnutím k lidské zkušenosti v životním prostředí a její kulturní dimenzi*“ (Yu, Kang, 2010, 622). Oproti hlukové tradici, která se zaměří na hluk jako na nežádoucí zvuk prostředí, jsou ústředním prvkem studií sonosfér zvuky žádoucí, které jsou považované za nepostradatelné zdroje informací (Truax, 1984).

Moderní studia sonosféry se týkají jak přirozeného, tak i člověkem vytvořeného zvukového prostředí. Vhodné pro studium může být jak skutečné prostředí, tak i abstraktní struktury, jako jsou hudební kompozice a zvuková montáž. Jak říká sám Schafer „*soundscape je technicky každá část zvukového prostředí, kterou dokáže vnímat*

člověk“ (cit. in Graybill, 2016, 467). Jako příklady se uvádějí: nahrávání zvuků přírody; vytváření kompozic založených na přirozených zvucích; studium zvuků slyšených v obcích a venkovských oblastech; dokumentování mizejících zvuků; analýza toho, jak byla v historii a literatuře popsána akustická prostředí; analýza a popis všech typů akustických médií; vytváření uměleckých zvukových instalací (Kang et al., 2016).

Záměrná rozsáhlost a všestrannost Schaferova pojetí sonosféry umožňuje interdisciplinární přístup a nahlédnutí na problematiku zvukového prostředí z různých perspektiv. Dnes studium sonosféry shromažďuje a spojuje názory vědeckých disciplín a oborů jako ekologická akustika, psychologie a sociologie, etnografie, fenomenologie, hudba a umění, architektura, design a jiné (Kogan et al. 2018).

Hlavní prvky sonosféry

Základní tóny (keynotes) berou své jméno z hudební terminologie, kde „keynote“ identifikuje základní tonalitu kompozice, kolem níž se hudba moduluje (Schafer, 1994). Tyto zvuky, často vnímané podvědomě, obsahují informace, které poskytují základní zvukový charakter lokality, „něco jako „referenční bod“, vůči němuž jsou ostatní zvuky posuzovány“ (Řiháček, 2007). Jsou to v podstatě zvuky pozadí, „zvukový background“ (Wrightson, 1999) nebo „zvukové klima“, jak ho uvádí Syrový (2009). Ve studiích sonosféry jsou základní tóny považovány za hlavní zvuky, které jednotlivá společenstva slyší nepřetržitě nebo často dostatečně, aby vytvořily pozadí, proti němuž jsou vnímány další zvuky (Schafer, 1994).

Přítomnost takových zvuků okamžitě poskytuje kontext a typ místa. Základní tóny také „podepisují“ a dokonce umožňují přiřadit tu či onu sonosféru ke konkrétnímu místu (Graybill, 2016). Mohou být vytvořeny přírodou nebo lidmi. Obvykle jsou to nízkourovňové zvuky vnímané jako „textury pozadí“, ne jako samostatné komponenty (Truax, 1984). Příklady zahrnují zvuky přílivové vody, které rozlišují pobřežní prostředí a zvuky fontány, dopravní a zvuky klimatizace, jež se obvykle vyskytují v městských oblastech.

Signály neboli „foregrounded sounds“ jsou zvuky, které jasně vystupují nad zvukovým pozadím (tj. základními tóny). Signály blízce souvisejí s tím, co jsme si zvykli považovat za objekty zvukové kritiky (Graybill, 2016). Oproti základním tónům se signály poslouchají vědomě /uvědoměle, ve značné míře přitahují naši pozornost a

výrazně charakterizují zvukovou atmosféru daného prostředí (Srový, 2009). Zvukovými signály může být cokoliv od štěkání psů až k elektronickým signálům z mobilních telefonů a semaforu na přechodech pro chodce (Rudi, ed., 2011).

Význačné zvuky (soundmarks) jsou zvuky svým způsobem unikátní pro určitou oblast nebo místo, jsou v komunitě kulturně významné a tak cenné, že si zaslouží uchování a ochranu (Řiháček, 2007). Přírodní příklady těchto druhů zahrnují zvuky gejzírů, vodopádů a zpěv ohroženého ptačího druhu, zatímco kulturní příklady zahrnují charakteristické zvony (například světoznámý zvuk zvonu Westminsterského paláce), zvuky tradičních činností (Řiháček, 2007; Wrightson, 1999). Některé význačné zvuky jsou také přirovnávány k určitým orientačním bodům v čase nebo prostoru (například zvuk zvonu, zvuk lodních sirén) a také mohou spadat do kategorie zvukových signálů (Wrightson, 1999). Jedním z hlavních záměrů World Soundscape Project byla archivace takovýchto lokálně a kulturně specifických zvuků (Řiháček, 2007; Truax et al., 2014).

Hi-fi a Lo-Fi prostředí

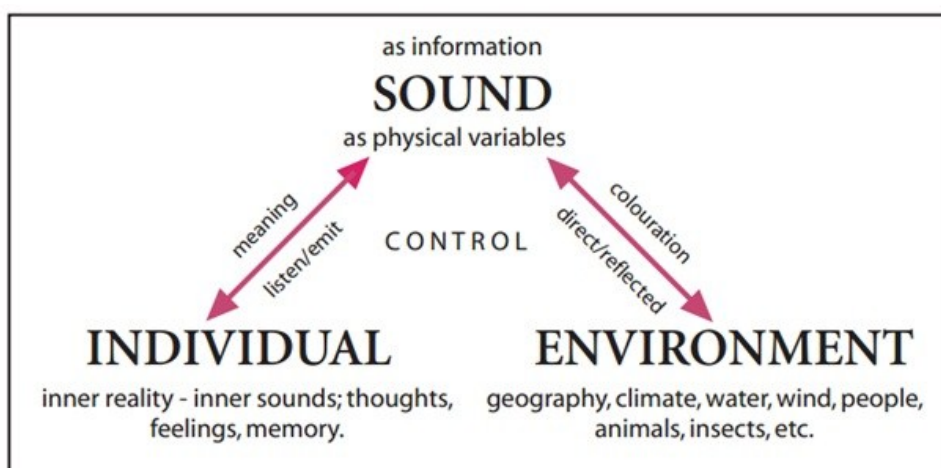
Pojmy „Hi-fi prostředí“ a „Lo-Fi prostředí“ se týkají hustoty sonosféry, její transparentnosti (nebo její absence), jakož i jejích sezónních a každodenních variací. V případě Hi-fi prostředí se jedná o akustické prostředí s nízkou hustotou signálu, kde lze snadno rozlišit tzv. akustické „niky“. Lo-fi se považuje za opačný typ sonosféry. Vyznačuje se vysokou hustotou signálu, špatnou diferenciací zvukových nik, maskovacími efekty a často přítomností širokopásmového šumu, jako jsou například hluk motoru a kola z provozu (Schafer, 1994; Rudi, ed., 2011).

Hi-fi prostředí umožňuje posluchačům slyšet nejmenší detaily a slabé zvuky z dálky a rozeznávat „trojrozměrný charakter akustických prostorů“ (Rudi, ed., 2011). *„Hi-fi je situace, ve které lze všechny zvuky jasně slyšet s jakoukoli detailizací a prostorovou orientací. Takové prostředí je dobře projektováno a vyrovnáno, bez ohledu na to, zda je projekt záměrný, nebo je výsledkem přirozených příčin“* (Truax, 1984). Lo-Fi prostředí poskytuje malý prostor pro detailizaci akustického prostoru. Zvuky soutěží ve stejných „nikách“, čímž se potlačují a ztěžují vnímání zvukového popředí a pozadí (Rudi, ed., 2011).

Model akustické komunity

Model akustické komunity neboli komunikační přístup byl vyvinut Barry Truaxem ve spolupráci s Raymondem Schaferlerem během World Soundscape Project. Dle Truaxa zvukové prostředí jako „*souhrn veškeré zvukové energie v daném kontextu*“ poskytuje jedinci spoustu použitelné a potenciálně důležité informace. Akustickou komunitou je míněna skupina lidí, sdílejících určitou akustickou informaci. Zvukové signály daného místa spojují osoby v akustickou komunitu tím, že jim sdělují informace především o svém zdroji, pak o kontextu a prostředí, v nichž znějí. Zvuk zde hraje roli zprostředkovatele vztahu mezi posluchačem a prostředím (Truax, 1984). Tento vztah je znázorněn na obrázku 3.

„*Akustická komunita může být definována jako kterákoli sonosféra, ve které akustické informace hrají důležitou roli v životě obyvatel*“ (Truax, 1984, 57). Hranice komunity může být tak malá jako místnost, dům nebo budova nebo tak velká jako městská komunita nebo rozsáhlá oblast, zasažená libovolným elektroakustickým komunikačním systémem (například rádio) (Truax, 1984).



Obr. 3 – Vztah mezi zvukem, posluchačem a prostředím

Zdroj: Wrightson, 1999, 12

Akustická komunita je spojena a zároveň definována svými zvuky. Akustické impulsy a signály ji neustále informují o tom, co se děje v jejich každodenním životě. „*Takový systém je z hlediska zvuku „bohatý na informace“, a proto zvuk hraje významnou roli při definování komunity v prostoru a čase z hlediska denních a sezónních cyklů, jakož i sociálně a kulturně z hlediska společných činností, rituálů a dominantních institucí*“ (Truax, 1984, 59). Pro lidi mimo danou komunitu se tyto zvuky mohou zdát exotické nebo mohou zůstat bez povšimnutí, obyvatelům však sdělují užitečné informace o individuálním i společenském životě (Truax, 1984).

Proces aktivního naslouchání zvukům prostředí je jádrem komunikačního modelu. Naslouchání Truax definuje jako proces zpracování zvukových informací. „*Jednotlivý posluchač v akustickém prostoru se nepodílí na pasivním typu příjmu energie, spíše je součástí dynamického systému výměny informací*“ (Truax, 1984, 59). Výměna informací prostřednictvím zvuků je velmi závislá na kontextu, jenž umožňuje posluchači porozumět skutečnému významu sdílené informace o současném stavu svého okolí. „*Komunikační význam jakéhokoli zvuku lze hodnotit pouze v jeho úplném kontextu v nejširším ekologickém, sociálním a kulturním smyslu*“ (Truax, 1984, 70).

Komunita má dobrou akustickou definici, když zvuky v ní jsou jasně slyšitelné, snadno rozpoznatelné a identifikované a jemnosti jejich hodnot snadno přístupné posluchači. Ve své podstatě se jedná o Hi-fi prostředí. V této souvislosti Truax zdůrazňuje zvláštní role *signálů*, které přispívají k definici a vymezení hranic akustické komunity. Je-li dotčená komunita městem nebo vesnicí, signály nejen naznačují její akustické hranice, ale také definují čas v pravidelných intervalech, ve kterých zaznívají (každou hodinu, denně, týdně apod.). Kromě toho signály vytvářejí akustické spojení s jinými komunitami, když se jejich profily překrývají. Některé signály se mohou šířit pouze jednu nebo dvě komunity, nacházející se vedle sebe, ale jiné mohou „cestovat“ přes několik komunit – například projíždějící vlaky, které vydávají zvukové signály na úrovních přejezdů v předvídatelných časech (Truax, 1984).

Kvalita sonosféry dané akustické komunity se zhoršuje v poměru s poklesem informovanosti jejích členů o environmentálních zvucích znějících v příslušné lokalitě (Wrightson, 1999). „Nepřítel“ akustické komunity není tak hluk jako takový, spíše každý prvek, který snižuje jasnost a variabilitu akustického prostoru nebo „*utlumí touhu lidí naslouchat*“ (Truax, 2012, 2).

Percepce městské sonosféry

Paradigma sonosféry věnuje zvláštní pozornost zvukovým zdrojům, protože ty představují strukturu akustického prostředí a jeho vnímání. Vnímané zvukové zdroje, jejich dominance a jejich subjektivní hodnocení představují základní aspekty porozumění zvukovému prostředí (Kogan, 2018).

Zdroje zvuků v městských prostředích mohou působit odlišnými dojmy na osobu, která je vnímá. „*Subjektivní účinky sonosféry závisí na vnímání akustických jevů pomocí kognitivního procesu, který používá dva pojmy: zvuky a šумы*“ (Yu, Kang, 2010). Účinky závisejí buď na akustických, environmentálních nebo osobních faktorech (Kogan, 2018). Nicméně navzdory individuálním a kontextovým variacím se předpokládá, že některé zvukové zdroje jsou pro zvukovou scénu příznivé, zatímco jiné zdroje jsou považovány za negativní (Kogan, 2018).

Některé studie o hodnocení zvuků a percepce kvality městské sonosféry byly popsány v literatuře. V mnoha studiích se obecné hodnocení sonosféry považuje za hodnocení hladiny zvuku, a to subjektivní hodnocení hlasitosti (obvykle pro hluk v pozadí) a jako hodnocení zvukových preferencí, jmenovitě hodnocení zvuků v popředí (Yu, Kang, 2010).

Obecně nejvyšší (pozitivní) hodnocení mají městská zvuková prostředí, kde přirozené zvuky jsou vnímány jako dominantní zdroje. Dle Kogana (2018) mají městské parky a kašny největší pozitivní vliv na přeměnu zvukového prostředí, zatíženého provozem a dalšími technologickými zvuky. Vodní zvuky mohou vytvářet nízkofrekvenční emise, potenciálně maskovat nežádoucí zdroje hluku (Kogan, 2018). Podle Jeon et al. (2010) neúčinnější akustické účinky fontány ve městě probíhají, když hladiny zvuku vytvářené vodou jsou podobné nebo až o 3 dB nižší než hladiny hluku způsobené dopravou (cit. in Kogan, 2018). Dalším nejlépe hodnoceným přirozeným zvukovým zdrojem jsou ptáci. Clinton et al. (2017) ve své analýze přínosů z ekosystémových služeb uvádí, že ranní ptačí zpěv u lidí vyvolává asociace spojené s pocitem bezpečí a jistoty (pokud ptáci zpívají – v blízkém okolí žádná hrozba nebezpečí není).

Jak uvádí Kang et al. (2016), návaznost zvuků na očekávání lidí, tedy jejich předvídatelnost, ve značné míře ovlivňuje hodnocení tohoto prostředí. Ocitne-li se v jakémkoli přirozeném nebo kulturním prostředí, člověk očekává – na úrovni reflexu – odpovídající zvuky (Truax, 1984). Předvídatelnost a mírné porušování očekávání vede

k pozitivnímu posouzení. Není náhodou, že zastavená rušná houpačka, ticho opuštěného města, „klid před bouří“, nepřírozené kosmické ticho, nebo právě naopak „zřícení“ neznámých, neidentifikovatelných zvuků – „je již dlouhou dobu uměleckou metodou pro přenos stavu ostražitosti, předtuchy, strachu – tedy výjimečný, neobvyklý stav“ (Srový, 2009). Avšak v tomto ohledu Kang et al. (2016) také upozorňuje, že zcela neočekávané zvukové události, které jsou „neškodné a neomezující výběr chování“, mohou vyvolat smích nebo vzrušení a tím přispět k příjemné percepci dané sonosféry. Dle Kanga et al. (2016) je dalším nevýznamným prediktorem postojů lidí jak k akustickému, tak i celkově k životnímu prostředí jejich osobní vztah a předchozí zkušenost. Například nedávné studie ukazují, že lidé, kteří vyrostli v malém městě, budou mít odlišné chápání zvuků než lidé, kteří vyrostli ve velkoměstě (Kang et al., 2016).

