

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA PROSTOROVÝCH VĚD

Porovnání hlukových map a jejich  
kartografická vizualizace ve 2D a 3D

# BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: **D.Sc. Olga ŠPATENKOVÁ**

Bakalant: **Lenka MIKOVÁ**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Lenka Miková

Geografické informační systémy a dálkový průzkum Země v životním prostředí

Název práce

**Porovnání hlukových map a jejich kartografická vizualizace ve 2D a 3D**

Název anglicky

**Comparison of noise maps and their cartographic visualization in 2D and 3D**

---

### Cíle práce

Práce se věnuje problematice hlukové zátěže a její vizualizace, přičemž se podrobně zaměřuje na území Prahy-Radotína. Cílem je představit tradiční i pokročilé kartografické metody, které jsou vhodné pro znázornění tohoto jevu. Dále práce porovná hlukové mapy z různých zdrojů, které jsou pro dané území dostupné.

### Metodika

V teoretické části práce stručně přiblíží problematiku tvorby hlukových map a jejich strategický význam z pohledu ochrany proti hluku na národní i evropské úrovni. Dále budou pro katastrální území Praha-Radotín dle dostupnosti porovnány 2-3 současné modely hlukových map. Výsledky analýzy budou vhodně představeny formou mapových výstupů s využitím 2D i 3D výstupů, případně animací. Pro vlastní řešení i prezentaci budou využity produkty společnosti ESRI.

## Doporučený rozsah práce

30-40 stran

## Klíčová slova

Vhodná klíčová slova budou zvolena autorkou práce.

---

## Doporučené zdroje informací

ABDUL-RAHMAN A., PILOUK M., 2007: Spatial Data Modeling for 3D GIS. Springer Science and Business Media. Berlin

European Commission, ©2012: Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU)

NÉTEK, R. – UNIVERZITA PALACKÉHO. KATEDRA GEOINFORMATIKY. *Webová kartografie – specifika tvorby interaktivních map na webu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2020. ISBN 978-80-244-5827-4.

PASCHALIDOU A.K. a kol.: 2018: Strategic Noise Map and Action Plans for the reduction of population exposure in a Mediterranean port city. Science of the Total Environment

RANJBAR H. a kol.: 2012: 3D Analysis and Investigation of Traffic Noise Impact from Hemmat Highway Located in Tehran on Buildings and Surrounding Areas. Journal of Geographic Information Systems 4

VOŽENÍLEK V. a kol., 2011: Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů. Univerzita Palackého v Olomouci

Vyhláška č. 315/2018 Sb., o strategickém hlukovém mapování, v platném znění

---

## Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

## Vedoucí práce

D.Sc. Olga Špatenková

## Garantující pracoviště

Katedra prostorových věd

---

Elektronicky schváleno dne 28. 2. 2023

**doc. Ing. Petra Šímová, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 1. 3. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 01. 03. 2023

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: **Porovnání hlukových map a jejich kartografická vizualizace ve 2D a 3D** vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., *o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů*, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., *o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů*, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 22. 3. 2023

.....  
Lenka MIKOVÁ

## Poděkování

Předně bych chtěla poděkovat své vedoucí práce D.Sc. Olze Špatenkové za cenné rady a připomínky. Dále pak svému manželovi a dětem za velkou podporu a obrovskou trpělivost a všem, kteří se se mnou bavili o hlukových mapách a pomohli mi tak si lépe utřídit myšlenky.

V Praze dne 22. 3. 2023

.....  
Lenka MIKOVÁ

## Abstrakt

Práce se zabývá problematikou hlukových map a vizualizací výsledku porovnání dvou hlukových map ze dvou různých zdrojů. V teoretické části jsou shrnuty doposud využívané metody tematické kartografie a základní informace týkající se hluku, (strategických) hlukových map. Teoretická část je zaměřena na porovnání dvou hlukových map, které byly pro katastrální území Praha-Radotín dostupné. Součástí výstupu je návrh vhodné vizualizace změny hlukové hladiny ve 2D a 3D zobrazení.

## Klíčová slova

Strategické hlukové mapy, hluk, vizualizace, kartografie, webová kartografie.

## Abstract

The thesis deals with the issue of noise maps and the visualization of the results of comparing two noise maps from two different sources. The theoretical part summarizes the methods of thematic cartography used so far and basic information regarding noise, (strategic) noise maps. The theoretical part is focused on comparing two noise maps that were available for the Prague-Radotín cadastral area. Part of the output is a proposal for a suitable visualization of the change in noise level in 2D and 3D display.

## Key words

Strategic noise maps, Noise, Visualization, Cartography, Web Cartography.

## Seznam zkratk

AP	Akční plány navazující na SHM
CNOSSOS	Výpočtová metodika <i>Common Noise Assessment Methods in Europe</i>
DMP	Digitální model povrchu
DMZ	Digitální model zástavby
DTM (DMT)	Digital terrain model (Digitální model terénu)
GPN	European Commission Green Paper: Future Noise Policy
IPR	Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy
$L_{AeqT}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku
$L_{Aeq,16h}$ , $L_{Aeq,8h}$ <sup>1</sup>	ukazatele podle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. pro denní dobu (6:00–22:00 hodin) a noční dobu (22:00–6:00 hodin)
$L_{den}$	hlukový indikátor den-večer-noc
$L_d$	hlukový indikátor pro den
$L_e$	hlukový indikátor pro večer
$L_{de}$	hlukový indikátor pro den-večer
$L_n$	hlukový indikátor pro noc
MDČR	Ministerstvo dopravy České republiky
MZČR	Ministerstvo zdravotnictví České republiky
PHS	Protihlukový systém
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
SHM	Strategické hlukové mapy
SZÚ	Státní zdravotní ústav
SŽ	Správa železnic (původně Správa železniční dopravní cesty)
WHO	World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)
ZÚ Ostrava	Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě

---

<sup>1</sup> odpovídá  $L_{Aeq,06-22}$  respektive  $L_{Aeq,22-06}$



# Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíle práce .....	2
	LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	3
3	Hluk.....	3
3.1.	Legislativní rámec .....	4
3.2.	Zdroje hluku.....	5
3.3.	Posouzení míry hluku .....	6
3.3.1.	Hlukové indikátory a mezní hodnoty .....	6
3.3.2.	Tónová složka hluku .....	8
3.4.	Vlivy hluku .....	8
4	Hlukové mapy .....	9
4.1.	Kola SHM.....	11
4.1.1.	SHM 2007 (1. kolo) .....	11
4.1.2.	SHM 2012 (2. kolo) .....	12
4.1.3.	SHM 2017 (3. kolo) .....	13
4.1.4.	SHM 2022 (4. kolo) .....	14
4.2.	Protihluková opatření.....	15
5	Kartografická reprezentace hlukových map.....	15
5.1.	Vizualizace hluku ve 2D .....	16
5.1.1.	Izopásma .....	16
5.1.2.	Rastr .....	17
5.2.	Vizualizace hluku ve 3D .....	18
5.2.1.	Hluk na fasádě budovy .....	19
5.2.2.	Vertikální řez .....	20
5.2.3.	Zobrazení 2D ve 3D modelu.....	20
5.2.4.	Space-Time Cube .....	21
5.3.	Webová kartografie.....	22
	METODIKA .....	23
6	Vstupní data .....	23
6.1.	Hluková data .....	23
6.2.	3D model .....	24
6.3.	Příprava dat pro zpracování .....	25
7	Popis vybrané oblasti .....	27
8	Práce s daty .....	29

VÝSTUPY .....	33
9 Výsledky a zhodnocení .....	33
9.1. Nadhodnocená a podhodnocená hluková mapa.....	33
9.2. Rozdíl u silnic, železnic a zastavěných oblastí.....	36
9.3. Prezentace ve 2D a 3D .....	36
9.4. Prezentace za použití webové kartografie .....	38
10 Diskuse .....	41
11 Závěr.....	43
12 Seznam použité literatury .....	44
Seznam obrázků .....	49
Seznam tabulek.....	51
Seznam příloh.....	52

# 1 Úvod

Hluk je již dlouhodobě považován za jeden ze zásadních problémů dnešní doby, a to nejen z pohledu vlivu na zdraví člověka, ale rovněž z pohledu vlivu na životní prostředí. Díky čím dál většímu vlivu na okolí se o tuto problematiku zajímá i laická veřejnost, a proto je velice důležité, aby vizualizace hlukové zátěže byla co možná nejpresnější a nejjednodušší na pochopení. Rovněž díky vývoji technologií je možné hledat nové způsoby vizualizace s jejich využitím, aby výstupy lépe odrážely skutečný stav a byly pro laickou i odbornou veřejnost přehlednější a srozumitelnější. Dlouhodobé sledování či výpočty hlukových hladin v území jsou však rovněž důležité pro sebereflexi, a to zda v minulosti navržená a realizovaná opatření byla skutečně efektivní. V případě neefektivních řešení je třeba se poučit a vybrat vhodnější řešení pro dané území či zdroj hluku.

Aktuálně dochází k prezentování dat o hluku pouze na bázi aktuální intenzity či předpokládané intenzity hluku v závislosti na zdroji hluku. Na základě těchto výstupů se vytvářejí akční plány, jak hluk omezit či minimalizovat v oblastech, kde je hlukem ovlivněno nejvíce lidí a kde jsou výrazně překročeny mezní hodnoty. Poté jsou dané akční plány postupně realizovány a tímto je celý proces ukončen. Vytvořením akčních plánů a realizací protiopatření by to však končit nemělo. Ideálně by se mělo jednat o cyklus a výstup z jednoho kola hlukového mapování by měl být podkladem pro kolo následující.