Lidské zvuky (řeč, smích, pláč) mohou mít pozitivní, nebo negativní vliv na zvukovou krajinu v závislosti na typu zvuků a kontextu. Například zvuky vytvořené šťastnými lidmi mohou vytvářet příznivé účinky, zatímco křik a pláč dětí jsou obecně považovány za nepříjemné. Na veřejných místech však mohou rodiče rádi slyšet, jak jejich vlastní děti radostně křičí, což ale může rušit ty, kteří se snaží ticho si užít. To platí pro zvukové scény v rekreačních oblastech (Kogan, 2018).

Jak říká Truax (1984), hudba je spojena s uměním a lidskými emocemi a její přítomnost může změnit sonosféru různými způsoby. Některé studie naznačují, že hudba může zlepšit nepříznivé akustické podmínky, například ty, v nichž převažuje hluk z dopravy, ale rovněž může narušit příznivou sonosféru, kde jsou převládající přírodní zvuky (Kogan, 2018).

Zajímavý příklad proměny městské sonosféry pod vlivem hudby popisuje Medić (2016) ve své studii procesu rekulturnizace a rebrandingu nejstarší městské čtvrti Savamala v centru Bělehradu. Jako nejstarší městská oblast hlavního města Srbska má Savamala bohatou tradici, historii a dědictví. Bohužel druhá světová válka, období komunismu a pak období decentralizace Srbska vedly k úpadku a opuštění Savamaly, dříve z ekonomického a architektonického hlediska prosperujícího centra města. Medić uvádí, že k nepříznivé atmosféře tohoto místa nejvíc přispívaly opuštěné průmyslové objekty, intenzivní provoz s navazujícím vzduchovým a hlukovým znečištěním. A ani přítomnost městského parku v této oblasti nezachránila, ale pouze zhoršila atmosféru Savamaly. Vzhledem k jeho sousedství s hlavním nádražím a hlavní meziměstskou autobusovou zastávkou se park stal místem pouliční prostituce a drobného zločinu.

Hlavní myšlenkou desetiletého projektu rekulturalizace bylo povzbudit oživení Savamaly prostřednictvím kulturních a společenských hodnot, ale nikoli komerčních a obchodních zájmů v oblasti nemovitostí, jak tomu bylo předtím. Spousta opuštěných budov byla zrekonstruovaná a zmodernizovaná na multifunkční prostory, kde jsou nyní organizovány různé programy: výstavy, koncerty, festivaly moderního umění, trhy, debaty, konference, semináře atd. Brzy se otevřelo mnoho nových kaváren, sálů rychlého občerstvení, pivních hospůdek a nočních klubů. (Medić, 2016)

Medić poznamenává, že proměna Savamaly v atraktivní lokalitu jak pro místní obyvatele, tak i pro turisty musela začít od zvukového prostředí. *„Hlavním cílem se bylo domoci se sonosféry, která by přitahovala žádané návštěvníky: relativně mladé, střední, chudé, evropské nebo místní, ale proevropské lidi“* (Medić, 2016, 46). Převládající hluk z intenzivního provozu, obzvláště drastický ve večerní a noční době, v této čtvrti představuje to, co Schafer pojmenoval jako „základní tón“, jehož odstranění nebo ztlumení nebylo možné. Proto bylo rozhodnuto vytvořit „význačné zvuky“, které by se staly součástí zvukové identity nočního života Savamaly. Jedná se o pouliční hudbu a hudbu linoucí se ze specializovaných zábavních podniků do širokého veřejného prostoru. Medić (2016) píše, že v současné době existují čtyři hlavní skupiny nočního života v Bělehradě, které se vyznačují svým zvukem, tj. typem hudby, která hraje, a celkovým zvukovým zážitkem, který zase přitahuje různé návštěvníky:

1. Skadarlija, v níž dominuje diskurz nostalgie. Hudba, která se zde hraje, je městská lidová hudba z počátku dvacátého století – tzv. „starogradska muzika“. Tento druh hudby posiluje turistickou atraktivitu starého Bělehradu a láká tzv. milovníky „starých dobrých časů“;

2. Horní Dorćol, zde hraje populární hudba žánrů pop, pop-dance, ambient, soft jazz, latinský jazz a podobně. Tato oblast je navštěvována členy nové přechodné elity, bankéři, politiky, mediálními magnáty apod.;

3. Kavárny s loděmi, které jsou všeobecně známé jako splavové, na březích řek Dunaje a Sava tvoří významnou součást nočního života v Bělehradě, protože jsou otevřené po celou noc. V této oblasti zní pop-folk nebo turbofolk, podobně jako chalga a další druhy současné balkánské populární hudby s orientálními vlivy;

4. A konečně „Savamala“ – ta nemá žádný specifický hudební žánr, ale směs žánrů, které mají jednu společnou věc: poskytují alternativu k předchozím třem, představujícím

významnější typy zábavy. Takže hudba hrající ve čtvrté oblasti zahrnuje alternative rock, indie rock, jazz, blues, electronic music, arthouse hudbu apod. (Medić, 2016)

A tak se společným úsilím občanů Bělehradu podařilo vytvořit svůj vlastní „základní tón“, který představuje uvolněný, alternativní noční život v Savamale. Nicméně ne všichni v Savamale jsou spokojeni s tímto „roztříštěným nočním životem“. Někteří starší obyvatelé, s nimiž Medić prováděla výzkum, si stěžovali na hluk a sdělovali pocit, že v jejich okolí bylo „napadeno“ tlupami turistů a hostů. Navíc znevýhodnění obyvatelé Savamaly skutečně nevyužili rekulturalizační snahy a ani kulturní nabídka Savamaly není zaměřena na tuto konkrétní demografickou oblast (Medić, 2016).

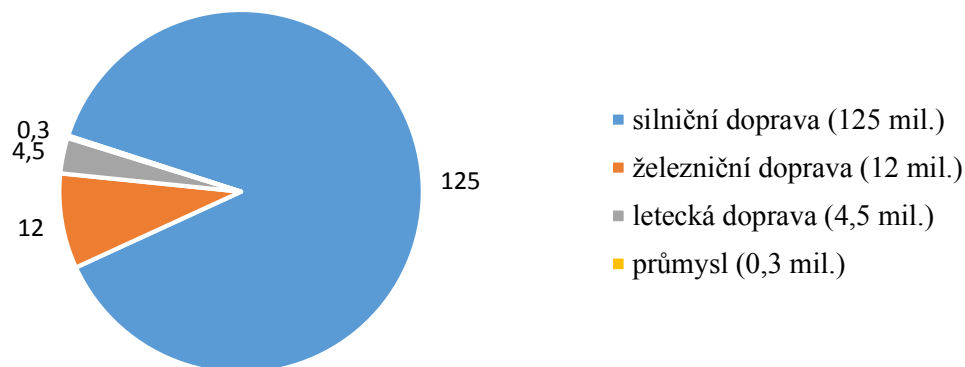
4. PROBLEMATIKA HLUKOVÉHO ZNEČIŠTĚNÍ

Hlavní zdroje environmentálního hluku

Doprava je důležitým prvkem materiálně-technického základu hospodářství a předpokladem pro fungování moderní průmyslové společnosti. Nyní je obtížné si představit jakýkoli sektor národního hospodářství bez použití nákladních automobilů, aut a autobusů, letecké a železniční dopravy. Silnice jsou dominantní lidskou stopou na Zemi a rychle se rozšiřují (Clinton, 2017). Velká rozloha silnic a dálnic poskytuje možnost jejich široké exploatace se značně únosnou kapacitou. Manévrovatelnost, mobilita, vysoká rychlost dodávky nákladu a osobní přepravy, komfort cestování a další pozitivní vlastnosti silniční dopravy jí umožnily zvýšené tempo růstu (Clinton, 2017). Laurance uvádí, že do roku 2050 se očekává více než 25 milionů kilometrů nových silnic, což je o 60 % více, než je odhadovaná „silniční stopa“ v roce 2010 (cit. in Clinton, 2017).

Nicméně právě moderní dopravě se dnes připisuje největší podíl na hlukovém znečištění. Ze tří hlavních typů dopravy (automobilová, železniční a letecká) má silniční doprava nejnepříznivější akustický dopad, který výrazně překračuje další zdroje hluku dohromady (Graf. 1). Předpokládá se, že v městských oblastech představuje doprava 80 % z celkové hlukové zátěže (Science for Environment Policy, 2017). Mezi další významné zdroje hluku ve městě patří železniční a letecká doprava a průmyslová činnost.

Graf 1 – Rozložení populace EU vystavené hluku nad 55 dB (L_{den}), miliony, podle zdroje hluku



Zdroj: Science for Environment Policy, 2017, 8

Hladina hlukového znečištění je závislá na intenzitě, rychlosti a charakteru (složení) dopravního toku, dále na podélném sklonu nivelety, druhu a stavu vozovky, okolní zástavbě, konfiguraci terénu, stínění, odrazech zvuku, meteorologických podmínkách (Liberko a Ladýš 2011). Hluk vznikající z jednotlivých vozidel závisí na mnoha faktorech: výkon a způsob využití motoru, technický stav vozidla a kvalita povrchu vozovky. Hladina hluku ale závisí i na kvalifikaci řidiče (Jakubowski, 1979).

Obecně je hluk z automobilové dopravy způsoben kombinací hluku odvalování (vibrací a interakcí mezi pneumatikou a povrchem vozovky) a hlukem produkovaným činností motoru. Přitom odvalovací hluk vzniká při rychlostech vozidla více než 30 km/h, zatímco hluk z motoru převládá při pohybu vozidla rychlostí nižší (Science for Environment Policy, 2017). Hluk z motoru se dramaticky zvyšuje v okamžiku spuštění a zahřívání (až o 10 dB) (Jakubowski, 1979). Pokud jsou na povrchu vozovky nerovnosti, může převládat hluk lamelového odpružení stejně jako hluk nákladu a karoserie (Jakubowski, 1979).

Pohyb vozu za použití převodovky zapnuté na jedničku (až 40 km/h) způsobuje nadměrnou spotřebu paliva, zatímco hluk motoru je dvakrát vyšší než hluk, který se vytváří za využití spojky zapnuté na dvojku. Výrazný hluk vzniká také při náhlém brzdění vozu z vysoké rychlosti. V tomto případě ho lze výrazně snížit, když před šlápnutím na brzdny pedál bude využito tzv. brzdění motorem (Lukanin et al., 2012).

Hladina hluku železniční dopravy závisí na intenzitě a rychlosti vlaků stejně jako na charakteru vlaků a stavu železnic. Válcový hluk je hlavním zdrojem hluku vlaku za jízdy, zatímco hluk motoru začne převládat, když vlaky stojí nebo se pomalu pohybují. Při rychlostech nad 300 km/h dominuje aerodynamický hluk. Obecně platí, že hlavním zdrojem hluku vlaku je interakce kol s kolejnicemi, což vede k vibracím vnímaným jako hluk. (Science for Environment Policy, 2017).

Ačkoli hluk z letecké dopravy má menší podíl na hlukovém znečištění než hluková zátěž z automobilové či železniční dopravy, vyvolává větší pocit obtěžování a rozmrzelosti. Navíc hluková imise letecké dopravy představuje větší nebezpečí pro zdraví lidí než ostatní dopravní hlukové zdroje (Letadla vytvářejí hluk při přistávání a startu, za letu a při přistání. Hluk pochází z tří hlavních zdrojů: aerodynamický šum (díky proudění vzduchu kolem hlavní části letadla, zvyšující se rychlostí a v nízkých nadmořských výškách), motorický / mechanický šum (v důsledku proudových motorů,

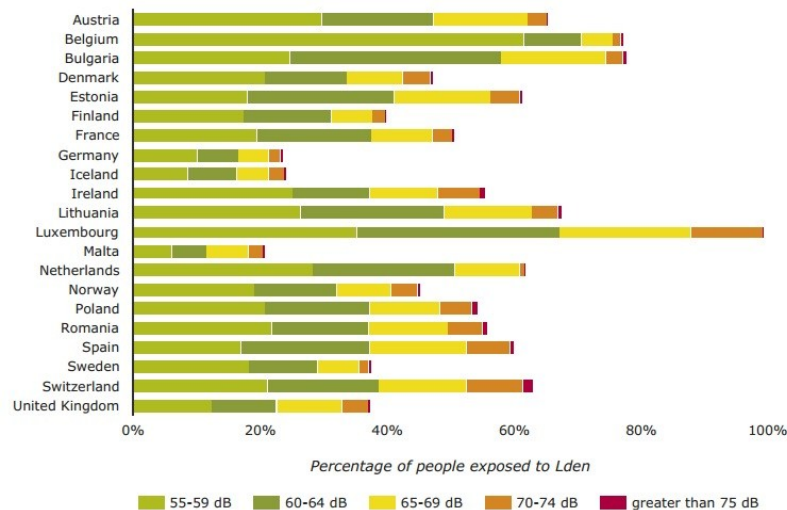
které převažují během vzletu a stoupání) a hluk z letadlových systémů (z pomocné pohonné jednotky, která se používá k nastartování hlavních motorů a zajišťuje napájení letadla na zemi). (Science for Environment Policy, 2017).

Ačkoli letecká a železniční doprava mají často vyšší emisní hodnotu, počet lidí zasažených těmito hlukovými zdroji je však výrazně nižší, než to je u automobilové dopravy (Science for Environment Policy, 2017).

Aktuální stav hlukového znečištění v zemích Evropské Unie

„Předpokládá se, že do roku 2020 bude žít v městských oblastech 80 % Evropanů, přičemž velká část z nich v blízkosti rušné dopravní infrastruktury a dopravních uzlů, jako jsou letiště a dálnice“ (EEA, 2016, a, 6). Podle údajů Evropské agentury pro životní prostředí je v zemích Evropské unie přibližně 100 milionů lidí vystaveno hluku z automobilové dopravy, z nichž 32 miliony lidí velmi vysokým hladinám hluku, přesahujícím hodnotu 65 dB (L_{den}). Na druhém místě je železniční doprava, jejíž hlukové znečištění přesahuje hodnotu 55 dB (L_{den}). Dle odhadu EEA je hluku z železniční dopravy vystaveno 19 milionů lidí. Hluk z letectví, jímž je více než 4,1 milionu lidí vystaveno hluku nad 55 dB, je třetím hlavním zdrojem hluku, po němž následuje průmyslový hluk v městských oblastech, jemuž je vystaveno cca 1,0 milion lidí (EEA, 2017).

Obyvatelé měst jsou postiženi hlukem nejvíce. Mezi jednotlivými zeměmi EU může být velký rozdíl v počtu lidí vystavených hluku z dopravy v městských oblastech. To je do značné míry ovlivněno takovými faktory, jako je počet městských oblastí v každé zemi a celkový počet obyvatel v městských oblastech. Například Rakousko, Estonsko, Irsko, Litva, Nizozemsko, Polsko, Rumunsko, Španělsko a Švýcarsko uvedly, že více než 50 % jejich městských obyvatel (městská aglomerace s populací více než 100 000 osob) je vystaveno hluku nad 55 dB (L_{den}) z automobilové dopravy. V Belgii, Bulharsku a Lucembursku je též hladině hluku vystaveno více než 75 % obyvatel (Obr. 4), zatímco v Německu, na Islandu a na Maltě zůstává množství lidí zasažených dopravním hlukem nad 55 dB (L_{den}) pod úrovní 25 % (EEA, 2016, b).



Obr. 4 – Obyvatelstvo (%) vystavené dopravnímu hluku v zemích EU, 2012

Zdroj: EEA, 2016, b.

Dle odhadu Evropské agentury pro životní prostředí je 14 milionů Evropanů obtěžováno hlukem, 6 milionů je postiženo rušením spánku, 70 000 bylo kvůli hluku hospitalizováno a došlo nejméně k 16 000 předčasných úmrtí (Science for Environment Policy, 2017). Kromě toho velké množství lidí obtěžuje hluk, jež způsobují letadla na letištích a v jejich okolí. Týká se to i školáků, z nichž nejméně 8 000 v důsledku vystavení vysokým hladinám hluku trpí v Evropě poruchami čtení (EEA, 2016, a).

Světová zdravotnická organizace uvádí zajímavý odhad zátěží nemocí způsobených environmentálním hlukem v letech života (součet potenciálních let života ztracených v důsledku předčasné smrti a ekvivalentních let zdravého života ztracených v důsledku špatného zdravotního stavu nebo zdravotního postižení): 61 000 let – ischemická choroba srdeční; 45 000 let – pro kognitivní postižení u dětí; 903 000 let – pro poruchy spánku; 22 000 let – pro tinnitus; 654 000 let – za celkové obtěžování. Tyto údaje jsou roční a pouze pro západní Evropu (Science for Environment Policy, 2017).

Strategické hlukové mapování

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí (END) zavádí na území EU závazný proces strategického hlukového mapování. Směrnice END by měla poskytnout základ pro vývoj a dokončení stávajícího souboru opatření Společenství týkajících se emisí hluku z velkých zdrojů, a to zejména:

silničních a železničních vozidel a infrastruktury, letadel, zařízení určených k použití ve venkovním prostředí, průmyslových zařízení, mobilních strojních zařízení (MZČR, 2015, b).

Cíli Směrnice END je „*definovat společný přístup k vyvarování se, prevenci nebo omezení škodlivých či obtěžujících účinků hluku ve venkovním prostředí*“ a „*poskytnout základ pro přípravu protihlukových opatření v celém Společenství*“ (Směrnice END 2002/49/ES, Článek 1). Na základě toho by měl každý členský stát postupně provést následující opatření:

- a. určit míry expozice hluku ve venkovním prostředí prostřednictvím hlukového mapování;
- b. zpřístupnit informace o hluku ve venkovním prostředí a jeho účincích široké veřejnosti;
- c. na základě výsledků hlukového mapování přijmout akční plány (Směrnice END 2002/49/ES, Článek 1).

Předmětem zkoumání strategického hlukového mapování je environmentální hluk. Ten je definován jako: „*nechtěný nebo škodlivý zvuk ve venkovním prostředí vytvořený lidskou činností, včetně hluku vyzářovaného dopravními prostředky...*“ (Směrnice END 2002/49/ES, Článek 3). Oblastí působnosti směrnice je totiž venkovní hluk, kterému jsou vystaveni lidé zejména v zastavěných oblastech, ve veřejných parcích nebo v tichých oblastech aglomerací, v tichých oblastech ve volné krajině, v blízkosti škol, nemocnic a jiných citlivých budov nebo oblastí. Směrnice se nevztahuje na hluk v domácnostech, sousedský hluk, hluk na pracovištích, hluk uvnitř dopravních prostředků nebo hluk způsobený vojenskou činností ve vojenských oblastech (Směrnice END 2002/49/ES).

Každý stát Evropské unie je povinen pořizovat pravidelné měření hlukového znečištění na svém území v pětiletých cyklech nebo i dříve, dojde-li k podstatnému vývoji hlukové situace v dané zemi (MZČR, 2015, b). Společný přístup členských zemí k hodnocení environmentálního hluku zajišťují harmonizované hlukové indikátory (Směrnice END 2002/49/ES). Směrnice definuje následující indikátory hluku (Tab. 2).

Tab. 2 – Společné ukazatele hluku

Ukazatel pro	Období dne	Ukazatel	
		Směrnice	Vyhláška o hlukovém mapování
Celkové obtěžování hlukem	24 hod	Lden	L _{den}
Obtěžování hlukem během dne	06-18 hod	L _{day}	L _d
Obtěžování hlukem během večera	18-22 hod	L _{evening}	L _v
Rušení spánku	22-06 hod	L _{night}	L _n

Zdroj: Sdružení-AP, 2017, 10

Způsob výpočtu hlukového ukazatele L_{den} definuje směrnice následujícím vzorcem (Obr. 5):

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 * 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

Obr. 5 – Vzorec pro výpočet ukazatele L_{den}

Zdroj: Směrnice END 2002/49/ES, příloha I

L_{den} (day-evening-night) slouží k posouzení celkové míry obtěžování hlukem. Pro hodnocení obtěžování hlukem během dne se používají indikátor L_d . Pak L_v – indikátor hluku pro večer. L_n je indikátorem hluku pro obtěžování hlukem během noci a je zároveň indikátorem hluku pro rušení spánku (Potužníková, 2014).

Jednotlivé hlukové indikátory představují dlouhodobý průměr hladin akustického tlaku vážené funkcí A za období jednoho kalendářního roku (Směrnice END 2002/49/ES). Hladiny akustického tlaku v bodě hodnocení mohou být určeny buď výpočtem, nebo měřením (Směrnice END 2002/49/ES).

Mezní hodnoty hlukových deskriptorů si členské státy stanovují individuálně s přihlédnutím k zásadám prevence a zachování tichých oblastí. Mezní hodnotou se rozumí „hodnota L_{dvn} nebo L_n , při jejímž překročení příslušné subjekty zvažují nebo zavádějí opatření ke zmírnění hluku“ (Směrnice END 2002/49/ES, Článek 3, odstavec s). Tyto hodnoty se mohou lišit pro různé typy hluku, různá prostředí a různou citlivost obyvatel. Mezní hodnoty hlukových ukazatelů v ČR jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3 – Mezní hodnoty hlukových ukazatelů v ČR dle vyhlášky č. 523/2006 Sb.

Zdroj hluku	L_{dvn} (dB)	L_n (dB)
Silniční doprava	70	60
Železniční doprava	70	65
Letiště	60	50

Výsledky SHM by měly být zpracovávány v podobě strategických hlukových map, které se pořizují pro hluk v okolí hlavních pozemních komunikací, hlavních železničních tratí, hlavních letišť a v aglomeracích. Podle Směrnice END by měla strategická hluková mapa prezentovat údaje o jednom z těchto hledisek:

- a. stávající, předchozí nebo předpokládaná hluková situace vyjádřená pomocí hlukového indikátoru,
- b. překročení mezní hodnoty,
- c. odhadovaný počet obydlí, škol a nemocnic ve vymezené oblasti, které jsou vystaveny specifickým hodnotám hlukového indikátoru,
- d. odhadovaný počet osob vystavených hluku v oblasti zasažené hlukem.
(Směrnice END 2002/49/ES)

Dlouhodobým strategickým cílem Směrnice do roku 2010 bylo snížit v rámci celé Evropské unie počet obyvatel zasažených hlukem ve venkovním prostředí hladinou L_{dvn} nad 65 dB minimálně o 10 % a do roku 2020 je cílem snížení počtu takto zasažených osob o cca 20 % (Sdružení-AP, 2017). Stojí za zmínku, že Směrnice má především strategický charakter, sloužící jako podklad pro politiku řízení environmentálního hluku v prostředí. (Sdružení-AP, 2017) „Kvantifikace a porovnávání akustické situace je založeno na mezních (nikoliv limitních) hodnotách hlukových ukazatelů. Dodržování těchto mezních hodnot pro účely strategického řízení hluku v území nepodléhá státnímu dozoru, a tedy ani sankcím. Není vymahatelné! Mezní hodnoty jsou spíše indikátorem akustických kvalit území a při zjištění překročení mezních hodnot mají zodpovědné orgány možnost zvážit zavedení případných opatření ke snížení dopadů hluku v daném území.“ (Ládyš, 2016, 7)

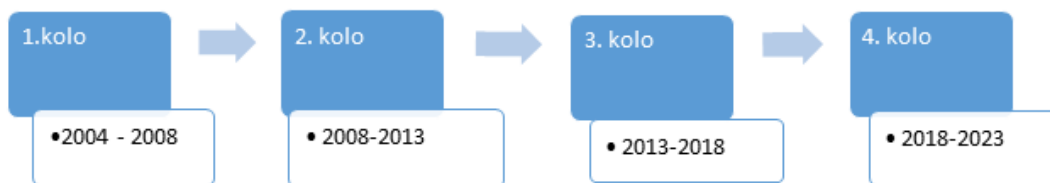
Strategické hlukové mapování v České republice

V současné době probíhá na území České republiky čtvrté kolo strategického hlukového mapování (Obr. 6), definované následujícími kritérii:

- a. úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 3 000 000 vozidel za rok;
- b. úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 30 000 vlaků za rok;
- c. aglomerace s více než 100 000 obyvateli;
- d. hlavní letiště s více jak 50 000 vzlety a přistáními za rok (MZČR, 2018).

Podle MZČR, 4. kolo SHM bude zpracováno jednotnou výpočtovou metodikou „Cnossos_EU“. Strategické hlukové mapy by měly být kompletně hotové do 30. 6. 2022 a výsledky by měly být představeny Evropské komisi do 31. 12. 2022. Datum pořízení akčních plánů je stanoven do 18. 7. 2023 a souhrnné výsledky by měly být reportovány Evropské komisi do 18. 1. 2024 (MZČR, 2018). Finální výsledky 3. kola byly reportovány v červenci 2018. Dle odhadu Ministerstva zdravotnictví by akční plány měly být dokončeny do 4. 9. 2019 a následně reportovány Evropské komisi (MZČR, 2018).

Výsledky 3. kola SHM z roku 2017 ukázaly, že hluková zátěž ze silniční dopravy nad 55 dB zasahuje zhruba čtvrtinu obyvatel ČR. Ve zprávě o životním prostředí za rok 2017, jak ji zpracovala česká informační agentura životního prostředí CENIA, se poukazuje na fakt, že hladinám hluku nad mezní hodnotu (70 dB) je celodenně vystaveno 2,0 % obyvatel ČR a přibližně 6 % obyvatel městských aglomerací. Zdrojem nadměrného hluku je téměř výhradně silniční doprava. (CENIA, 2017, a).



Obr. 6 – Kola SHM v ČR

Zdroj: MDČR, 2019

Zpráva rovněž uvádí, že z „*aglomerací nad 100 tisíc obyvatel má nejvyšší hlukovou zátěž aglomerace Praha (8,4 % obyvatel celodenně exponováno nad mezní hodnotu), nejnižší aglomerace Olomouc (2,5 %)“*, což je dáno odvedením významné části tranzitní dopravy na dálniční obchvat mimo Olomouc (CENIA, 2017, a). „*Mimo aglomerace byla nejvyšší hluková zátěž obyvatel z hlavních silnic zjištěna v krajích Středočeském a Moravskoslezském, zatímco nejlepší hluková situace je v kraji Libereckém“* (CENIA, 2017, a, 40).

V aglomeraci Olomouc bylo celodenní hlukovou zátěží nad 55 dB vystaveno 57,8 % území a 57,4 % jejích obyvatel. Přitom celodenním obtěžováním hlukem ze silniční dopravy nad mezní hodnotu bylo postiženo 2,5 % obyvatel aglomerace (2,6 tis. osob), 363 obytných staveb a 2 školská zařízení. CENIA také uvádí, že v nočních hodinách hluk nad mezní hodnotu (60 dB) obtěžoval 4,9 tisíc osob (4,7 % obyvatel aglomerace). Ve srovnání s hlukovou situací zmapovanou ve 2. kole SHM expozice obyvatel celodennímu hlukovému znečištění nad mezní hodnotu mírně poklesla, a to o 10,9 %. (CENIA, 2017, b)

Co se týče jiných zdrojů hlukového znečištění, jak uvádí CENIA (2017, b, 40), „*aglomerace Olomouc měla mírnou hlukovou zátěž ze železniční dopravy a z průmyslu, bez významnější expozice obyvatelstva hladinám hluku přesahujícím mezní hodnoty“*.

„*Provoz na hlavních silnicích mimo aglomeraci byl v roce 2017 zdrojem celodenní hlukové zátěže nad 55 dB pro celkově 55,2 tis. osob, což představuje 10,5 % obyvatel Olomouckého kraje mimo aglomeraci Olomouc. Hluku z hlavních silnic nad mezní hodnotu bylo celodenně exponováno 3,1 tis. osob, v nočních hodinách 4,6 tisíc osob. I mimo aglomeraci expozice obyvatel hlukové zátěži ze silniční dopravy ve srovnání s rokem 2012 poklesla, a to kvůli realizaci obchvatů sídel a dalších protihlukových opatření“* (CENIA, 2017, b, 40).

5. PŘÍPADOVÁ STUDIE OLOMOUC

Předmětem zkoumání této bakalářské práce je hluková zátěž z automobilové dopravy ve městě Olomouc. Za účelem plnění stanovených cílů byl zvolen tradiční hlukový přístup, protože, jak uvádí například Truax (1984, 75), tento „... přístup lze považovat za uspokojivý při studiu degenerovaných a relativně jednoduchých akustických prostředí, která se vyskytují, když jeden zvuk (například doprava) převládá do té míry, že jsou zaplaveny účinky jiných zvuků“. Navíc se za použití metod hlukového přístupu provádí celoevropské hodnocení hlukového znečištění v rámci procesu strategického hlukového mapování.