Tato práce obsahuje souhrn základních poznatků vztahujících se k hluku a hlukovým mapám, způsobům jejich dosavadní prezentace a navrhuje jiné zobrazení informace o hluku a jeho změny v čase, která aktuálně není běžně prezentovaná.

## 2 Cíle práce

Prvním cílem je porovnání dvou hlukových map pro katastrální území Praha-Radotín v ukazateli intenzity hluku  $L_n$ , a to:

- Strategickou hlukovou mapu od Ministerstva zdravotnictví ČR ze 3. kola SHM (2016);
- Hlukovou mapu Institutu plánování a rozvoje hlavního města Prahy (2016).

Druhým cílem je zhodnocení výsledků porovnání výstupů a určení, která z vybraných vstupních map je nadhodnocená a která podhodnocená. Dále pak určení míst, kde se mapové poklady nejvíce odlišují, porovnání rozdílů vzhledem k hodnotám z hlukového mapování od MZČR a rovněž zhodnocení rozdílů u intenzity hluku u silnic, železnic a zastavěných oblastí. Posledním cílem je vizualizovat výsledky prostřednictvím tematické kartografie pomocí 3D modelu a animace a k celé práci je vytvořit Story Mapu.

## LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3 Hluk

Je mnoho různých definic pojmu **hluk** ve slovnících, zákonech uveřejněných dotčenými státními organizacemi jak na naší národní úrovni, tak na úrovni evropské. Podle Státního zdravotního ústavu (©2020) se jedná o „*zvuky příliš časté, příliš silné nebo vyskytující se v nevhodnou dobu a situaci*“. Oxfordský slovník (©2022) uvádí, že „*se jedná o zvuk, který je hlasitý nebo nepříjemný nebo rušivý*“ (překlad vlastní<sup>2</sup>). Podle Cambridge slovníku (©2022) se jedná o „*zvuk či zvuky, které jsou nežádoucí, nepříjemné či hlasité*“ (překlad vlastní<sup>3</sup>).

Z pohledu fyzikálního bychom hluk označili jako zvukovou vlnu. Encyklopedie fyziky (©2023) uvádí, že zvukovým vlněním se zabývá akustika, která patří mezi nejstarší obory fyziky a dělí se na několik oblastí zájmů, jako je akustika fyzikální, stavební, hudební, fyziologická či elektroakustika. Podle Mechlové a kol. (1999) se akustika zabývá vlastnostmi zvukového vlnění, jeho vznikem, šířením a působením na tělesa a rovněž jeho účinky na sluchové orgány. Beran V. (2010) uvádí, že veličinou, kde sluch oceňuje a porovnává zvuky, je hlasitost.

Hlasitost je subjektivní veličina vázána na posluchače, a proto se pro objektivní hodnocení zvuku/hluku zavedl pojem intenzita zvuku s rozdělením na práh slyšení a práh bolesti. Práh slyšení je nejmenší intenzita, kdy hluk vnímáme, a práh bolesti naopak intenzita, která je nepříjemná a její překročení může být bolestivé. Intenzita hluku je spojená s amplitudou výchylky a frekvenci. Jednotkou je bel (B), a jelikož se jedná o velkou jednotku, používá se jednotka nižší, a to dB. (Reichl a Všeticka, ©2006–2022)

Státní zdravotní ústav (SZÚ, ©2020) uvádí, že „*Podstatou zvuku je mechanické kmitání pružného prostředí, které vede k zhušťování a zředování molekul prostředí neboli ke změnám tlaku.*“ Rovněž uvádí, že za námi slyšitelnou výškou tónu je různá frekvence tlakových změn a jako hlasitost je velikost kmitání akustického tlaku.

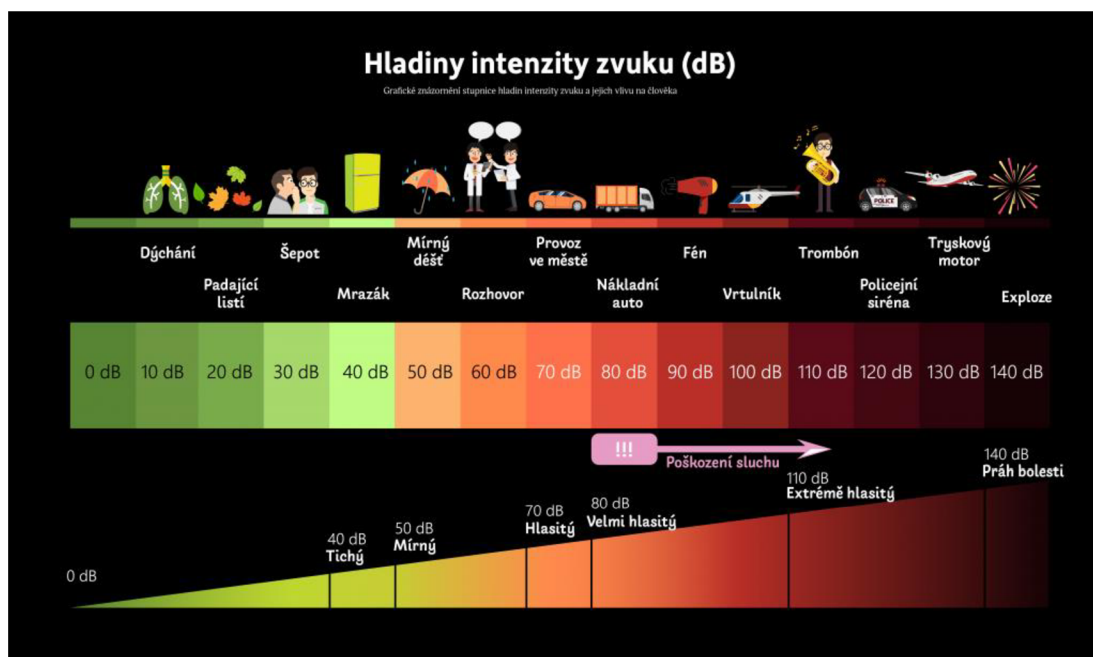
V zásadě se však všechny definice shodují v tom, že hluk je něco negativního, něco nechtěného, co pro nás není komfortní a může být obtěžující až bolestivé. Posouzení míry zatížení je subjektivní a záleží nejen na jeho intenzitě, ale rovněž na zdroji hluku

---

<sup>2</sup> A sound, especially when it is loud, unpleasant or frightening.

<sup>3</sup> A sound or sounds, especially when it is unwanted, unpleasant, or loud.

a délce jeho expozice, což potvrzuje ve svém článku Paschalidou a kol. (2019) či EEA (©2020a). *Obrázek 1* znázorňuje hladiny intenzity hluku v dB pro různé zdroje hluku s uvedením posouzení hlasitosti s tím, jak má hluk o určité intenzity vliv na člověka.



Obrázek 1: Hladiny intenzity hluku v dB (Sedláčková, 2021).

### 3.1. Legislativní rámec

Řešením problematiky hluku se Evropská unie, potažmo Česká republika již zabývá delší dobu. Legislativa týkající se hluku by se dala rozdělit na měření hluku ve (i) **vnějším prostředí** a (ii) **vnitřním prostředí**.

Pro EU byl prvním zásadním dokumentem vztahujícím se k hluku ve venkovním prostředí *European Commission Green Paper: Future Noise Policy* (dále jen „GPN“), který byl publikován 4. 11. 1996 a kde je dán důraz na nutnost komplexního přístupu k problematice hluku na úrovni EU i jednotlivých členských států EU (EUR-Lex, ©2023). Jelikož Evropská komise považuje hluk za jeden z hlavních problémů životního prostředí, stanovila jako dílčí cíl ochranu proti hluku a vydala dne 25. 6. 2002 **směrnici** Evropského parlamentu a rady **2002/49/EC o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí<sup>4</sup>** a tím navázala na GPN. Podpisem Římské smlouvy o založení Evropského společenství (2002/C 325/01) se každý členský stát zavázal, kromě jiného, dosáhnout vysoké úrovně ochrany zdraví a životního prostředí. Tato směrnice měla být transponována do právního řádu členských států, což Česká republika splnila vydáním novely **zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně**

<sup>4</sup> A na to navazující doporučení komise 2003/613/ES

veřejného zdraví a o změnách některých souvisejících zákonů (zákon č. 222/2006 Sb.), kterým se změnil **zákon č. 76/2002 Sb.**, o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), ve znění předpisů, a některé další zákony. Další část směrnice pak byla transponována do **vyhlášky 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 (vyhláška o hlukovém mapování). Tato vyhláška byla nahrazena **vyhláškou č. 315/2018 Sb.**, o strategickém hlukovém mapování. Kromě zákona č. 258/2000 Sb., který má širší zaměření, se všechny výše uvedené právní předpisy vztahují ke strategickému hlukovému mapování, které je součástí sledování hluku na úrovni celé Evropské unie.

Měření hluku ve vnitřním prostředí se řídí zákonem č. 258/2000 Sb. a dále **nařízením vlády č. 272/2011 Sb.**, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Vnitřním prostředím jsou z pohledu tohoto nařízení vlády myšlena pracoviště, chráněné venkovní prostory a chráněné venkovní i vnitřní prostory staveb. Ustanovení § 30 zákona č. 258/2000 Sb. stanovuje, že „chráněným venkovním prostorem se rozumí nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, lázeňské léčebně rehabilitační péči a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť. Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do vzdálenosti 2 m před částí jejich obvodového pláště, významný z hlediska pronikání hluku zvenčí do chráněného vnitřního prostoru bytových domů, rodinných domů, staveb pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání, staveb pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb. Chráněným vnitřním prostorem staveb se rozumí pobytové místnosti ve stavbách pro předškolní a školní výchovu a vzdělávání, pro zdravotní a sociální účely a ve funkčně obdobných stavbách a obytné místnosti ve všech stavbách.“

## 3.2. Zdroje hluku

Jak již bylo popsáno v předešlé podkapitole, při posuzování hluku jej dělíme na hluk ve vnitřním a venkovním prostředí. Celá tato práce se zabývá pouze **hlukem ve venkovním prostředí**. Tím směrnice 2002/49/ES rozumí „*nechtěný nebo škodlivý zvuk ve venkovním prostředí vytvořený lidskou činností, včetně hluku vyzařovaného dopravními prostředky, silniční dopravou, železniční dopravou, leteckou dopravou a zvuk pocházející z průmyslové činnosti*“.

Jelikož se směrnice 2002/49/ES zabývá hlukem pouze ve venkovním prostředí, byly v ní definovány velké **zdroje hluku**, a to silniční a železniční vozidla, infrastruktura, letadla, zařízení určené k použití ve venkovním prostředí, průmyslová, mobilní a strojní zařízení. Pod pojmem zdroj hluku lze chápat jakýkoliv objekt, který vydává zvuk. Intenzita hluku se vyjadřuje hlukovým indikátorem. Jak uvádí SZÚ (©2020), jedná se o relativní logaritmickou veličinu a označuje se **L**, což je hladina akustického tlaku s jednotkou dB. Hlukové mapy se vytvářejí zvláště pro jednotlivé zdroje hluku a dále pak se vyhotovuje hluková mapa za celou aglomeraci, která je ve skutečnosti akustickým součtem všech jednotlivých zdrojů hluku (Ondřej Volf, 25. 7. 2022, in litt.).

### 3.3. Posouzení míry hluku

Pro posouzení zasažení hlukem se využívají hlukové indikátory a jsou stanoveny jejich mezní hodnoty. Kromě těchto parametrů je z pohledu vnímání hluku podstatná i tónová složka hluku.

#### 3.3.1. Hlukové indikátory a mezní hodnoty

Podstatou zavedení hlukových indikátorů je objektivní posouzení míry zasažení hlukem s tím, aby bylo možné porovnání jak v čase, tak místě, a to za použití jednočíselné hodnoty. Pro posouzení míry hluku ve venkovním prostředí byly definovány **hlukové indikátory (ukazatele)**<sup>5</sup>, které vychází ze směrnice 2002/49/EC a byly implementovány do vyhlášky č. 315/2018 Sb.<sup>6</sup>:

- $L_{dvn}$  hlukový indikátor pro celkové obtěžování hlukem den-večer-noc (též  $L_{den}$  či  $L_{day-evening-night}$ );
- $L_{den}$  hlukový indikátor pro obtěžování hlukem během dne (též  $L_{day}$  či  $L_d$ ), tj. v rozmezí 6:00–18:00<sup>7</sup>;
- $L_v$  hlukový indikátor pro obtěžování hlukem během večera (též  $L_{evening}$  či  $L_e$ ), tj. v rozmezí 18:00–22:00<sup>8</sup>;
- $L_n$  hlukový indikátor pro noční období pro rušení spánku (též  $L_{night}$  či  $L_n$ ), tj. v rozmezí 22:00–6:00<sup>9</sup>;

<sup>5</sup> V celé práci byly použity zkratky indikátorů vycházející z angličtiny, ve výše uvedeném přehledu indikátorů byly označeny tučně, tj.  $L_{den}$ ,  $L_d$ ,  $L_e$ ,  $L_n$ .

<sup>6</sup> Ukazatel v závorce označuje ukazatel podle směrnice 2002/49/ES.

<sup>7</sup> Většina evropských zemí používá interval pro den 7:00–19:00.

<sup>8</sup> Většina evropských zemí používá interval pro večer 19:00–23:00.

<sup>9</sup> Většina evropských zemí používá interval pro noc 23:00–7:00.



- $L_{den}$  hlukový indikátor pro den-noc – vážený energetický průměr s noční penalizací 10 dB z hodnot  $L_{Aeq}$  pro den (6:00–22:00) a pro noc (22:00–6:00)<sup>10</sup>.

Jedná se o indikátory představující dlouhodobou průměrnou hodnotu za období kalendářního roku. Jejich **mezní hodnoty** si určují jednotlivé členské státy a mohou se lišit pro různé zdroje hluku a mohou se měnit v čase. (MZČR, ©2015d) Aktuální mezní hodnoty jsou stanoveny ustanovením § 2 odst. 5 vyhlášky č. 315/2018 Sb. a jsou uvedeny v tabulce 1. Mezní hodnoty se stanovují pouze pro zdroje hluku, a nikoliv pro aglomerace jako celek.

Zdroj hluku / Indikátor	$L_{den}$ [dB]	$L_n$ [dB]
Silniční doprava	70	60
Železniční doprava	70	65
Letecká doprava	60	50
Integrovaná zařízení	50	40

Tabulka 1: Mezní hodnoty hlukových ukazatelů (Miková podle vyhlášky č. 315/2018 Sb.).

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. týkající se vnitřního prostředí pracuje s následujícími ukazateli:

- hladinou akustického tlaku označeného  $L_{AeqT}$  – ekvivalentní hladina akustického tlaku zjištěná pomocí filtru A<sup>11</sup>;
- $L_{Aeq, 16h}$  a  $L_{Aeq, 8h}$  ukazatele pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích, využívají se také na železniční dráhy a hluk z leteckého provozu pro denní (6:00–22:00) a noční hodiny (22:00–6:00).

Hlukový indikátor  $L_{den}$  je dle směrnice 2002/49/EC (2002) a European Commission (Kephelopoulos a kol., ©2012) definován vzorcem:

$$L_{den} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{12}{24} \cdot 10^{\left(\frac{L_d}{10}\right)} + \frac{4}{24} \cdot 10^{\left(\frac{L_e+5}{10}\right)} + \frac{8}{24} \cdot 10^{\left(\frac{L_n+10}{10}\right)} \right)^{12}.$$

Ve vzorci se pracuje s hodnotami jednotlivých ukazatelů pro den, večer a noc. U ukazatele pro večer se připočítává penalizace 5 dB a pro noc se připočítává 10 dB. Důvodem připočítávání penalizace je zohlednění závažnějších účinků hluku ve večerních a nočních hodinách. Vandasová Z., Fialová A. (2016)

<sup>10</sup> Jedná se o starší hlukový indikátor, který byl postupně nahrazen indikátorem  $L_{den}$ .

<sup>11</sup> Filtr A se používá pro přizpůsobení objektivně změřené hladiny subjektivně vnímané hlasitosti.

<sup>12</sup> Koeficient, který se přičítá k indikátoru  $L_e$  a  $L_n$  je tzv. večerní (+ 5 dB) a noční penalizace (+ 10 dB).

Získání nebo výpočet výsledných hodnot, které je pak dále možné vizualizovat, jsou časově i technicky náročné. V současné době jsou 2 způsoby pořízení hlukové mapy, a to za použití **přímého měření**, anebo **výpočtem** za použití matematických modelů. Přímá metoda spočívá v umístění měřicích zařízení přímo v terénu. MZČR vydalo Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, který stanovuje způsoby měření a podmínky, za kterých se hluk pro jednotlivé zdroje hluku pořizuje a zpracovává. S metodou přímého měření je možné se nejčastěji setkat při předkládání akustické studie v souvislosti s přípravou stavební dokumentace nebo při aktualizaci modelů pro výpočtové metody. Její výhodou je rychlost pořízení, avšak její nevýhodou je omezená doba, kdy se může měření provádět, tj. pouze v určitých měsících v roce, aby naměřené hodnoty reprezentovaly průměrnou standardní situaci (MZČR, ©2017). Výpočtových metod je více a každá z nich je založena na jiném matematickém modelu, a to v závislosti na zdroji hluku. Tento typ se používá například pro strategické hlukové mapování. Jedná se o metodu, která spočívá v definování výpočtových bodů, které jsou pravidelně rozmístěny na území, pro které se hluk počítá. V daných bodech se následně vypočítávají intenzity hluku na základě zvolené metodiky a zdroje hluku za využití komerčního softwarového vybavení, které má implementovány algoritmy pro národní zdroje hluku, přičemž po provedení výpočtu je běžnou praxí výsledky modelování pomocí měření ověřit (EEA, ©2020a). Výsledkem je tedy opět shluk bodů s parametry o hlukové intenzitě v rozpětí 5 dB s označením LOW pro nižší hodnotu a HIGH pro vyšší hodnotu v rozpětí.