Charakteristika zájmového území

Statutární město Olomouc je se svými více než sto tisíci obyvateli jedním z nejvýznamnějších měst v České republice. Rozloha města Olomouc činí 10 333 ha. S geomorfologického hlediska lze území města rozdělit na tři podcelky Hornomoravského úvalu. Jsou to Uničovská plošina, Středomoravská niva a Prostějovská pahorkatina. Rovinatý charakter města je na západě a na východě ohraničen vyšším georeliéfem, uzavírajícím město do protáhlé sníženiny ve směru severozápad – jihovýchod (Demek a Mackovčín, 2006). Střed města leží v nadmořské výšce 219 m n. m., která se směrem k severovýchodu zvyšuje až na 420 m n. m. Zeměpisné souřadnice města Olomouce jsou 49° 36' severní šířky, 17° 15' východní délky (Statutární město Olomouc, 2017). Hydrologickou osu města tvoří řeka Morava. Tento dominantní tok pramenící pod Králickým Sněžníkem rozděluje město Olomouc na západní a východní část. Ve východní části města se do Moravy vlévá její levý přítok řeka Bystřice a v jižní části města se připojuje Mlýnský potok, jenž je jejím pravým přítokem.

Olomouc je významným kulturně-historickým a ekonomickým centrem Moravy. Díky své bohaté historii, starobylé univerzitě, kulturním a řemeslným tradicím byla vždy atraktivním místem pro studenty, turisty, obchodníky a podnikatele. „Z ekonomického pohledu lze Olomouc charakterizovat jako město s rozvinutým průmyslem, službami a moderním vědecko-výzkumným zázemím.“ K 31. 12. 2016 žilo v Olomouci 100 378 obyvatel, což představuje 43 % obyvatel okresu Olomouc. (Statutární město Olomouc, 2017)

Výzkum hlukového znečištění z automobilové dopravy byl zaměřen na okolí křižovatky, kde ulice Foerstrova navazuje na ulici Pražská a kříží se s třídou Míru. Zájmová lokalita spadá do katastrálních území Nová ulice a Neředín. Celkem byla vybrána čtyři stanoviště:

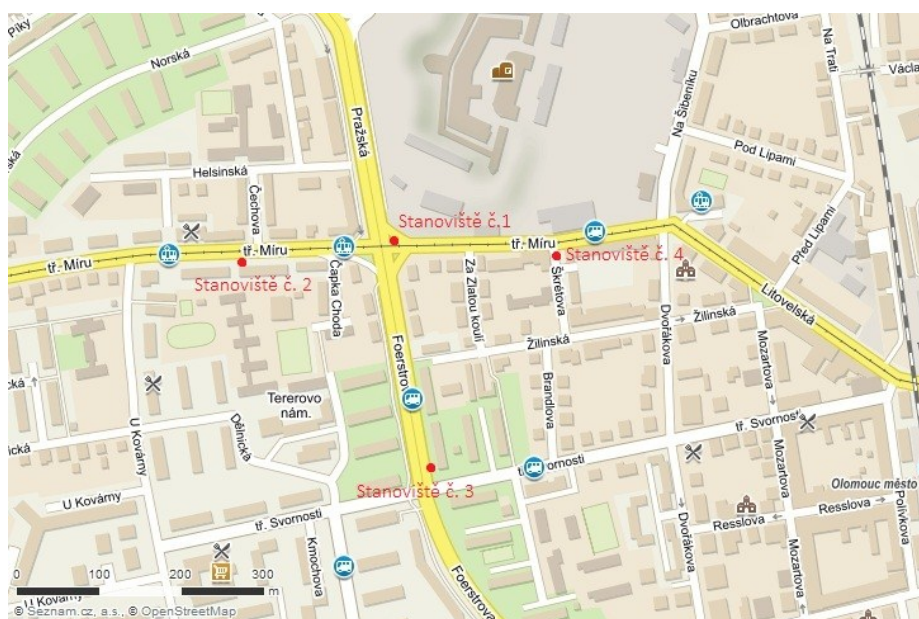
1. stanoviště – samotná křižovatka ulic Foerstrova, Pražská a tř. Míru. Místo měření se nachází v úseku č. 7-0071 silnice I/35 (od ul. tř. Míru po ul. Rumunská) dle označení ŘSD ČR.

2. stanoviště – tř. Míru, mezi tramvajovými zastávkami „Pražská“ a „U Kovárny“. Místo měření se nachází v úseku č. 7-3381 silnice II/48 (od zájmové křižovatky přes Neředín, Letiště Olomouc až po dálnici D35) dle označení ŘSD ČR.

3. stanoviště – ulice Foerstrova. Místo měření se nachází v úseku č. 7-5381 silnice I/35 (od ul. Albertova přes ul. Foerstrova po ul. tř. Míru) dle označení ŘSD ČR.

4. stanoviště – tř. Míru u odbočky na ulici Škrétova. Místo měření se nachází v úseku č. 7-0072 silnice II/48 (od křižovatky přes ul. tř. Míru a Litovelská, po ul. Palackého) dle označení ŘSD ČR.

Mapa z obrázku 7 znázorňuje polohu zvolených stanovišť, na kterých probíhala jednotlivá měření hluku.



Obr. 7 – Mapa míst měření

Zdroj: vlastní zpracování, podklad mapy.cz



Obr. 8 – Zkoumaná křižovatka

Ulice Foerstrova a Pražská jsou úseky silnice I/35, která tvoří doprovodnou komunikaci k dálnici D35 a prochází přes následující obce: Hněvotín, Hranice, Křelov- Břuchotín, Líšnice, Mírov, Mohelnice, Olomouc, Přáslavice, Velká Bystřice (Sdružení-AP, 2017). Třída Míru je součástí silnice II/448, která vede z Olomouce do Konice. Ulice Foerstrova a Pražská i třída Míru jsou dvoupruhové a obousměrné komunikace. Hodnocené úseky komunikací I/35 a II/448 procházejí chráněnou obytnou zástavbou (Ládyš 2016; Sdružení-AP, 2017). Dle výsledků celostátního sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR (2016) projíždí přes tuto křižovatku s ulicí Foerstrovou denně více než 20 000 vozidel, jednu desetinu z tohoto počtu činí těžká motorová vozidla. Zvláště přes křižovatku s třídou Míru projíždí celkově víc než 8 000 vozidel, z nichž více než 600 tvoří těžká motorová vozidla (CSD ČR, 2016). Navíc je třídou Míru vedena tramvajová trať.

Hluk třídy 1. Máje a ulice Pražské (Obr. 8-10), částečně zasahuje do sídelných jednotek Norská (2 091 lidí k roku 2011) a Neředín (1 740 lidí k roku 2011), jež obě spadají do městské čtvrti Neředín (9 363 lidí k roku 2011) (Čevelá, 2014). Neředín je bývalá vesnice, která byla k Olomouci připojena jako městská čtvrť (Čevelá, 2014). Sídlí zde Fakulta tělesné kultury Univerzity Palackého a nachází se zde také velká část univerzitních kolejí. V bezprostřední blízkosti stanovišť č. 1 a č. 2 se též nacházejí základní a mateřská škola, autobusová a tramvajová zastávka. V relativní blízkosti sledované lokality se nachází nákupní centrum Olomouc CITY, Aplikační centrum BALUO a ústřední hřbitov Neředín.



Obr. 9 – Křižovatka ulic Foerstrova, Pražská a tř. Míru (stanoviště 1)

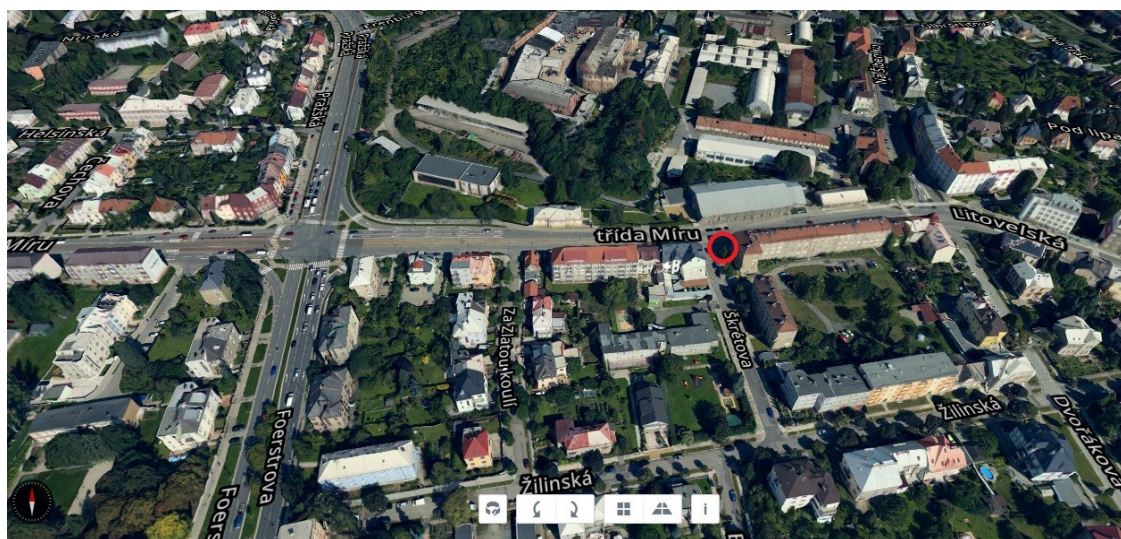


Obr. 10 – Úsek tř. Míru (stanoviště 2)

Stanoviště č. 3 bylo vybráno naproti jednomu z obytných domů lemujících Foerstrovu ulici a zároveň je situovaného mezi dvěma křižovatkami, v nichž se ulice Foerstrova kříží s tř. Míru a s tř. Svornosti. Pro stanoviště č. 4 byl vybrán další úsek tř. Míru, vedoucí směrem k Šibeníku. Hluk z komunikace ul. Foerstrova (Obr. 11) a tř. Míru (Obr. 12) částečně zasahuje do sídelné jednotky Terenovo náměstí (3 132 lidí k roku 2011) a částečně do sídliště Na Vozovce (2 685 lidí k roku 2011), jež obě spadají do městské čtvrti Nová Ulice (19 391 obyvatel k roku 2011) (Čevelá, 2014). Jedná se o největší olomouckou městskou čtvrť, v níž zaujímají od roku 1975 dominantní postavení rozsáhlá sídliště (Čevelá, 2014).



Obr. 11 – ul. Foerstrova (stanoviště 3)



Obr. 12 – tř. Míru u odbočky na ulici Škrétova (stanoviště 4)

V akčním plánu protihlukových opatření (Sdružení–AP, 2017) pro hlavní pozemní komunikace ve vlastnictví státu byly ulice Pražská a Foerstrova spolu s ulicí Albertovou jako úseky silnice I/35, jež je součástí průtahu městem, zahrnuty do seznamu kritických míst v Olomouci s orientačním vyznačením oblastí priorit I (Obr. 13). Modrým čtyřúhelníkem je vyznačena sledovaná lokalita. Na výše zmíněných úsecích silnice I/35 byla zvolena měřicí místa č. 1 a č. 3.

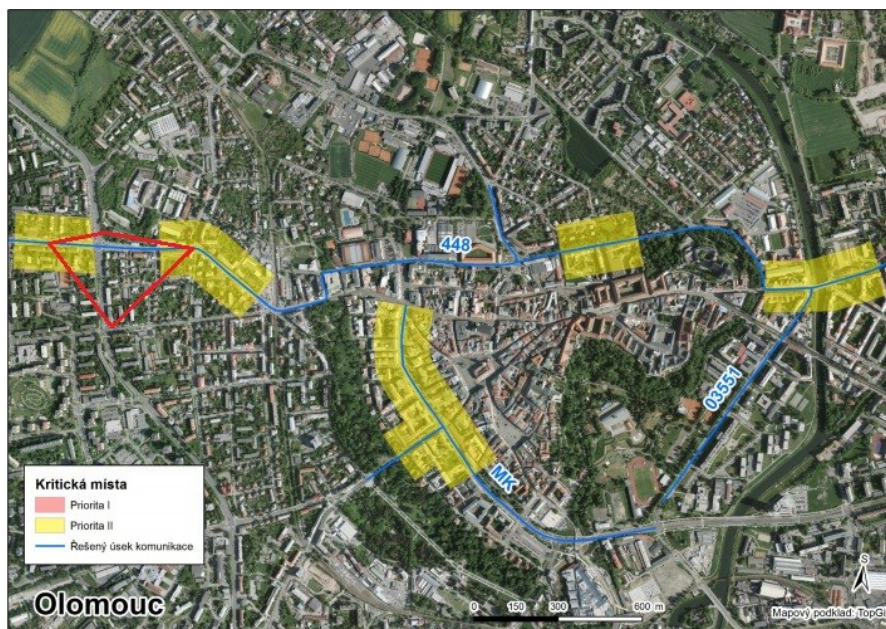
V akčním plánu protihlukových opatření (Ládyš, 2016) pro hlavní pozemní komunikace ve vlastnictví Olomouckého kraje byly dva úseky třídy Míru, jež se nacházejí v blízkém okolí zkoumané křižovatky, zahrnuty do seznamu kritických míst v Olomouci s orientačním vyznačením oblastí priorit II.² Na těchto úsecích se nacházejí 2. a 4. měřicí

² Priorita II (žlutý odstín) – vymezuje území, ve kterém je překročena mezní hodnota a současně je zde hustota obyvatel ≥ 1 obyvatel/1000 m². Pro prioritu I je hustota obyvatel ≥ 10 obyvatel/1 000 m² (Ládyš, 2016).

místo. Na Obr. 14 je uvedena mapa výše zmíněných kritických míst ve městě Olomouci a zároveň je červeně zdůrazněna zkoumaná lokalita.



Obr. 13 – Kritická místa v Olomouci, priorita I, dle 2. kola SHM v ČR
Zdroj: upraveno dle Sdružení–AP, 2017



Obr. 14 – Kritická místa v Olomouci, priorita II, dle 2. kola SHM v ČR
Zdroj: upraveno dle Ládyš, 2016

Měřicí přístroj

K měření hladiny akustického tlaku byl použit digitální hlukoměr Vernier SLM-BTA Sound Level Meter (Obr. 15). Daný hlukoměr je vybaven analogovým konektorem BTA, umožňujícím jeho připojení k dataloggeru. Parametry daného senzoru jsou uvedeny v tabulce na Obr. 16. Průběžný záznam a ukládání naměřených hodnot byly zajištěny pomocí dataloggeru LabQuest (Obrázek 3). Zpracování výsledků měření na počítači proběhlo prostřednictvím softwaru Logger Lite, pomocí kterého byla data vyexportována pro další zpracovávání v Excelu. Komunikace dataloggeru LabQuest s počítačem byla zajištěna prostřednictvím USB rozhraní. Ke kalibraci hlukoměru byl využit Calibrator Brüel and Kjaer, typ 4231.