### 3.3.2. Tónová složka hluku

Kromě hlukové intenzity je z pohledu vnímání hluku rovněž velice důležitá tzv. tónová složka hluku. Jedná se o výrazné tóny, které nemusejí být nutně hlasité, avšak jsou pro člověka obtěžující a nepříjemné. Ekosoftware (©2016a) uvádí, že se jedná o „výrazné tóny reprezentované izolovanými frekvenčními špičkami“. Tónové složky jsou nejčastěji řešeny v akustických studiích v souvislosti s hlukem průmyslovým. Mezi typické zdroje patří elektromotory, ventilátory, turbíny, vzduchotechnická zařízení či kompresory. Tónová složka má vliv na stanovení limitů (mezních hodnot), tj. u tónových složek se tyto limity ještě snižují (např. o 5 dB) (Ekosoftware, ©2016b).

## 3.4. Vlivy hluku

Hlukové znečištění je celosvětovým problémem, který má vliv nejen na zdraví člověka, ale rovněž na životní prostředí. EEA (©2020b) považuje za největšího původce zdravotních obtíží u lidí znečištění ovzduší, avšak hluk je hned dalším nebezpečným faktorem, který negativně působí na zdraví populace.

Nepříznivé účinky hluku na lidské zdraví jsou podle MZČR (©2015b) takové, které vedou ke zhoršení nebo poškození funkcí organismu, ke snížení odolnosti organismu vůči stresu či mohou vést ke zvýšení vnímavosti k jiným nepříznivým vlivům prostředí. Rovněž účinek hluku na spánek, a to jak ve fázi usínání, tak i délky či kvality spánku, může mít podle MZČR (©2015c) za následek rozmrzelost, únavu, špatnou náladu, snížení výkonu či bolest hlavy. Světová zdravotnická organizace (WHO) se vlivy hluku na zdraví člověka (dospělých i dětí) zabývá dlouhodobě a uvádí, že účinky hluku mohou být jak krátkodobého, tak dlouhodobého charakteru, přičemž okolo 40 % populace EU je vystaveno hlukem ze silniční dopravy přesahujícím 55 dB a 20 % populace EU je vystaveno hlukem přesahujícím 65 dB během dne (WHO, ©2010). EEA (©2020b) uvádí, že dlouhodobá expozice hlukem může mít vliv na zdraví, a to ve formě rušení spánku, vlivu na kardiovaskulární či metabolický systém či může způsobovat poruchy kognitivních funkcí u dětí a další druhy poruch, například poruchu čtení. Vlivem hluku na zdraví se zabývá mnoho studií. Cai a kol. (2020) sledovali vliv na obezitu populace, Guha a Gokhale (2023) sledovali vliv na kardiovaskulární systém populace a Hong a kol. (2022) se zabývali zdravotními dopady stavebního hluku na populaci. Všechny tyto studie se shodují v prokázání negativního dopadu hluku na lidské zdraví.

Životní prostředí je ohroženo nejvíce hlukem z dopravy. Dopravní hluk způsobuje živočichům obdobně jako lidem velkou řadu fyzických či psychických problémů, které mohou vést k problémům při páření a rozmnožování, jak uvádí denBoer a Schrote (©2007), a dále může ovlivnit či narušit komunikaci mezi živočichy (*Lima a kol., 2022*). Antropogenní hluk ovlivňuje savce, hmyz, ryby a další druhy živočichů, ať už se jedná o hluk z pozemní dopravy (Martin a kol., 2022) či hluk z lodní dopravy (Faria a kol., 2022), (Amorim a kol., 2022), (Woods a kol., 2022).

Vlivy hluku na zdraví člověka a životní prostředí je dostatečně prokázán a je mu věnována patřičná pozornost ze strany jednotlivých států a organizací, a to jak evropských, tak světových. Mezi nástroje, které se využívají v boji proti hluku, patří například strategické hlukové mapy, na které navazuje tvorba akčních plánů a realizace protihlukových opatření. Tyto nástroje jsou blíže rozebrány v následujících kapitolách.

## 4 Hlukové mapy

Podle směrnice 2002/49/EC musí každý členský stát Evropské unie od roku 2007 vytvářet **Strategické hlukové mapy** (SHM) pro všechny hlavní silnice, železnice, letiště a vybrané aglomerace, a to v pravidelných 5letých cyklech, které jsou

označeny jako kola SHM (MZČR, ©2015e). Primárně tyto hlukové mapy slouží kompetentním orgánům k identifikaci priorit v rámci boje proti působení hluku na obyvatelstvo. Evropská komise je využívá pro globální posouzení působení hluku napříč Evropskou unií. Tyto informace může široká veřejnost využívat pro odhad míry hluku, kterému jsou vystaveni, a zda tento hluk nepřekračuje míru hluku, která je škodlivá pro prostředí a veřejné zdraví.

Gesčním resortem v této problematice je Ministerstvo zdravotnictví České republiky. To pověřilo přípravou a realizací strategických hlukových map svou přímo řízenou organizaci Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, který má specializovanou Národní referenční laboratoř pro komunální hluk.

**Hlukové mapy** se využívají jako podklad pro tvorbu akčních plánů. Akční plán je dokument obsahující přehled jednotlivých opatření, termíny zahájení a ukončení těchto opatření s informací o požadovaných výsledcích implementace daného opatření. (MDČR, ©2019)

Tvorbu následných dílčích akčních plánů mají pak na starosti Ministerstvo dopravy a krajské úřady. Ministerstvo dopravy je vytváří pro hlavní pozemní komunikace, hlavní železniční tratě a hlavní letiště. Krajské úřady jsou naproti tomu odpovědné za tvorbu plánů pro příslušné aglomerace a dále se podílejí na tvorbě akčních plánů z hlavních pozemních komunikací. Dílčí akční plány jsou následně předány Ministerstvu zdravotnictví, jež zpracovává souhrnné akční plány, které společně s výsledky příslušného kola SHM zasílá jako report Evropské komisi.

Od 31. 12. 2018 jsou všechny členské státy povinny používat pouze metodiku stanovenou směrnicí Komise (EU) 2015/996 ze dne 19. května 2015 o *stanovení společných metod hodnocení hluku podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES*. Tato metodika se označuje CNOSSOS a jedná se o zkratku z anglického výrazu *Common Noise Assessment Methods in Europe*. EEA (©2020a) si od sjednocení metodiky v rámci celé Evropy slibuje, že bude mnohem jednodušší porovnání údajů mezi členskými státy a rovněž posuzování hlukových map bude lépe harmonizováno.

## 4.1. Kola SHM

Do doby odevzdání předkládané práce byla zahájena celkem **4 kola Strategického hlukového mapování**. Veškeré informace o jednotlivých kolech jsou stále veřejně k dispozici (MZČR, ©2015a). V rámci každého kola byly zpracovány mapy pro:

- úseky hlavních pozemních komunikací;
- úseky hlavních železničních tratí;
- aglomerace definované členským státem;
- hlavní letiště.

### 4.1.1. SHM 2007 (1. kolo)

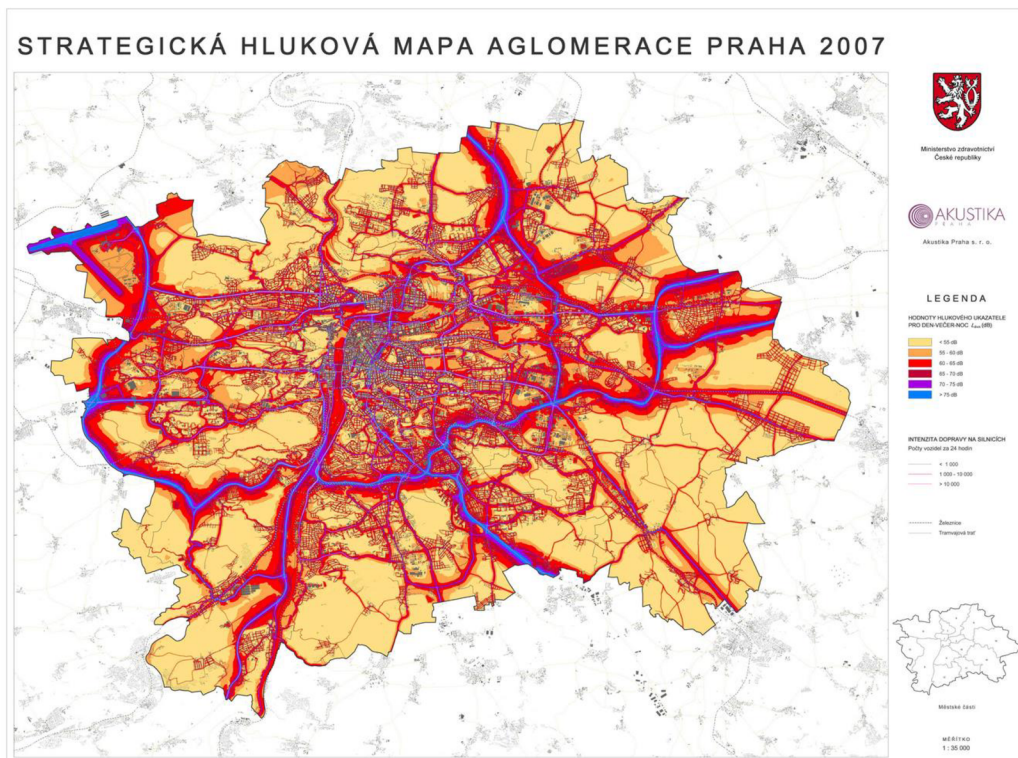
První kolo SHM bylo prováděno v letech 2006–2008.