Ke zjištění meteorologických podmínek byla využita data z meteorologické stanice Davis Vantage 6163 umístěné v blízkosti měřicích míst, tedy v Olomouci na ulici U Kovárny. K měření doporučených vzdáleností byl použit svinovací metr.



Obr. 15 – Hlukoměr Vernier SLM-BTA a Datalogger LabQuest

Výrobek vyhovuje standardům:	EN 61 672-1 třída 2
Provozní napětí:	1 x 9V baterie
Proud:	Cca 10mA/max. 16mA
Provozní doba baterie:	Cca 50h (alkalická baterie)
Funkce automatického vypínání:	Po 15 minutách bez stisku jakéhokoli tlačítka
Displej:	LCD 2000 bodů
Rozlišení:	0,1 dB (aktualizace 2s)
Přesnost:	± 1,4%
Mikrofon:	1/2 Elektret-kondenzátorový mikrofon
Rozsah frekvence:	31,5 Hz až 8 kHz
Rozsah dynamiky:	50 dB
Rozsah hladiny hluku:	30 - 130 dB (automatický rozsah)
	30 - 80 dB/50 - 100 dB/80 - 130 dB
Hodnocení frekvence:	A a C
Hodnota času:	FAST (125ms) nebo SLOW (1s)
Analogový výstup:	AC = 1 Vrms/dB, DC = 10mV/dB
Paměť:	32600 paměťových míst
Provozní podmínky:	Teplota 0°C až +40°C
	Relativní vlhkost vzduchu od 10 do 90%, bez kondenzace
	Provozní výška < 2000 m
Hmotnost:	Cca 350 g
Rozměry:	76 x 278 x 50 mm
Provozní napětí:	100 - 240 V/AC 50/60 Hz

Obr. 16 – Parametry digitálního hlukoměru Vernier SLM-BTA

Sběr dat

Sběr dat se uskutečnil prostřednictvím přímého měření hladin hlukového znečištění v místě jeho výskytu. Veškerá měření byla provedena na základě doporučení Metodického návodu Ministerstva zdravotnictví ČR pro měření hluku v mimopracovním prostředí (NRL, 2017). Tento návod stanovuje postup a všeobecné podmínky měření hluku ve stavbách pro bydlení, ve stavbách občanského vybavení a ve venkovním prostoru pro účely hodnocení jejich vlivu na zdraví obyvatelstva podle nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Jednotlivé podmínky měření hluku z dopravy byly upřesněny v manuálu výpočtu hluku z automobilové dopravy publikované společností Enviconsult s.r.o. a Ekola group, s.r.o.

Důležitým krokem byla před samotným zahájením průzkumu volba doby měření (měsíc, týden, den, hodina) a délky měření (interval). Doba se volí tak, aby odpovídala průměrné standardní situaci provozu zdroje hluku. Délka měření je zvolena tak, aby v jeho průběhu byly zachyceny všechny typické hlukové situace, které se v místě vyskytují. Neměří se nestandardní, nestabilní a přechodné jevy, pokud nejsou předmětem zkoumání (NRL, 2017). Podle doporučení měření hlukové zátěže z dopravy je vhodné provádět ho od března do června a od září do října v pracovní dny od úterý do čtvrtka. Před průzkumem musí být zjištěno, zda nebude provoz na sledovaném úseku ovlivněn mimořádnými událostmi (uzavírky a dopravní omezení na komunikacích, akce s dopady na dopravu – např. významné kulturní nebo sportovní události).

Při volbě doby měření by měly být zohledněny také vhodné meteorologické podmínky. Povrch silnice musí být suchý, povrch země nesmí být pokryt sněhem nebo ledem, nesmí být ani zmrzlý nebo nasáklý velkým množstvím vody a měření nesmí probíhat za podmínek teplotní inverze (NRL, 2017). Rychlost větru nesmí být větší než 5 ms^{-1} .

Celkem bylo provedeno 8 měření – po dvou na každém ze čtyř stanovišť. Data se sbírala v průběhu osmi pracovních dnů: v dopolední (7:00 – 8:00) a odpolední (19:00 – 20:00) dobu. Před každým zahájením měření byl měřicí přístroj upevněn na stativu ve výšce 1,5 m nad terénem. Mikrofon byl nasměrován kolmo proti zdroji hluku a umístěn ve vzdálenosti 1 m od kraje vozovky. Rozsah měřicí hladiny hluku byl nastaven v intervalu 35–90 dB. Data se ukládala do dataloggeru LabQuest každou sekundu s použitím váhového filtru A a dynamické charakteristiky Fast. Z každého měření bylo získáno 3600 hodnot. Po skončení měření byla data z dataloggeru přenesena do počítače k dalšímu zpracování.

Hodnoty a jejich zpracování

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění nařízení vlády č. 217/2016 Sb. má za úkol zajistit bezpečnost a ochranu zdraví obyvatel České republiky před nepříznivými účinky hluku. Tato nařízení zapracovávají příslušné předpisy Evropské unie a upravují:

- a. hygienické limity hluku a vibrací na pracovištích,
- b. hygienické limity hluku pro chráněný venkovní prostor, chráněné venkovní prostory staveb a chráněné vnitřní prostory staveb,
- c. hygienické limity vibrací pro chráněné vnitřní prostory staveb,
- d. způsob měření a hodnocení hluku a vibrací pro denní a noční dobu.

Dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. (§ 12, odstavec 1) „... *určujícím ukazatelem hluku, s výjimkou vysokoenergetického impulsního hluku je ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ a odpovídající hladiny v kmitočtových pásmech*“. Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ 50 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době (nařízení vlády č. 272/2011 Sb., § 12). Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích a dráhách se ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ stanoví pro celou denní a celou noční dobu. Za denní dobu je považovaná doba 16 hodin,

a to od 6:00 h do 22:00 h. Za noční dobu je považovaná doba 8 hodin, a to od 22:00 h do 6:00 h.

Území sledované v této bakalářské práci spadá pod klasifikaci „chráněné venkovní prostory staveb“, jíž se rozumí venkovní prostor staveb do 2 m okolo bytových a rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely. Současně protínají tento chráněný prostor tramvajová dráha vedená po silnici I. třídy. Z toho vyplývá, že nejvyšší přípustná hodnota hluku ($L_{Aeq,T}$) působeného dopravou je na tomto území za použití příslušné korekce (+10 dB) pro denní dobu 60 [dB] a pro noc 50 [dB].

Veškeré výpočty a grafická vizualizace výsledků byly provedeny prostřednictvím softwaru Excel 2016. Ke každému měření byly vypočítány průměrná, maximální, a minimální hodnota hladiny akustického tlaku a hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku (L_{Aeq}). Pro výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} byl využit vzorec:

$$L_{Aeq} = 10 \log * \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_{Ai}/10}$$

Obr. 17 – Výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq}

kde L_{Aeq} označuje ekvivalentní hladinu akustického tlaku A v dB, n celkový počet naměřených hladin a L_{Ai} je i-tá naměřená hladina hluku A v dB.

Vzhledem k tomu, že sběr dat probíhal pouze v ranních a večerních hodinách, lze výsledky měření v podobě vypočtených ekvivalentních hladin akustického tlaku ($L_{Aeq,1h}$) považovat za dodatečné indikátory charakterizující hlukovou zátěž během dne a během večera (L_d a L_v) dle vyhlášky č. 523/2006 Sb., o hlukovém mapování. Tyto ekvivalentní hladiny akustického tlaku však nemohou být porovnatelné s mezními hodnotami, jelikož ty jsou stanoveny dle vyhlášky č. 523/2006 pro celou denní (den-večer-noc) a celou noční dobu.

Vizualizace výsledku prostřednictvím hlukové mapy

Dílčím cílem této bakalářské práce je vizualizace výsledků měření prostřednictvím hlukové mapy (Příloha 1 a 2). Hluková mapa byla vytvořena pomocí softwaru QGIS Desktop 3.6.0. a Microsoft Office 2016. Jako podkladová mapa posloužila mapová vrstva Ortofoto, která je volně dostupná na geoportal.cuzk.cz.

Pro rozšíření analýzy hlukového znečištění zájmového území byla také vypočítána absolutní četnost výskytu hodnot akustického tlaku pro každé stanoviště. Jak uvádí Smetana et al. (1998, 35) „... *krátkodobě působící hlasitý zvuk může způsobit menší zdravotní škody než dlouhodobě působící, zdánlivě snesitelný hluk slabší. Proto byl zaveden pojem hlukové expozice, kde je respektována jak působící hladina zvuku, tak i její doba poměrného trvání*“. Výsledky četnosti výskytu jednotlivých hodnot akustického tlaku v intervalu 1 dB byly vizualizovány na mapě pomocí histogramů. Vždy se jedná o zprava uzavřený interval, (např. 59; 60>). Na svislé ose jsou vyznačeny středy intervalů, kdežto na vodorovné ose jsou uvedeny absolutní četnosti výskytu jednotlivých hladin akustického tlaku. V každém histogramu je vyznačen světle modrou barvou interval s největším výskytem hodnot a červenou barvou interval, na jehož horní mez připadá hygienický limit (60 dB).

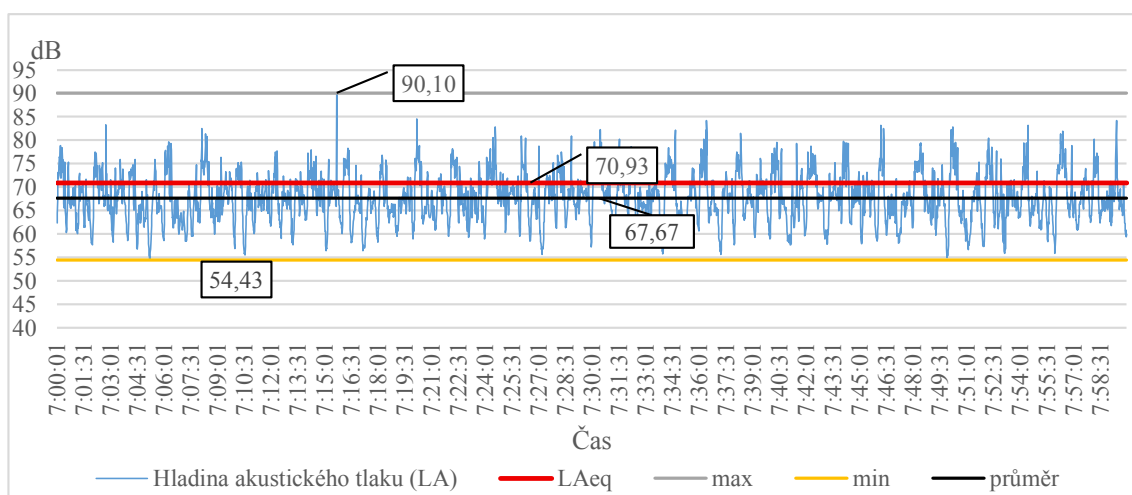
6. VÝSLEDKY A JEJÍCH ANALÝZA

Naměřené a vypočtené hodnoty byly zpracovány formou grafů. V každém jednotlivém grafu je vyznačena křivka s naměřenými hodnotami hladin akustického tlaku a přímky označující ekvivalentní hladinu akustického tlaku ($L_{Aeq,1h}$), maximální, minimální a průměrné hodnoty akustického tlaku v bodě jeho měření. Svislá osa grafu označuje hladinu akustického tlaku (A) v dB. Vodorovná osa označuje čas měření (hodiny: minuty: sekundy).

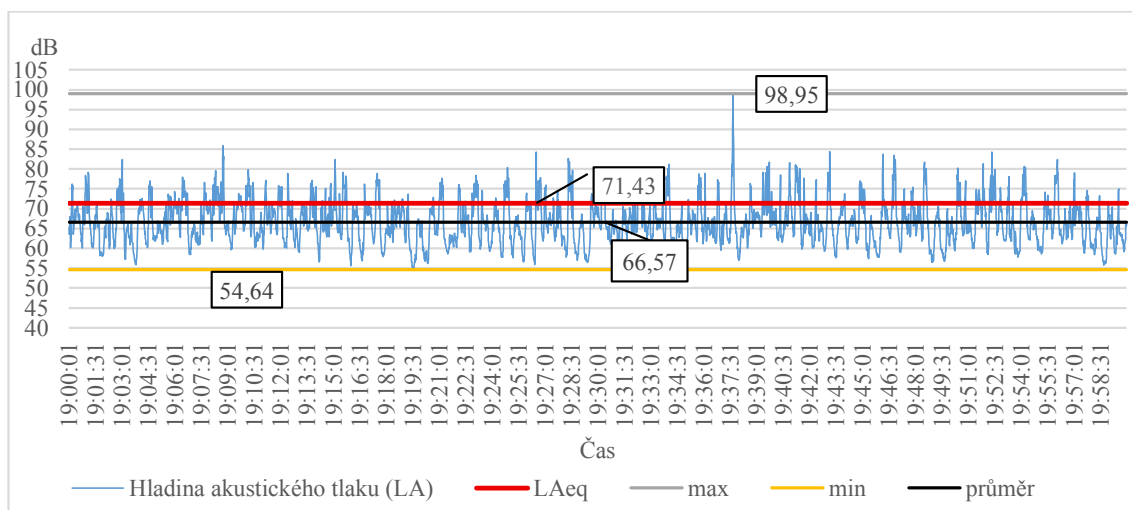
Analýza výsledků z jednotlivých stanovišť

Graf 2 a graf 3 zobrazují hlukovou situaci na 1. stanovišti (křižovatka ulic Foerstrova, Pražská a tř. Míru).