#### Zadání

- Úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 6 000 000 vozidel za rok;
- úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 60 000 vlaků za rok;
- aglomerace s více než 250 000 obyvateli, které si definuje každý členský stát autonomně;
- hlavní letiště s více než 50 000 vzlety a přistáními za rok.

#### Výstup

Výsledné mapy obsahují 300 km železničních tratí, 1 370 km pozemních komunikací, letiště Praha-Ruzyně a aglomerace Praha, Brno a Ostrava. (MZČR, ©2015f) Ze Zprávy o zpracování SHM je patrné, že pro každý zdroj hluku byla použita odlišná metodika a co nejaktuálnější data. Výstupním formátem byla tištěná verze ve formátu A0 (měřítko 1 : 30 000) a A2 (měřítko 1 : 10 000), přičemž elektronická verze export map ve formátu JPG. (MZČR, ©2007) Náhled výstupu ze SHM 2007 je na *obrázku 2*.



Obrázek 2: Mapový výstup SHM 2007 aglomerace Praha pro ukazatel  $L_{den}$  (Magistrát hlavního města Prahy, ©2008).

### 4.1.2. SHM 2012 (2. kolo)

Druhé kolo bylo prováděno v letech 2012–2015.

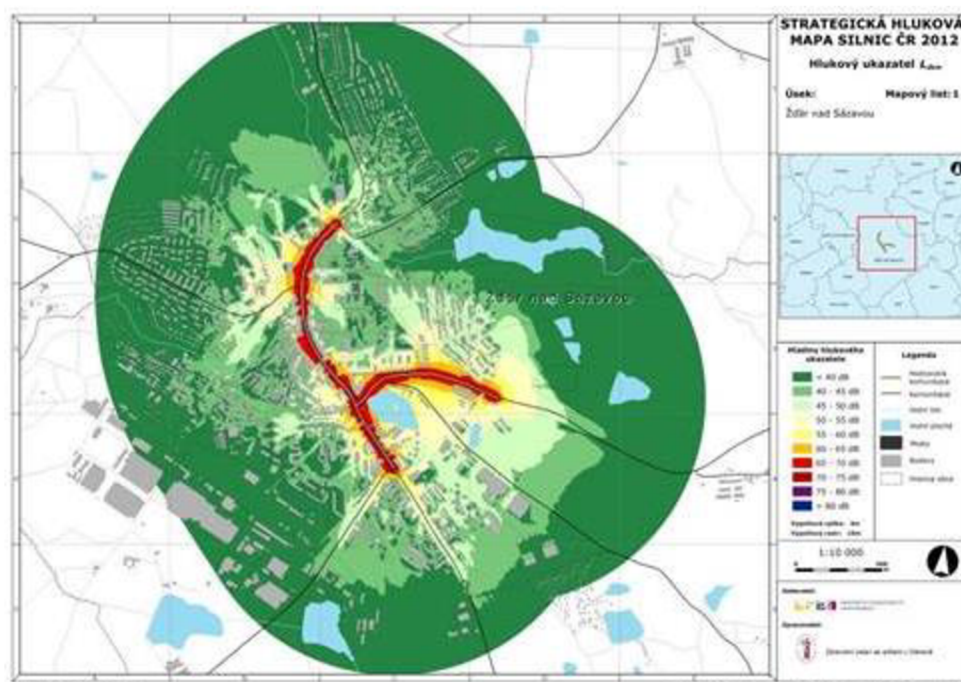
#### Zadání

- Úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 3 000 000 vozidel za rok;
- úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 30 000 vlaků za rok;
- aglomerace s více než 100 000 obyvateli, které si definuje každý členský stát autonomně;
- hlavní letiště s více než 50 000 vzlety a přistáními za rok.

#### Výstup

Obdobně jako v předešlém kole mapy obsahují železniční tratě, pozemní komunikace, letiště Praha-Ruzyně a aglomerace Praha, Brno, Liberec, Plzeň, Ústí nad Labem-Teplice, Olomouc, Ostrava. (MZČR, ©2015g) U druhého kola již Zpráva o zpracování SHM uveřejněna nebyla, byly uveřejněny pouze výsledky, a to tabulky o počtu exponovaných osob pro jednotlivé ukazatele a zdroje hluku. Výstupním formátem byla tištěná verze ve stejných formátech a měřících jako

u 1. kola a zpřístupněna byla i digitální verze v podobě interaktivních map na geoportálu MZČR<sup>13</sup>. Náhled výstupu ze SHM 2012 je na *obrázku 3*.



Obrázek 3: Mapový výstup SHM 2012 silnice pro ukazatel  $L_{den}$  pro oblast Žďár nad Sázavou (ZÚ Ostrava, ©2015).

### 4.1.3. SHM 2017 (3. kolo)

Třetí kolo probíhalo v letech 2013–2017.

#### Zadání

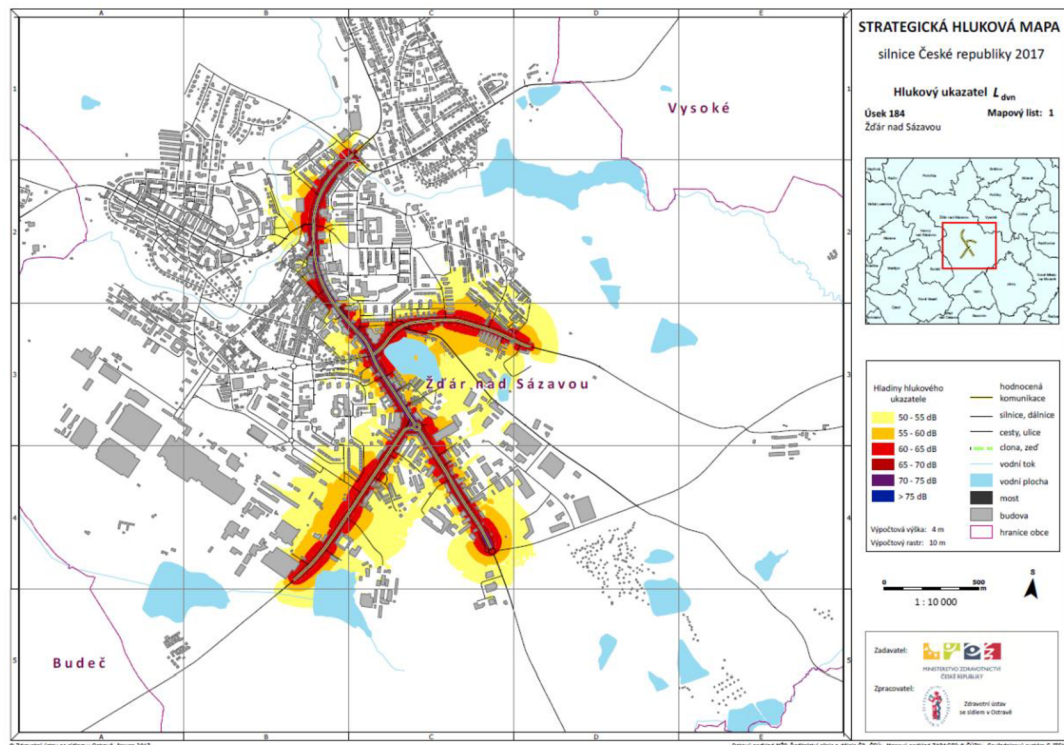
- Úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 3 000 000 vozidel za rok;
- úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 30 000 vlaků za rok;
- aglomerace s více než 100 000 obyvateli, které si definuje každý členský stát autonomně;
- hlavní letiště s více než 50 000 vzlety a přistáními za rok.

#### Výstup

Výstup byl shodný jako u 2. kola SHM a je rovněž aktuálně dostupný na geoportálu MZČR<sup>14</sup>. Náhled výstupu ze SHM 2017 je na *obrázku 4* a jedná se o stejnou oblast jako u výstupu ze SHM 2012.

<sup>13</sup> <https://geoportal.mzcr.cz/SHM2012/>

<sup>14</sup> <https://geoportal.mzcr.cz/SHM2017/>



Obrázek 4: Mapový výstup SHM 2017 silnice pro ukazatel  $L_{den}$  pro oblast Žďár nad Sázavou (MZČR, ©2017).

#### 4.1.4. SHM 2022 (4. kolo)

Čtvrté kolo probíhá od roku 2018 a předpokládaný termín dokončení byl stanoven na 30. 6. 2022, avšak termín dokončení byl posunut na podzim roku 2022.

##### Zadání

Zadání bylo shodné jako u předešlých 2 kol:

- úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 3 000 000 vozidel za rok;
- úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 30 000 vlaků za rok;
- aglomerace s více než 100 000 obyvateli, které si definuje každý členský stát autonomně;
- hlavní letiště s více než 50 000 vzlety a přistáními za rok.

Poprvé byla však pro toto mapování použita výpočtová metodika CNOSSOS\_EU, která má sjednotit veškeré výstupy v rámci EU. Mapování rovněž vychází z nových údajů o sčítání silniční dopravy z roku 2020 a z dat ze sčítání lidí, domů a bytů z roku 2021.



## Výstup

Výstupy měly být dokončeny do 30. 6. 2022 a následně měly být výsledky do 31. 12. 2022 reportovány Evropské komisi, avšak došlo ke zpoždění a výstupy nebyly uveřejněny ani k 25. 2. 2023.

## 4.2. Protihluková opatření

V návaznosti na Strategické hlukové mapy je proveden výběr oblastí, které jsou hlukem nepřiměřeně zatíženy nebo kde je překročena stanovená mez. Pro ně následně odpovědné subjekty navrhuji v rámci **akčních plánů** realizace odpovídajících protihlukových opatření na mitigaci hlukové zátěže. **Protihluková opatření** lze rozdělit na aktivní (napomáhají ke snižování tvorby hluku, např. rekonstrukce akusticky lépe odhlučněných vozovek a tratí či snižování rychlostí na vybraných úsecích) a pasivní (omezuji již vzniklý hluk, např. stavba protihlukových bariér, budování protihlukových valů a jiných clon, výměna stávajících oken za nová s lepšími akustickými parametry) (Křivánek a Hablovičková, ©2022). Umístování protihlukových bariér je v gesci MDČR, resp. jeho podřízené organizace (ŘSD pro silniční dopravu a SŽ pro drážní dopravu). SUDOP PRAHA (2019) uvádí, že běžná výška protihlukových stěn u železničních tratí je 2–4 m, a to ve vzdálenosti zhruba 3,5 m od osy krajní koleje. Křivánek a Hablovičková (©2022) uvádí výšky v rozmezí 2,5–7 m a poukazuje na to, že útlum hluku není závislý ani tak na materiálu bariéry či jejím stáří, avšak je závislý na výšce a stavu bariéry (PHS). Zlepšení může také přinést zeleň, a to jednak jako samostatný prvek, tak rovněž jako součást systému PHS.

## 5 Kartografická reprezentace hlukových map

Hlukové mapy jsou mapy tematické. I přesto že první hlukové mapy byly pro naše území vytvořeny již v roce 1976 (Duda 2009 ex. Hellmuth 2006), nejsou, z pohledu kartografie, zavedena jednotná pravidla pro prezentaci hluku. Obšrně se tomuto tématu věnoval ve své diplomové práci Duda (2009), který popsal různé způsoby používané kartografické vizualizace hluku nejen v České republice. Dalším autorem, který se komplexněji zabývá způsoby vizualizace hluku, je Beran (2021), jenž se zaměřil na další možné způsoby vizualizace hlukových map, a to nejen ve 2D, ale také ve 3D zobrazení.

Hluková intenzita je spojitý jev a je možné ho vyjádřit prostřednictvím bodů nebo polygonů. Bodové zobrazení je spíše vzácný způsob zobrazení hlukových map, nejčastěji využívá právě plošné zobrazení, a to ve 2D či 3D zobrazení, jak je

rozepsáno dále. Pro prezentaci hlukových dat se pak nejčastěji používá **webová kartografie**, která zpřístupňuje data širšímu okruhu uživatelů a rovněž umožňuje více možností při prohlížení dat v různých zobrazeních (2D, 2,5D či 3D).

Předkládaná práce se zabývá několika prostorovými zobrazeními. Obecně je lze rozdělit dle Abdul-Rahmana a Pilouka (2007) na:

- 2D – rovinné zobrazení se souřadnicemi na osách  $x, y$ ,
- 2,5D – 2D zobrazení na osách  $x, y$  s připojením atributu výšky  $z$ ,
- 3D – prostorové zobrazení se souřadnicemi na osách  $x, y, z$ .

Vše se vyvíjí a díky novým technologiím se rovněž posouvá i směr, kterým se kartografie ubírá. Už se nejedná pouze o obor vytváření map pro publikaci v analogové podobě, ale čím dál častěji převažuje vytváření map pro jejich prezentaci v prostředí World Wide Web, tedy map v digitální podobě. Přičemž se může jednat jen o pasivní mapy, či jsou mapy zpracovány a zpřístupněny v interaktivní podobě.

## 5.1. Vizualizace hluku ve 2D

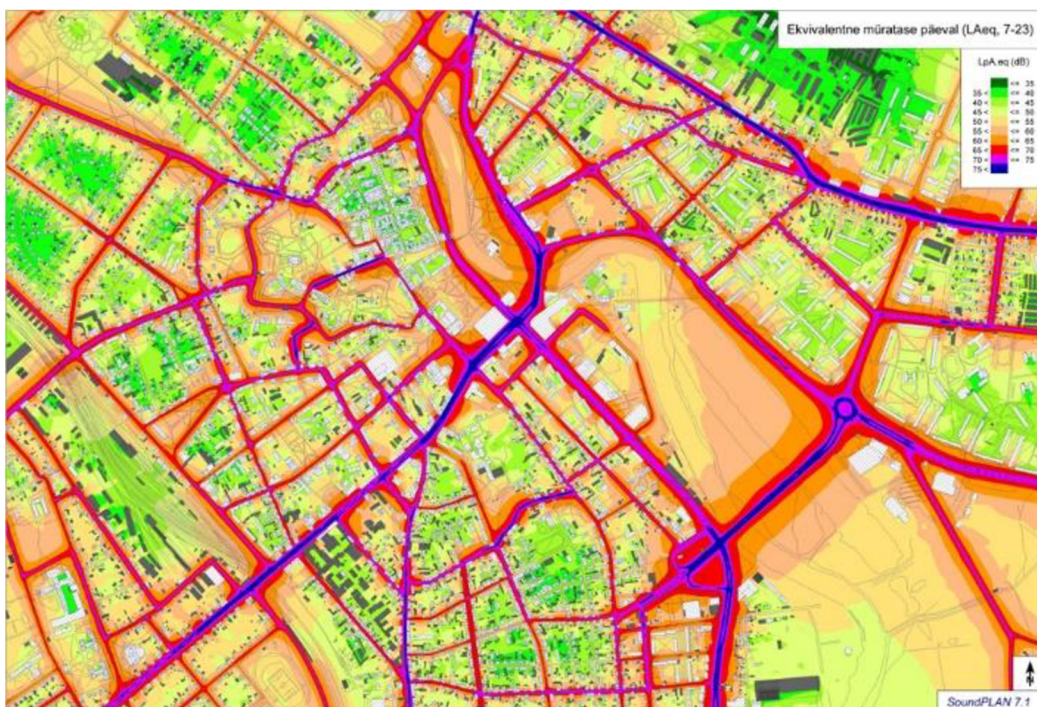
Data o intenzitě hluku jsou vztahena k bodům (bodovým znakům), neboť jsou měřena, příp. vypočítávána v bodech (výpočtových bodech). V běžné praxi je však jejich vizualizace či kartografická reprezentace různorodá. Nejčastěji se využívá bodových znaků jako součást komplexnějších liniových prostředků či polygonové pásy (izopásma). Oproti tomu vyjádření hluku v jednotlivých bodech je v praxi spíše výjimkou.

### 5.1.1. Izopásma

Hluková intenzita jakožto spojitý jev se může vyznačovat tím, že data mohou obsahovat jakési diskontinuum, tj. data obsahují místa, kde hodnota není uvedena. Jelikož se spojitý jev vyznačuje tím, že sledovaný jev pozvolna narůstá a klesá, je využití **izopásem** pro intenzitu hluku naprosto ideální a také z pohledu praxe nejrozšířenější. Voženílek (2011) uvádí, že pro znázornění míry zatížení hlukem se využívá princip vycházející z **barevné hypsometrie**, jež znázorňuje přechody mezi jednotlivými hlukovými pásmy za pomoci barev. Barevná hypsometrie využívá rozdílné výškové vrstvy vycházející z vrstevnic a obdobně hlukové mapy využívají vypočtený hluk pro daný výpočtový bod, přičemž jsou tato data dále zpracována do polygonových vrstev reprezentujících barevné pásy jednotlivých hlukových hladin. Miklín a kol. (2018) toto označují jako spojitý kolmý pohled povrchu,

příčemž povrchem míní nejen skutečný povrch v podobě reliéfu vztažený k výšce, ale také statistický povrch, který znázorňuje veličinu jako teplota nebo hluková hladina.

Jednotlivé státy mají zvolenou různou barevnou stupnici, která znázorňuje intenzitu hluku pro dané pásmo. I velikost pásma je různorodá. Česká republika má pásma SHM stanovena vyhláškou č. 315/2018 Sb., a to pásma o velikosti 5 dB<sup>15</sup>. Barevné rozlišení jednotlivých pásem není stanoveno, a tedy závisí na zpracovateli map. Na obrázku 5 je hluková mapa vytvořená za použití právě barevné hypsometrie.



Obrázek 5: Hluková mapa za použití principů barevné hypsometrie ve 2D zobrazení (Hendrikson a Ko).