Graf 2 – Stanoviště 1, doba měření 7:00–8:00 h



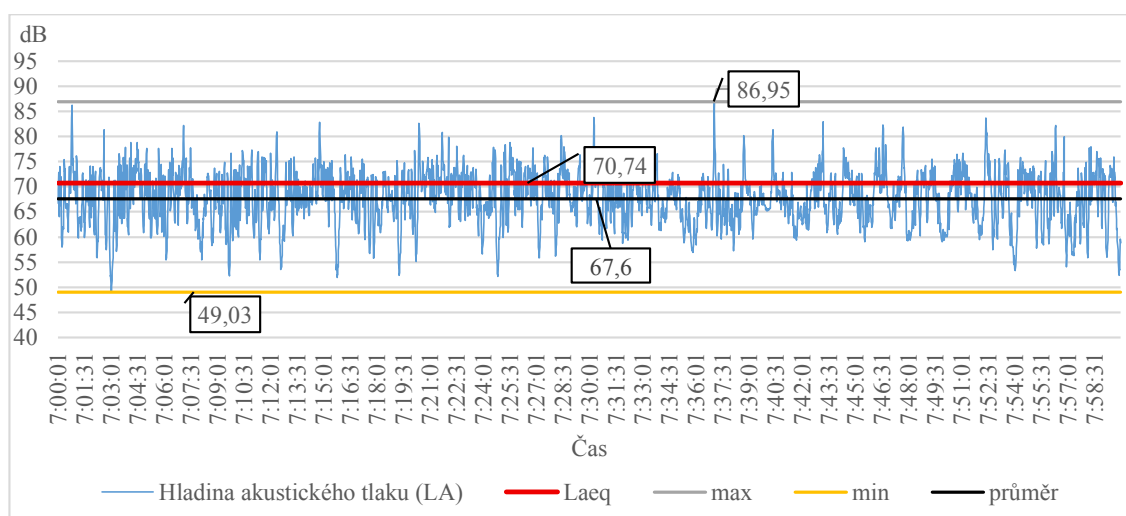
Graf 3 – Stanoviště 1, doba měření 19:00–20:00 h



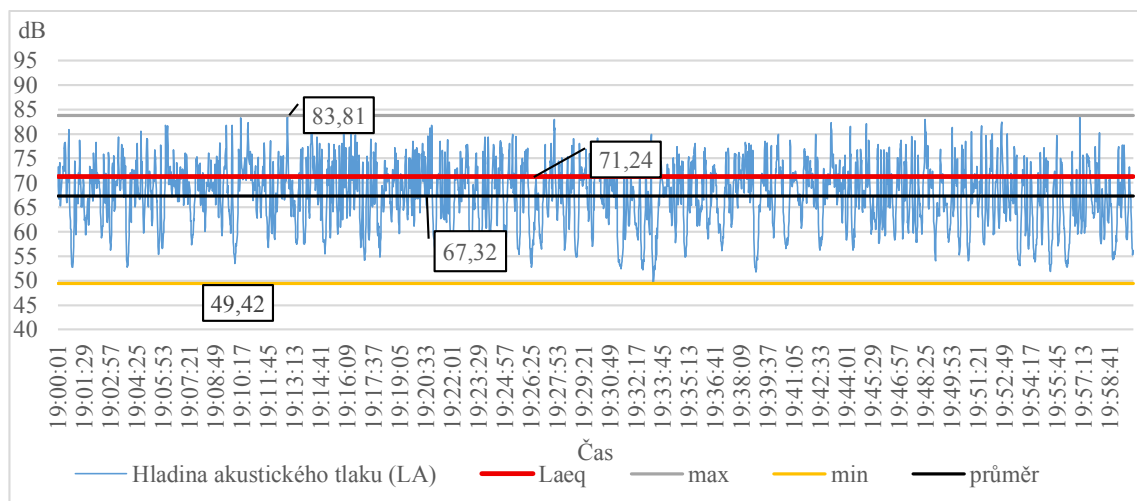
Z grafů je vidět, že největší hluk na tomto stanovišti způsobuje automobilová doprava ve večerních hodinách, i když rozdíl mezi jednotlivými ukazateli ze dvou měření není velký. Největší ekvivalentní hladina akustického tlaku zde dosahuje hodnoty 71,43 [dB]. Rozdíl mezi $L_{Aeq,1h}$ za dopolední a odpolední měření je pouhých 0,5 [dB]. Největší maximální hodnota akustického tlaku činí 98,95 [dB] a stejně jako maximální $L_{Aeq,1h}$ připadá na dobu měření od 19:00 do 20:00 hodin. Rozdíl mezi maximálními hodnotami ze dvou měření činí 8,85 [dB]. Minimální hladina akustického tlaku byla zachycena na úrovni 54,43 [dB] a připadá na dobu měření od 7:00 do 8:00 hodin. Nejmenší minimální hodnoty ze dvou měření se liší o pouhých 0,21 [dB].

Graf 4 a graf 5 zobrazují hlukovou situaci na 2. stanovišti (ulice tř. Míru, mezi tramvajovými zastávkami „Pražská“ a „U Kovárny“).

Graf 4 – Stanoviště 2, doba měření 7:00–8:00 h



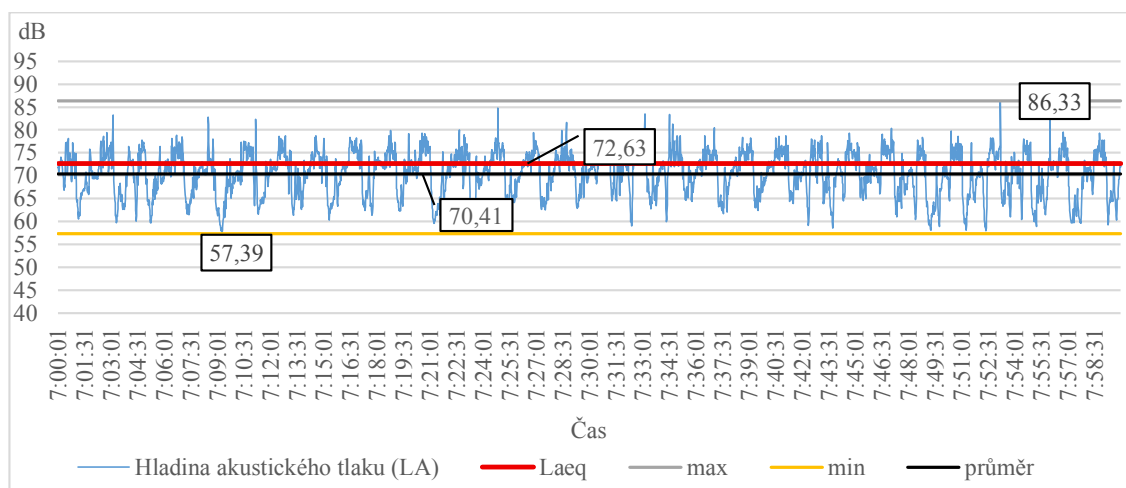
Graf 5 – Stanoviště 2, doba měření 19:00–20:00 h



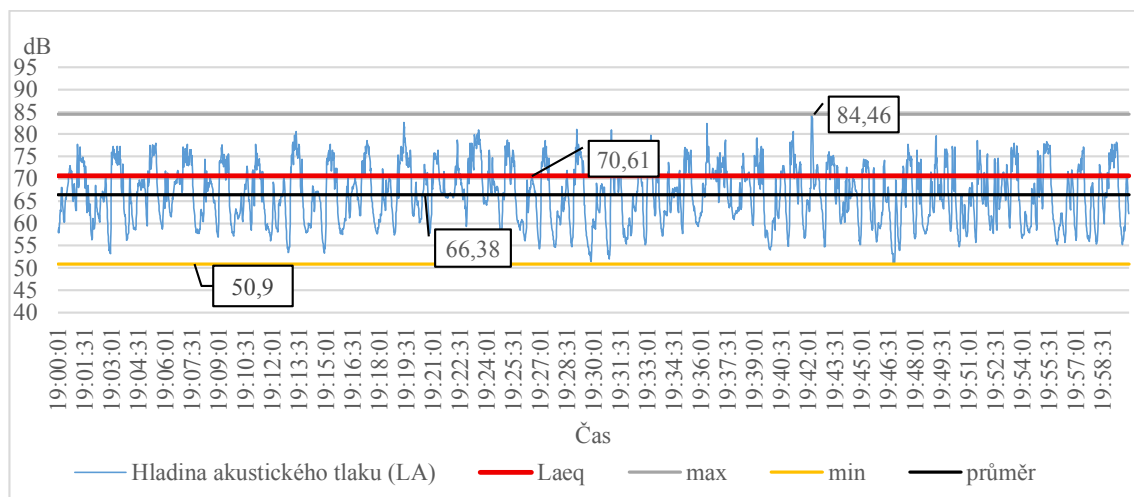
Ekvivalentní hladina akustického tlaku zde dosahuje hodnoty 71,24 [dB] a odpovídá době měření od 19:00 do 20:00 hodin. Rozdíl mezi $L_{Aeq,1h}$ za dopolední a odpolední měření je pouhých 0,5 [dB]. Maximální hodnota akustického tlaku na tomto stanovišti činí 86,95 [dB] a minimální 49,03 [dB]. Obě tyto hodnoty byly zachyceny v době dopoledního měření. Rozdíl mezi maximálními hodnotami akustického tlaku za dopolední a odpolední měření činí 3,14 [dB]. Rozdíl mezi nejmenšími minimálními hodnotami akustického tlaku činí 0,39 [dB].

Graf 6 a graf 7 zobrazují hlukovou situaci na 3. stanovišti (naproti jednomu z obytných domů, lemujících Foerstrovu ulici a zároveň situovaného mezi dvěma křižovatkami, v nichž se ulice Foerstrova kříží s třídou Míru a s třídou Svornosti).

Graf 6 – Stanoviště 3, doba měření 7:00–8:00 h



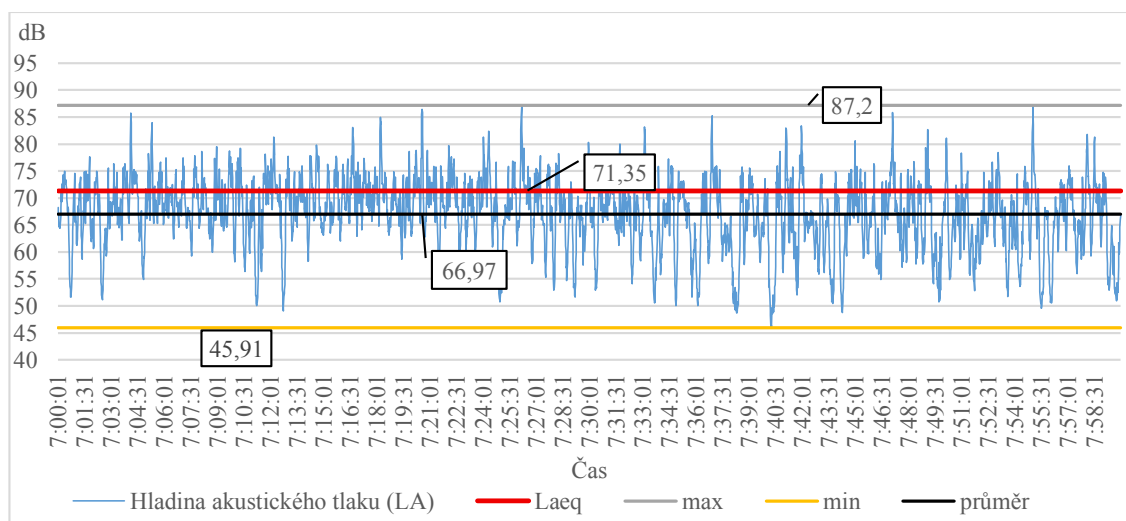
Graf 7 – Stanoviště 3, doba měření 19:00–20:00 h



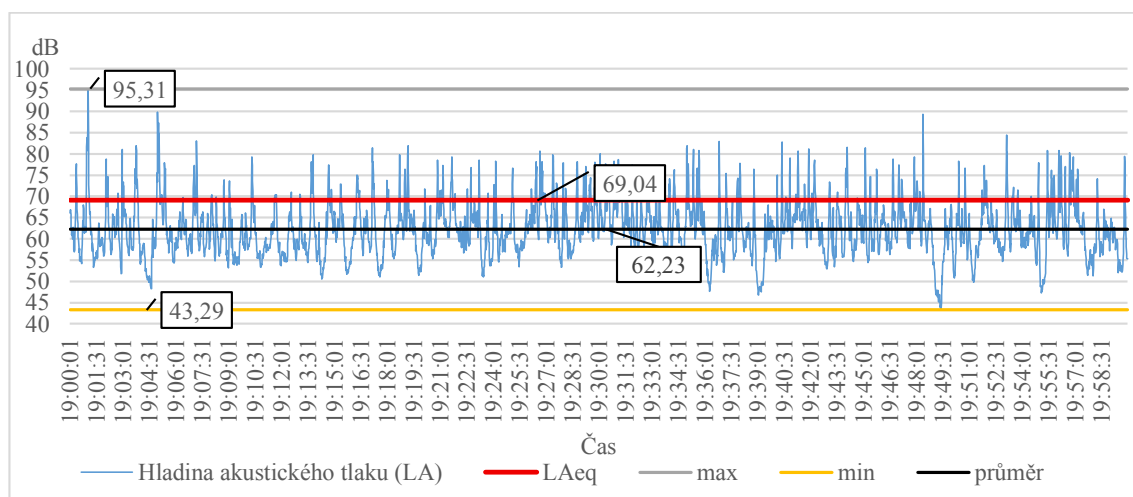
Z grafů je zřejmé, že největší hluk na tomto stanovišti způsobovala automobilová doprava v době ranního měření. Ekvivalentní hladina akustického tlaku zde dosahuje hodnoty 72,63 [dB] a připadá na dobu měření od 7:00 do 8:00 hodin. Rozdíl mezi $L_{Aeq,1h}$ za dopolední a odpolední měření je 2,02 [dB]. Maximální hodnota akustického tlaku ze dvou měření činí 86,33 [dB] a stejně jako i maximální $L_{Aeq,1h}$ připadá na dobu měření od 7:00 do 8:00 hodin. Rozdíl mezi maximálními hodnotami akustického tlaku za dopolední a odpolední měření činí 1,87 [dB]. Minimální hladina akustického tlaku byla zachycena na úrovni 50,09 [dB] a připadá na dobu měření od 19:00 do 20:00 hodin. Rozdíl mezi nejmenšími minimálními hodnotami akustického tlaku je 6,39 [dB].

Graf 8 a graf 9 zobrazují hlukovou situaci na 4. stanovišti (ulice tř. Míru u odbočky na ulici Škrétova).

Graf 8 – Stanoviště 4, doba měření 7:00–8:00 h



Graf 9 – Stanoviště 4, doba měření 19:00–20:00 h



Ekvivalentní hladina akustického tlaku na 4. stanovišti dosahuje hodnoty 71,35 [dB] a připadá na dobu měření od 7:00 do 8:00 hodin. Rozdíl mezi $L_{Aeq,1h}$ při dopoledním a odpoledním měření je 2,31 [dB]. Největší maximální hodnota akustického tlaku ze dvou měření činí 95,31 [dB] a připadá na dobu měření od 19:00 do 20:00 hodin. Rozdíl mezi maximálními hodnotami akustického tlaku při dopoledním a odpoledním měření činí 14,11 [dB]. Minimální hladina akustického tlaku byla zachycena na úrovni 43,29 [dB] a připadá na dobu měření od 19:00 do 20:00 hodin. Rozdíl mezi nejmenšími minimálními hodnotami akustického tlaku je 2,62 [dB].