### 5.1.2. Rastr

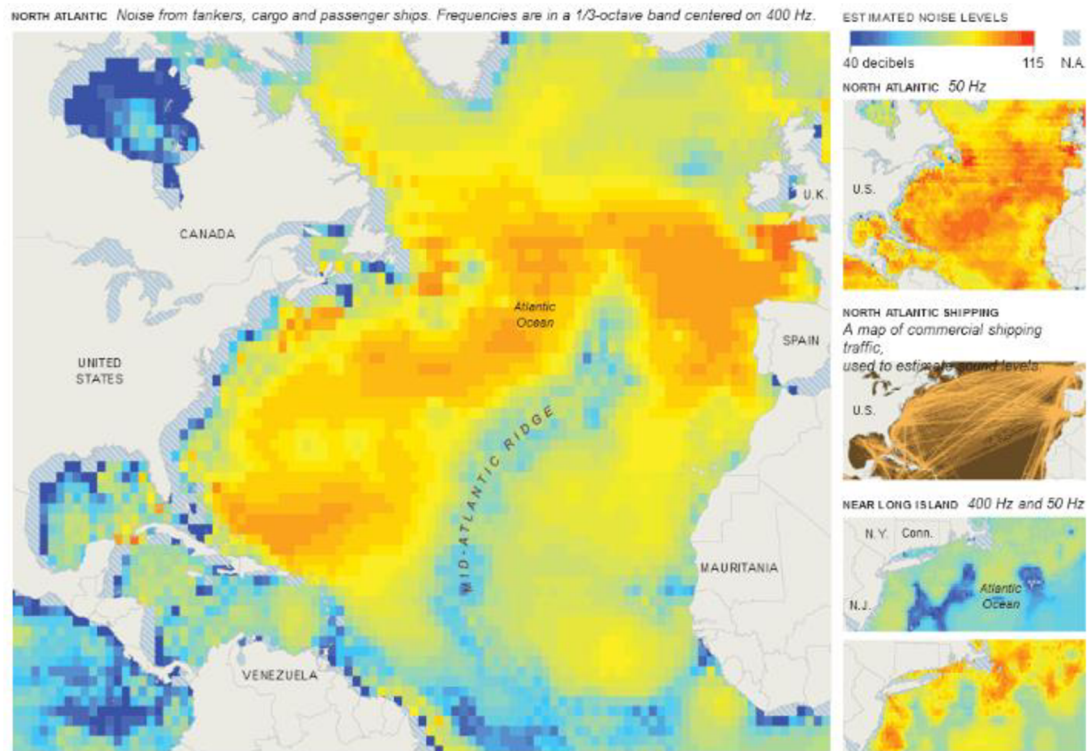
Další vhodnou metodou je využití **rastru**, někdy je tato metoda označována jako rasterizace. Jedná se o vyjádření jevu v pravidelné mřížce (rastru). Voženílek (2011) uvádí, že se může jednat jak o pravidelné, tak nepravidelné rozmístění bodů či linií, které může být v barevném či černobílém provedení. U rastru je poté možné využít kartogram (choropleth), který je rozdělen do barevně odlišených tříd. Field (2018) pracuje s rastry nejen pro diskrétní data, ale rovněž pro spojitá data, avšak jen taková spojitá data, která jsou vztažená ke konkrétní ploše, a nikoliv bodu.

Výhodou rastru je tedy široké využití u různých typů dat (diskrétní data, spojitá data, fotografické snímky). Dále pak se jedná o jednoduchou strukturu dat a rovněž také

<sup>15</sup> Pro  $L_{den}$  50,0–54,9; 55,0–59,9; 60,0–64,9; 65,0–69,9; 70,0–74,9; více než 75,0 dB a pro  $L_n$  40,0–44,9; 45,0–49,9; 50,0–54,9; 55,0–59,9; 60,0–64,9; 65,0–69,9; více než 70,0 dB.

o výkonný formát pro pokročilou prostorovou a statistickou analýzu. Nevýhodou je závislost velikosti buňky na velikosti výsledného souboru a kvality obrazového výstupu a jeho přesnost. (ESRI, ©2016)

Na *obrázku 6* je znázorněno využití rastru u hlukové mapy uveřejněné v New York Times (2012).



Obrázek 6: Rasterizace hlukové mapy v oceánu (New York Times, ©2012).

## 5.2. Vizualizace hluku ve 3D

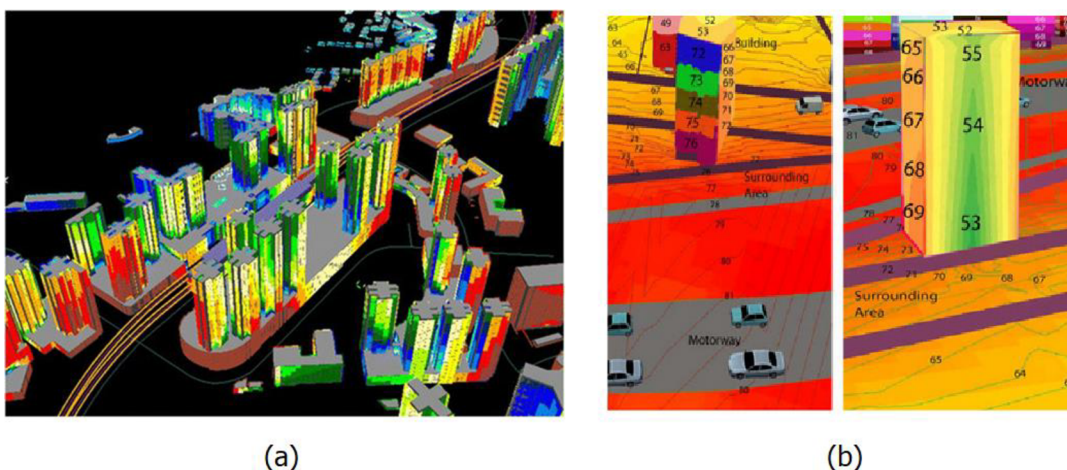
3D vizualizace se nejvíce využívá u map základních, anebo pro zobrazení terénu. U tematických map vizualizace ve 3D prozatím běžná není. Popelka (2015) porovnával, zda pro respondenty kartografy i "nekartografy" jsou 3D vizualizace přehlednější, či nikoliv. Výsledkem jeho studie bylo, že 3D vizualizace jsou pro respondenty náročnější na vyhledávání informací, avšak v některých případech (např. při použití kartogramu) preferovali spíše prostorový kartogram. U reprezentace terénu ve 3D bylo pro laika náročné hledání konkrétní informace a u reprezentace města zase docházelo ke špatné orientaci v nakloněné mapě. I přesto však byla mapa ve 3D mnohem lépe hodnocena z estetického hlediska.

Vizualizace komplexních hlukových map ve 3D není běžná a v současné době je spíše ve fázi testování. Beran (2018) uvádí jako důvod prozatímního nevyužívání 3D zobrazení zejména technologické možnosti, složitost výpočtů či složitost a místy

nepřehlednost vizualizace kvůli třetímu rozměru. Třetím rozměrem pro potřeby hlukových map může být kromě výškového rozměru například veličina času. Pro potřeby hlukových map je možné využít tuto veličinu z pohledu krátkého časového úseku, jakým jsou hodiny a dny, ale rovněž z pohledu dlouhého časového úseku, kterým mohou být roky či pravidelná časová období, jako jsou cykly SHM. Do kategorie 3D vizualizace se dá rovněž zařadit i 2,5D zobrazení. Jak je uvedeno v úvodu kapitoly 5, je 2,5D zobrazení umístění objektu ve 2D prostoru reprezentované souřadnicemi  $[x, y]$  s připojenou hodnotou rozměrového atributu nadmořské výšky souřadnice  $[z]$ . 3D je definováno jako umístění procházející skrz 3D prostor, který je reprezentován souřadnicemi  $[x, y, z]$  (Abdul-Rahman, Pilouk, 2007). Miklín (2018) 2,5D popisuje jako data, která mají právě jednu hodnotu  $[z]$  pro každou kombinaci  $[x, y]$  a 3D data obsahují kromě souřadnic  $[x, y, z]$  také hodnotu nějakého geografického jevu. Tímto jevem může být právě hluková intenzita. Field (2008) popisuje 2,5D jevy jako ty, které lze charakterizovat povrchem, na kterém je měřena třetí hodnota (výška či hloubka) od nulového bodu  $[z]$  a 3D jsou takové jevy, které vykazují více hodnot rozměru  $[z]$ , přičemž uvádí, že skutečné 3D má vždy 4 parametry v podobě souřadnic  $[x, y]$ , souřadnice  $[z]$  udávající výšku nebo hloubku a rovněž hodnotu jevu v daném bodě.

### 5.2.1. Hluk na fasádě budovy

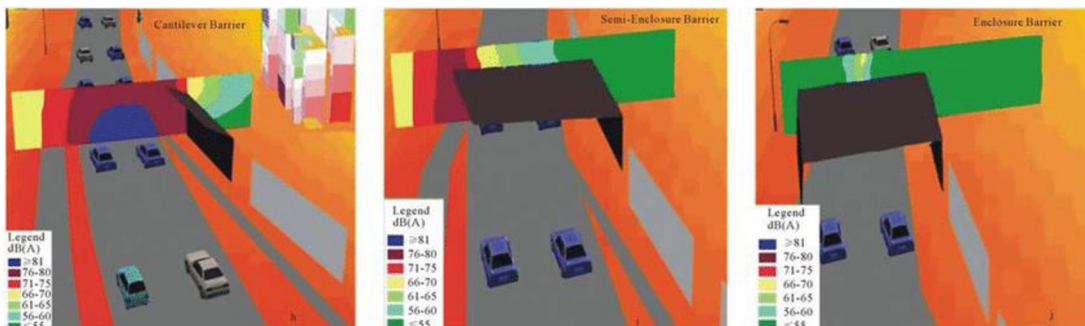
Aktuálně nejběžnější formou 3D hlukové mapy je využití při zhodnocení dopadů hluku na **fasády budov**. Jedná se o mapu znázorňující naměřenou či vypočtenou hlukovou hladinu v různých výškách na fasádě budovy. Příklady zpracování takových map je na *obrázku 7*. Využívá se například ve stavebnictví jakožto podklad pro posouzení akustických vlastností stavebních konstrukcí. Zde je třetí rozměr reprezentován výškou nad terénem.