Analýza výsledků dle doby měření

Největší ekvivalentní hladina akustického tlaku ($L_{Aeq,1h}$) za všechna dopolední měření (7:00–8:00 h) činí 72,63 [dB] a byla vypočtena z dat získaných na stanovišti č. 3. Minimální hodnota $L_{Aeq,1h}$ činí 70,74 [dB] a připadá na stanoviště č. 2. Jednotlivá $L_{Aeq,1h}$ za dopolední měření ze všech 4 stanovišť vykazují nepatrný rozdíl, nepřesahující 2 [dB].³ Maximální hodnota akustického tlaku v 90,10 [dB] byla zachycena na stanovišti č. 1. Minimální hodnota akustického tlaku v 40,03 [dB] byla naměřena na stanovišti č. 2.

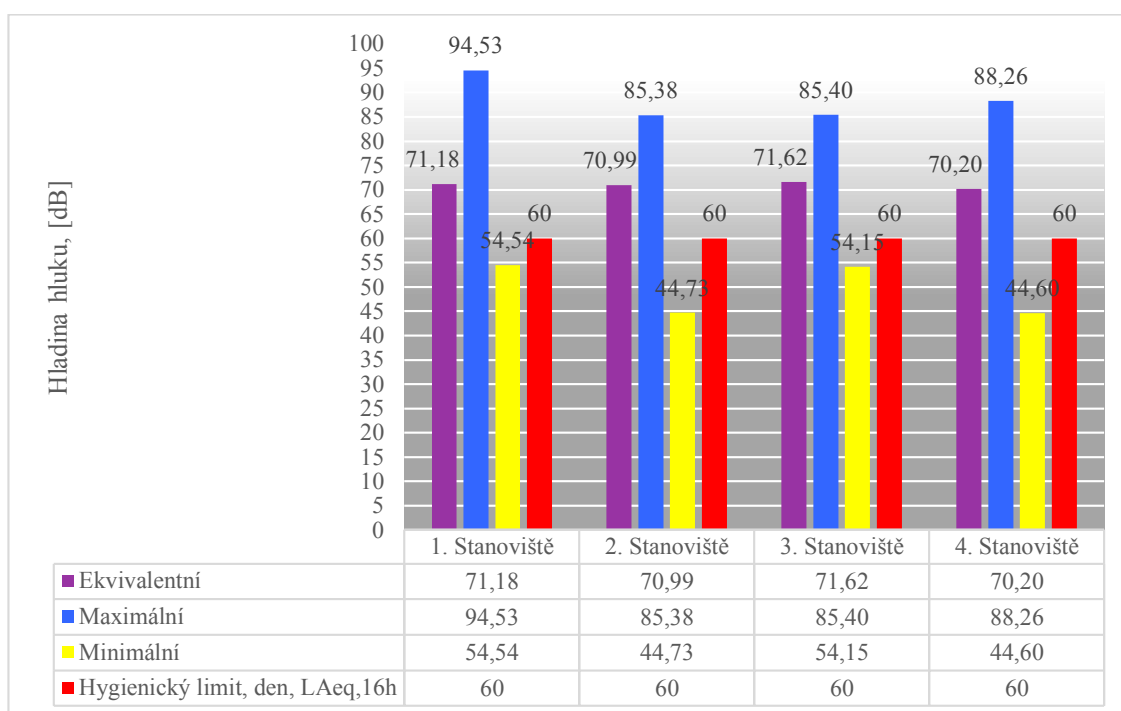
Největší ekvivalentní hladina akustického tlaku ($L_{Aeq,1h}$) za odpolední měření (19:00–20:00 h) činí 71,43 [dB] a byla vypočtena z dat získaných na stanovišti č. 1. Minimální hodnota $L_{Aeq,1h}$ zde činí 69,04 [dB] a připadá na stanoviště č. 4. Rozdíl mezi maximálními a minimálními hodnotami $L_{Aeq,1h}$ za tuto dobu činí 2,39 [dB]. Maximální hodnota akustického tlaku 98,95 [dB] byla zachycena na stanovišti č. 1. Minimální hodnota akustického tlaku 43,29 [dB] byla naměřena na stanovišti č. 4.

Porovnání výsledků s hygienickými limity

Graf 10 znázorňuje průměr ukazatelů L_{Aeq} , průměr maximální a minimální hodnot akustického tlaku za dvě doby měření (dopolední a odpolední), a to pro každé stanoviště. Pro srovnání v grafu 10 je také uvedeny hygienický limit s odpovídající korekcí.

³ Z hlediska možného vnímání změn hluku obyvateli příslušných lokalit je popisováno, že nejmenší změna, kterou je člověk schopen zaznamenat sluchem je 2–3 dB v okamžité hladině akustického tlaku. (Vandasová et al., 2013, 103)

Graf 10 – Výsledky měření (průměrné hodnoty)



Dle výsledků 8 hodinových měření na 4 různých stanovištích bylo zjištěno, že největší hluk z automobilové dopravy je na stanovišti č. 3. Zde průměrná ekvivalentní hladina akustického tlaku z dopoledního a odpoledního měření činí 71,62 [dB]. Tato hodnota přesahuje hygienický limit stanovený pro tento typ chráněného prostoru o 11,62 [dB]. Následující největší průměrná hodnota $L_{Aeq,2h}$ připadá na stanoviště č. 1 – 71,18 [dB]. Překročení zde činí 11,18 [dB]. Hluk v okolí stanovišť č. 2 a č. 4 je v průměru 1 [dB] nižší, než tomu je na jiných stanovištích. Průměrná $L_{Aeq,2h}$ na stanovišti č. 2 činí 70,99 [dB] a na stanovišti č. 4, činí 70,20 [dB]. Hodnoty v tomto případě překročily povolený limit o 10,99 [dB] a 10,20 [dB].

7. DISKUSE

V tabulce 4 jsou uvedeny výsledky 3. kola strategického hlukového mapování (MZČR, 2017) v podobě hlavních hlukových ukazatelů L_{dvn} (pro celou denní dobu) a L_n (pro celou noční dobu). Tabulka 4 znázorňuje rovněž dodatečné hlukové ukazatele L_d a L_v , vypočtené autorkou z dat provedených měření. Pro hodnocení závažnosti míry hlukového znečištění v posledních sloupcích tabulky jsou uvedeny přípustné limity.

Na základě výsledků 3. kola SHM (MZČR, 2017) lze konstatovat, že na stanovišti č. 3 (ul. Foerstrova, silnice I/35) dochází k překročení mezních hodnot přibližně o 5 [dB], a to v průběhu celého dne (24h). Překročení mezních hodnot přibližně o 5 [dB] v noční době je patrné i na stanovišti č. 4. Co se týče hygienických limitů, lze zde konstatovat překročení stanoveného limitu 50 dB pro noční dobu na všech stanovištích. Jedná se o překročení o 5 až 10 [dB] na stanovištích č. 1 a č. 2 a o překročení o 10 až 15 [dB] na stanovištích č. 3 a č. 4.

Za zmínku stojí, že hluk v intervalu 70–75 [dB] ovlivňuje během dne jen některé budovy, nacházející se podél komunikace I/35. Plošně nejvíc zasahuje do pravostranných bytových jednotek, lemujících ulici Foerstrova v blízkém okolí zkoumané křižovatky (úsek č. 7-5381 silnice I/35). Ostatní budovy lemující ulici Foerstrova se nacházejí převážně v pásmu hluku 65–70 [dB] během dne (L_{dvn}) a v pásmu 55–60 [dB] během noci ($L_{n,8h}$), což je v souladu s mezními hodnotami dle vyhlášky č. 523/2006 Sb.

Tab. 4 – Hlukové ukazatele pro zájmovou lokalitu

Hlukové ukazatele, $L_{Aeq,T}$	Stanoviště				Mezní hodnoty dle vyhlášky č. 523/2006 Sb.	Hygienický limit dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb.
	1.	2.	3.	4.		
$L_{dvn,24h}$, dB	65-70	65-70	70-75	65-70	70	–
$L_{n,8h}$, dB	55-60	55-60	60-65	60-65	60	50
$L_{d,1h}$, dB	70,93	70,74	72,63	71,35	–	60
$L_{v,1h}$, dB	71,43	71,24	70,61	69,04	–	60

Státním zdravotním ústavem byl ve vybraných městských lokalitách v ČR v roce 1994–2011 monitorován vývoj hluku jako součást Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. Monitorování hluku bylo založeno na opakovaném 24hodinovém měření hluku v měřicích místech monitorovaných lokalit. Obvykle bylo provedeno 4 až 6 měření ročně v pravidelných intervalech.

Ulice Foerstrova byla zvolena jako jedna z lokalit charakterizujících město Olomouc z hlediska hlukové zátěže. Dle výsledků tohoto monitoringu došlo na ulici Foerstrova za dobu od 1994 po 2011 k velice výraznému zlepšení stavu hlukového znečištění oproti předchozímu trendu. „*Zatímco v období 1994–2006 se zde hodnoty hlukového ukazatele L_{dvn} pohybovaly v rozmezí 72–74 dB a vykazovaly rostoucí tendenci, v letech 2009 a 2011 bylo L_{dvn} 66–67 dB.*“ (Vandasová et al., 2013, 101) Tuto změnu vysvětluje řešitelský tým tím, že západní obchvat města otevřený v roce 2007 odvedl z uliční sítě města Olomouc tranzitní dopravu. Zlepšení hlukové situace na ulici Foerstrova potvrzují i výsledky dotazníkového šetření prováděného v roce 2013. 56 % respondentů zaznamenalo změnu hlučnosti svého prostředí. (Vandasová et al., 2013)

ZÁVĚR

Kvalita života závisí na mnoha faktorech životního prostředí. WHO uznává, že v současné době je environmentální hluk po znečištění ovzduší druhý nejzávažnější problém životního prostředí, ohrožující společenské zdraví. Obyvatelé měst jsou postiženi hlukem nejvíce. Předpokládá se, že v městských oblastech představuje doprava 80 % z celkové hlukové zátěže. Mezi další významné zdroje hluku ve městě patří železniční a letecká doprava a průmyslová činnost.

Největší zranitelnost populace před hlukem je pozorována v noci. Existuje mnoho důkazů, že spánek je biologickou nutností a že jeho poruchy jsou spojovány s různými zdravotními problémy. V souvislosti s tím WHO doporučila hlukové limity pro hluk v komunálním (mimopracovním, environmentálním) prostředí v noční době. Za maximální dávku nočního hluku, která nezpůsobuje zjizvitelný nepříznivý vliv na lidské zdraví, se považuje 40 dB (L_{night}). Za prahovou hodnotu, od které se mohou začít vyskytovat nesrovnalosti v kardiovaskulárním systému u populace s normální citlivostí, je považována hodnota hlukového ukazatele pro den-večer-noc L_{dvn} 50 dB pro vysoký krevní tlak a 60 dB pro ischemickou chorobu srdeční (Vandasová, 2014).

Předpokládá se, že do roku 2020 bude žít v městských oblastech 80 % obyvatelstva Evropy. Podle údajů Evropské agentury pro životní prostředí je v zemích Evropské unie přibližně 100 milionů lidí vystaveno hluku z automobilové dopravy, z nichž 32 miliony lidí jsou ohroženy velmi vysokými hladinami hluku, přesahujícími hodnotu 65 dB (L_{den}).

Výsledky 3. kola SHM z roku 2017 ukázaly, že hluková zátěž ze silniční dopravy nad 55 dB zasahuje zhruba čtvrtinu obyvatel ČR. Ve zprávě o životním prostředí za rok 2017 se poukazuje na fakt, že v aglomeraci Olomouc bylo celodenní hlukovou zátěží nad 55 dB vystaveno 57,4 % obyvatel. Přitom celodenním obtěžováním hlukem ze silniční dopravy nad mezní hodnotu bylo postiženo 2,5 % obyvatel aglomerace (2,6 tis. osob). V nočních hodinách obtěžoval hluk nad mezní hodnotu (60 dB) 4,9 tisíc osob (4,7 % obyvatel aglomerace Olomouc). Ve srovnání s hlukovou situací zmapovanou ve 2. kole SHM se pozoruje mírný pokles expozice obyvatel celodennímu hlukovému znečištění nad mezní hodnotu, a to o 10,9 %, což je dáno odvedením významné části tranzitní dopravy na dálniční obchvat mimo Olomouc.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zjistit a vyhodnotit hlukovou situaci v okolí jedné z nejhluchnějších křižovatek města Olomouce, již tvoří úseky silnic I/35 a II/446. Jedná se o ulice Foerstrovu, Pražskou a třídu Míru.

Na základě provedené analýzy naměřených hodnot bylo zjištěno, že hluková zátěž se v okolí zájmového území pohybuje v rozmezí 40,03 až 90,01 [dB] v době ranní dopravní špičky od 7:00 do 8:00 h a v rozmezí 43,29 až 98,95 [dB] ve večerní době od 19:00 do 20:00 h. Při porovnání výsledků ze všech měření se ukázalo, že největší hluková zátěž je na stanovišti č. 3 (ulice Foerstrova) a na stanovišti č. 1 (samotná křižovatka ulic Foerstrova, Pražská a tř. Míru). Na tato stanoviště připadají největší ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,1h}$, největší maximální a největší minimální hodnoty akustického tlaku. Ekvivalentní hladina akustického tlaku (L_{Aeq}) v blízkém okolí zkoumané křižovatky v dobu měření se pohybovala v rozpětí 69,04–72,63 [dB]. Ekvivalentní hladina akustického tlaku (L_{Aeq}) u všech 4 měřených míst přesahuje maximální hygienický limit stanovený pro tuto dobu v průměru o 11 [dB].

Dle výsledků 3. kola strategického hlukového mapování v ČR jsou nejhluchnější stanoviště č. 3 a č. 4. Na stanovišti č. 3 je mírné překročení mezních hodnot přibližně o 5 [dB] v průběhu celého dne. Na stanovišti č. 4 je mírné překročení mezní hodnoty přibližně o 5 [dB] v průběhu noční doby.

POUŽITÉ ZDROJE

- Bailey H., Bridget B., Simmons D., Rusin J., Picken G., Thompson P. M. (2010): Assessing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin*, 60, s. 888–897. Elsevier
- BBC (2016): Почему дельфины и киты совершают массовые самоубийства? British Broadcasting Corporation. [cit. 2019- 02- 05]. Dostupné z: https://www.bbc.com/russian/science/2016/01/160112_dolphins_and_whales_beaching
- Boennec R.L., Salladarré F. (2013): The impact of air pollution and noise on the real estate market. The case of the 2013 European Green Capital Nantes, France. *Ecological Economics*, 138, s. 82–89. ScienceDirect.
- Beimer W., Maennig W. (2017): Noise effects and real estate prices: A simultaneous analysis of different noise sources. *Transportation Research Part D*, 54, s. 282–286. ScienceDirect.
- CENIA (2017, a): Zpráva o životním prostředí České republiky. Ministerstvo životního prostředí, Praha. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi_publicace
- CENIA (2017, b): Zpráva o životním prostředí v Olomouckém kraji. Ministerstvo životního prostředí, Praha. ISBN 978-80-87770-58-0
- Clinton D. F., Newman P. B., Taff, D., White C., Monz C. A., Levenhagen M., Petrelli A.S., Abbott L.C., Newton J., Burson S., Cooper C.B., Frstrup K.M., McClure C.J.W., Mennitt D., Giamellaro M., Barber J.R. (2017): Acoustic environments matter: Synergistic benefits to humans and ecological communities. *Journal of Environmental Management*, 203, s.245-254. Elsevier
- CSD (2016): Celostátní sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR. Interaktivní mapa. [cit. 2019-02-10] Dostupné z: <http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/default.aspx>
- Čevela T. (2014): Způsoby trávení volného času a spokojenost se životem ve městě Olomouc (případová studie Neředín, Nová Ulice). Diplomová práce. UPOL Olomouc, Česká republika
- ČÚZK. Mapové produkty. Geoportál. [cit. 2019- 02- 05]. Dostupné z: [https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(r0jnm2thbzwcvk1jdafq1k\)\)/Default.aspx?head_tab=sekce-01-gp&mode=Mapa&menu=11&news=yes&side=prohlizet#](https://geoportal.cuzk.cz/(S(r0jnm2thbzwcvk1jdafq1k))/Default.aspx?head_tab=sekce-01-gp&mode=Mapa&menu=11&news=yes&side=prohlizet#)
- Demek, J.; Mackovčín, P. (eds.) et al. (2006). Hory a nížiny: Zeměpisný lexikon ČR. Vydání II. Brno: AOPK ČR. 582 s., 1 CD. ISBN 80-86064-99-9.
- De Paiva Vianna K. M., Cardoso M. R. A, Rodrigues R.M.C. (2015): Noise pollution and annoyance: An urban soundscapes study. *Noise & Health*, 17:76, s.125-133
- EEA (2009): Turn down the noise – softening the impact of excess transport noise. <https://www.eea.europa.eu/articles/turn-down-the-noise-2013-67-million-europeans-endure-high-transport-noise-exposure>
- EEA (2015): Noise. European briefings: SOER 2015. European Environment Agency. [cit. 2019- 02- 05]. European Environment Agency. [cit. 2019- 02- 05]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/soer>
- EEA (2016, a): Transport and public health. European Environment Agency, Copenhagen. 11s. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/signals/signals-2016/articles/transport-and-public-health>
- EEA (2016, b): Environmental noise. Annual Indicator Report Series (AIRS). European Environment Agency. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/airs/2016/environment-and-health/environmental-noise>

- EEA (2017): Monitoring progress of Europe's transport sector towards its environment, health and climate objectives. European Environment Agency. [cit. 2019-01-19].
Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/term/monitoring-progress-of-europes-transport>
- EC (1996): *Green Paper on Future Noise Policy*. European Commission, Brussels.
- Ekolist (2012): *Hluk z aut otravuje sovy na mnohem větší ploše než člověka*. [cit. 2019-03-14].
Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zpravodajstvi/zpravy/vedci-vyvinuli-nastroj-ktery-predpovida-jak-se-hluk-siri-krajinou>
- Erbe C., Reichmuth C., Cunningham K., Lucke K., Dooling R. (2016): Communication masking in marine mammals: A review and research strategy. *Marine Pollution Bulletin* 103, s. 15–38. Elsevier
- Friis R.H. (2012): *Essentials of environmental health*. 2nd ed. Sudbury, Mass.: Jones & Bartlett
ČT Learning, xxvi, 442 s. Essential public health. ISBN 978-0-7637-7890-3.
- Evropský Parlament a Rada Evropské Unie. Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES ze dne 25. 6. 2002, o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [cit. 22. 3. 2017]. Dostupné z: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:344:0044:0046:CS:PDF>
- Graybill R. (2016): „Hear and Give Ear!?”: The Soundscape of Jeremiah. In Jarick and Sherwood: *Journal for the Study of the old Testament*, 40.4. s. 467–490. ISSN:0309-0892.
- Gozalo G.R., Morillas J.M.B., González D. M., Moraga P.A. (2017): Relationships among satisfaction, noise perception, and use of urban green spaces. *Science of the Total Environment*, 624, s. 438–450.
- Hurtley C. (2009): *Night noise guidelines for Europe*. World Health Organization Europe, Copenhagen, 164 s. ISBN 9789289041737.
- Injaiana A. S., Taff C. C., Pearsons K. L., Gina M.M.Y., Patricellia G. L., Vitousek M. N. (2018): Effects of experimental chronic traffic noise exposure on adult and nestling corticosterone levels, and nestling body condition in a free-living bird. *Hormones and Behavior*, 106, s.19–27. Elsevier
- Jakubowski J. (1979): *Silniční doprava a ochrana životního prostředí*. M: Doprava, 199 c.
- Javorsky B., Detlaf A., Lebedev A. (2006): *Příručka fyziky pro inženýry a vysokoškoláky*. 8. vyd. Moskva: Onyx, 1056 s. ISBN 5-488-00330-4.
- Jurková Z. (2016): Badatelské spektrum současné etnomuzikologie: cesta etnomuzikologů do města. *Národopisná revue* 2, s. 91-99.
- Kang J., Aletta F., Gjestland T.T., Brown L.A., Botteldooren D., Schulte-Fortkamp B., Lercher P., Kamp I., Genuit K., Fiebig A., Coelho J.L.B., Maffei L., Lavia L. (2016): Ten questions on the soundscapes of the built environment. *The International Journal of Building Science and its Applications* 108, s. 284-294.
- Kang J., Zhang M. (2010): Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces. *Building and Environment* 45, s. 150-157. Elsevier
- Klimeš B., Pachner J., Říman E. (1962): *Základy fyziky: Úvod do studia fyziky, mechanika, akustika, termika*. Ed. Slavík J.B. 2. nezm. vyd. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 665 s.

- Kogan P., Arenas J., Bermejo F., Hinalaf, M., TURRA B. (2018): A Green Soundscape Index (GSI): The potential of assessing the perceived balance between natural sound and traffic noise. *Science of the Total Environment* 642, s. 463-472.
- Kolmer F., Kyncl J. (1982): *Prostorová akustika*. 2. nezm. vyd. Nakladatelství technické literatury, Praha, 242 s. MDT 534.84, 534.86, (035).
- Kytta, M., Broberg, a., Haybatollahi, M., & Schmidt-Thome, K. (2015). Urban happiness: context-sensitive study of the social sustainability of urban settings. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 47, 124. doi:10.1177/0265813515600121
- Ládyš L. (2016): *Akční plán protihlukových opatření pro hlavní pozemní komunikace ve vlastnictví Olomouckého kraje, Souhrnná zpráva*. EKOLA group, spol. s.r.o. , [cit. 2017-08-14].
Dostupný z: <https://www.kr-jihomoravsky.cz/Default.aspx?PubID=315713&TypeID=7>
- Leus M., Herssens J. (2015): The soundscapes of Antwerp: a study on the acoustic genius loci. Published by Elsevier Ltd. *Energy Procedia*, 78, s. 25-30
- Liberko M. (2004): *Hluk v prostředí: problematika a řešení*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 27s.
ISBN 80-7212-271-1.
- Liberko M., Ládyš L. (2011): *Manuálu výpočtu hluku z automobilové dopravy. Účelová publikace pro Ředitelství silnic a dálnic České republiky*. 78 s.
- Lukanin V.N., Gudtsov V.N., Bocharov N.F. (2012): *Traffic noise reduction*. M.: Mechanical engineering, 289 s.
- Mapový portál mapy.cz
- McCarthy, M., Biddulph, J., Utle, M., Ferguson, J., & Gallivan, S. (2002). A health impact assessment model for environmental changes attributable to development projects. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56(8), 611-616. doi:10.1136/jech.56.8.611
- MDČR (2019): *Strategické hlukové mapování*. Ministerstvo dopravy ČR. [cit. 2019-01-17].
Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Strategie/Akni-plany-ke-snizeni-hluku-z-dopravy/Strategicke-hlukove-mapovani>
- Medić I. (2016): The soundscape of change: the reculturalization of Savamala. *Musicological annual* lii/2. Elsevier
- MZČR (2015, a): *Nepříznivé účinky hluku na člověka*. Ministerstvo zdravotnictví ČR. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/nepriznive-ucinky-hluku-na-cloveka_3417_30.html
- MZČR (2015, b): *Úvodní stránka Strategického hlukového mapování ČR*. Ministerstvo zdravotnictví ČR. [cit. 2019-01-17]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/uvodni-stranka-shm_3375_30.html
- MZČR (2015, c): *Co je to hluk*. Ministerstvo zdravotnictví ČR. [cit. 2019-01-17]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/co-je-to-hluk_3416_30.html
- MZČR (2017): *Interaktivní Hlukové Mapy 2017*. Ministerstvo zdravotnictví ČR. [cit. 2019-01-17]. Dostupné z: <https://geoportal.mzcr.cz/shm/>
- MZČR (2018): *Základní popis 3. kola SHM*. Ministerstvo zdravotnictví ČR. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis_3396_30.html
- Nemček V. (2016): *Ako vplýva hluk na zvieratá?* Dostupné z: <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=2829>
- Novák R. (2012): *Studie: Hluk mění přírodu více, než se čekalo*. [cit. 2019-01-17]. Dostupné z: <http://www.infojet.cz/blog/studie-hluk-meni-pirodu-vice-nez-se-cekalo/>

- NRL, Národní referenční laboratoře. Webový portál Ministerstva zdravotnictví – hlavního hygienika ČR: Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. [cit. 2017-08-15]. Dostupný z: <http://www.nrl.cz/Home/Page/Metodicky-n%C3%A1vod-nrl>
- Patón D., Romero F., Cuenca J., Escudero J. C. (2012): Tolerance to noise in 91 bird species from 27 urban gardens of Iberian Peninsula. *Landscape and Urban Planning*, 104, s.1-8. Elsevier
- Pešta J., Zwiener V. (2019): Hlukové limity a měření hluk – stav po 1. lednu 2019. [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/hlukov%C3%A9-limity-m%C4%9B%C5%99en%C3%AD-hluk-%E2%80%93-stav-po-1-lednu-2019-894>
- Plesník J. (2017): *Hluk ohrožuje přírodu v amerických chráněných územích*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. [cit. 2019-01-17]. Dostupné z: <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/kuler-zpravy-aktuality-zajimavosti/hluk-ohrozuje-prirodu-v-americkych-chranenych-uzemich/>
- Potužníková D., Hellmuth T., Junek P., Fiala Z. (2014): Možnosti využití výsledků strategického hlukového mapování v hygienické praxi. *Hygiena*, 59(2), s. 74–78
- Rudi J., ed. (2011): *Soundscape and Listening. Soundscape in the Arts*. Oslo: NOTAM, s. 184- 195. ISBN: 978-82-996867-4-7.
- Řiháček, T. (2007). *Zvukové prostředí města a jeho vliv na prožívání*. Disertační práce. MUNI, Brno, Česká republika.
- ŘSD ČR (2010): Výsledky sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR v roce 2010. Ředitelství silnic a dálnic ČR. [cit. 2017-08-14]. Dostupné z: <http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/default.aspx>
- Schafer R. M. (1774): *The Tuning of the World*. 1st edition. Random House Inc, Hardcover, ISBN-10: 0771079656
- Schafer R. M. (1994): *The soundscape: our sonic environment and the tuning of the world*. Rochester: Destiny Books. ISBN 978-0-89281-455-8.
- Schauer P. (2008): Vybrané statě z akustiky. Doplnkové texty DB01, 23 s. [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: http://fyzika.fce.vutbr.cz/doc/vyuka_schauer/vybrane_state_z_akustiky.pdf
- Science for Environment Policy (2017): Noise abatement approaches. Future Brief 17. Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/science-environment-policy>
- Sdružení-AP (2017): Akční hlukový plán pro hlavní pozemní komunikace ve vlastnictví státu – 2. kolo. Olomoucký kraj, aglomerace Olomouc. Závěrečná zpráva. Akustika Praha s.r.o. a Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě. 64.s [cit. 2019-04-10] Dostupné z: https://www.mdcrcz/MDCRC/media/MDCRC/AP_OLK.pdf
- Smetana C. (1998): *Hluk a vibrace: měření a hodnocení*. 1. vyd. Sdělovací technika, Praha, 188 s. ISBN 80-901936-2-5.
- Statutární město Olomouc (2017): Profil města Olomouce. [cit. 2018-02-10] Dostupné z: https://www.olomouc.eu/administrace/repository/gallery/articles/88_/8827/profil-mesta-olomouce-2017.cs.pdf
- SZÚ (2015): Strategické hlukové mapy – fáze II (reg. č. CZ.1.06/3.2.01/02.06100). Státní Zdravotní Ústav. Tisková zpráva. [cit. 2019-01-14]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/Projekty_IOP/SHM/TZ_SZU_hlukove_mapy_def.pdf
- Syrový V. (2009): *Hudební zvuk: příspěvek k teorii zvukové tvorby*. Praha: Akademie múzických umění, 303 s. ISBN 9788073311612.

- Šlachťová H., Michalík J., Volf O. (2007): *Zpráva o zpracování Strategické hlukové mapy ČR*. Národní referenční laboratoř pro využití GIS v ochraně a podpoře veřejného zdraví.
- Thibaud J.P (2003): The sonic composition of the city. *The Auditory Culture Reader*, 329-342.
- Thibaud J.P.(2011): A sonic paradigm of urban ambiances. *Journal of Sonic Studies* 1.1 (2011).
- Truax, B. (1984): *Acoustic communication*. Norwood, N.J.: Ablex Pub. 244s. ISBN 0-89391-263-8.
- Truax B. (2012): From soundscape documentation to soundscape composition. *Société Française d'Acoustique*. Nantes, France. AL Id: hal-00811391 [cit. 2019-01-19]. Dostupné z: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00811391>
- Truax B., Westerkamp H., Woog A.P., Kallmann H. (2014): World Soundscape Project. *The Canadian Encyclopedia*. [cit. 2019-01-10]. Dostupné z: <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/world-soundscape-project>
- Vandasová Z., Vencálek O., Dobisík O. (2013): Dvě desetiletí monitorování hluku: vývoj hluku v městských lokalitách České republiky. *Hygiena*,58(3). s. 100–105
- Vandasová (2014): *Zdravotní účinky hluku*. Státní zdravotní ústav. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/hluk>
- Vyhláška č. 523/2006 Sb., kterou se stanoví mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky účasti veřejnosti na jejich přípravě. Částka 168. s. 7131-7138
- Wrightson K. (1999): An Introduction to Acoustic Ecology. *World Forum for Acoustic Ecology: Journal of electroacoustic music* 12, s. 10-14 Dostupné z: <http://soundartarchive.net/articles/journal%20of%20acoustic%20ecology%201.pdf>
- Yu L., Kang J. (2010): Factors influencing the sound preference in urban open spaces. *Applied Acoustics* 71, s. 622–633. Science Direct