Obrázek 7: Mapa hluku na fasádách budov ve 3D (a) Brown a kol., 2015, (b) Ranjbar a kol., 2012.

## 5.2.2. Vertikální řez

Další metodou vizualizace je **vertikální řez**, tuto metodu použil například Ranjbar a kol. (2012) ve svém článku zabývajícím se analýzou hluku z dopravy a jeho vlivu na budovy a okolí viz *obrázek 8*. Tento způsob vizualizace využili k posouzení vlivu navržené bariéry (protihlukové opatření) na změnu hladiny hluku.



Obrázek 8: Hluková mapa ve 3D s využitím vertikálního řezu (Ranjbar a kol., 2012).

## 5.2.3. Zobrazení 2D ve 3D modelu

Další možný způsob prezentace je 2D vrstva zobrazená ve 3D modelu dané oblasti nebo 3D objektů (např. budov). Junek (2019) ve svém článku týkajícím se výstupů 3. kola SHM prezentoval, že kromě 2D vizualizace, která je aktuálně k dispozici na geoportálu MZČR, byla vytvořena rovněž 3D vizualizace formou webové aplikace. Konkrétně se jednalo o vrstvu budov, kde budovy byly barevně odlišeny podle toho, zda jsou, či nejsou obydleny, a podle hladiny vypočteného hluku. Zde byla využita **hypsometrie** spojená s 3D modelem. Tato aplikace ale není volně k dispozici<sup>16</sup>. Za problém při vizualizaci SHM ve 3D Junek (2019) považuje zejména 3D data. Poukazuje na to, že uvedený model byl vytvořen na základě dat ze sčítání lidu, domů a bytů, odkudže kterého byla převzata informace o počtu podlaží. Takto vytvořený model nepovažuje za příliš spolehlivý, například protože u některých objektů není hodnota ze sčítání vůbec známa. V takovém případě byla v modelu nastavena výška objektu 8 m a následně docházelo k manuálním úpravám. Na *obrázku 9* je uveden náhled z 3D vizualizace hluku 3. kola SHM. Dnes by již s daty v určitých lokalitách takový problém nebyl s ohledem na vytváření 3D modelů měst.

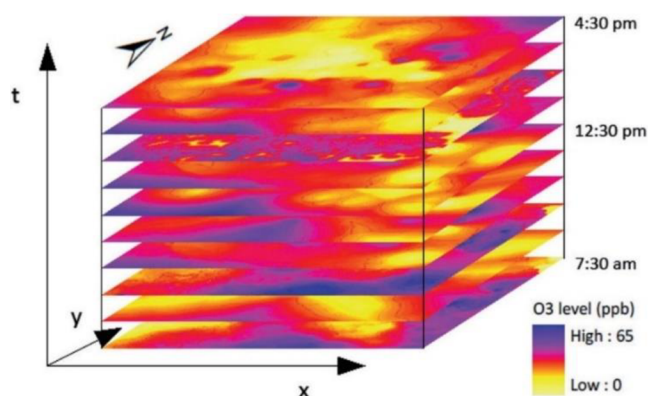
<sup>16</sup> Aplikace je neveřejná a dostupná pouze vybraným odborníkům přes přidělený login a heslo.



Obrázek 9: 3D vizualizace SHM 2017 ve webové aplikaci MZČR (Junek, 2019).

## 5.2.4. Space-Time Cube

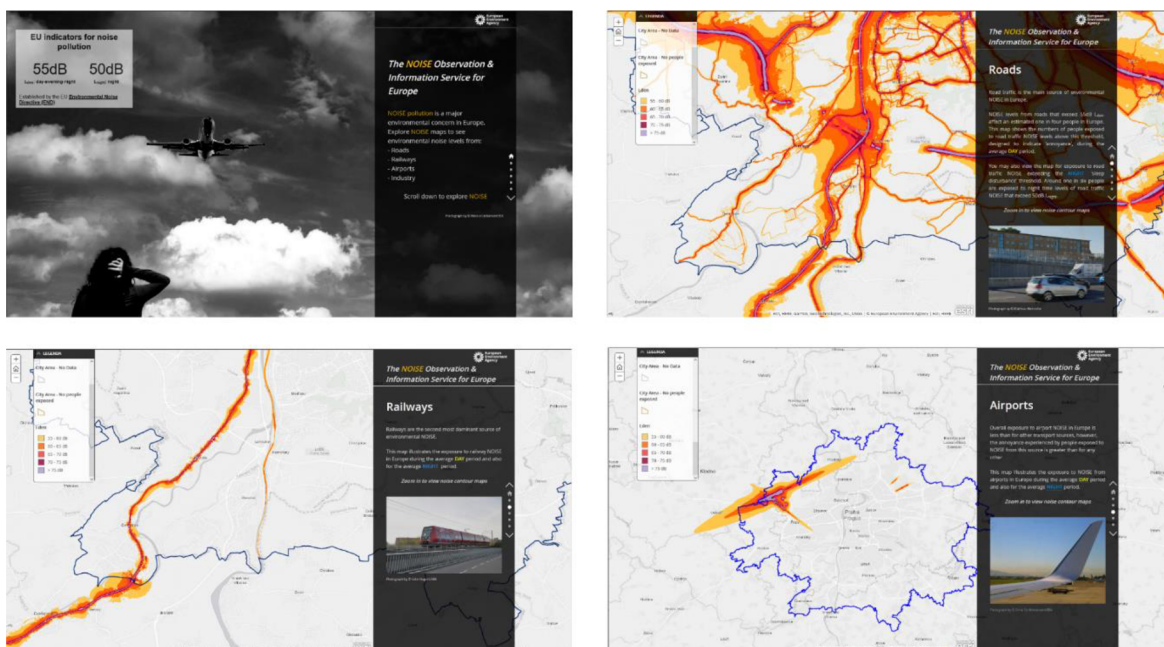
Pro 3D reprezentaci je možné využít Space-Time Cube znázorněné na obrázku 10. Field (2018) uvádí, že se jedná o velice efektivní, i když spíše sporadicky využívaný způsob zobrazení dat v prostoru a čase. Tato reprezentace pracuje se souřadnicemi  $x$ ,  $y$  a na ose  $z$  dále pracuje s časovou dimenzí. Jedná se o několik vrstev, které jsou poskládány na sebe, přičemž jako třetí rozměr zde může být čas, případně výška nad terénem. Gatalsky ve svém článku uvádí, že se jedná o vyjádření dvojrozměrného prostoru s tím, že výška krychle reprezentuje časovou dimenzi (Gatalsky, 2004 ex. Hägerstrand, 1970) anebo jak uvádí GISGeography (©2022), reprezentuje časový výsek či úsek (Slice of Time). Beran D. (2018) ve své práci konstatuje, že v rámci způsobů vizualizace hluku patří mezi ty více nepřehledné, neboť jsou viditelné pouze kraje vrstev. Rovněž je třeba uvést, že tento způsob zobrazení klade vysoké nároky na hardware vybavení a běžné počítače s vykreslováním dat mají problémy.



Obrázek 10: Hluková mapa za použití Space-Time Cube (Beran, 2021 ex. Fang and Lu, 2018).

### 5.3. Webová kartografie

Nétek (2021) uvádí, že **webová kartografie** je nedílnou součástí klasické kartografie, a jelikož z klasické kartografie vychází, respektuje její základní a obecná pravidla. V dnešní době se mapy zpracovávají převážně jen digitálně za pomoci různých softwarů. Některé z nich jsou placené, jako například ArcGIS<sup>17</sup> či nástroj Map 3D<sup>18</sup>, který je součástí AutoCADu, a některé jsou volně dostupné, jako je GRASS GIS, QGIS, Janitor či PostGIS. Digitálně vytvořené mapy je pak možné převést do různých formátů či vytvořit analogovou verzi map, avšak aktuálně je nejvíce využívanou možností jejich prezentace na geoportálech, které však vyžadují určité softwarové i hardwarové vybavení. Nově jsou pak mapy prezentovány ve specializovaných cloudových aplikacích. Mezi taková řešení je možné zařadit například twiGIS či systém ArcGIS, který nabízí nepřehledné množství různých aplikací a nástrojů pro sběr, zpracování, analyzování a publikaci dat. Systém **ArcGIS** je komplexní systém obsahující řadu aplikací, které se doplňují a které je možné pořízovat samostatně. Jednou z aplikací jsou takzvané Story Mapy, které umožňují zpracování map do příběhu. Zajímavé zpracování hlukových map do aplikace vytvořila EEA, která právě prostřednictvím Story Mapy prezentuje výsledky hlukového mapování napříč státy Evropské unie, jak je vidět na *obrázku 11*.



Obrázek 11: Story Mapa EEA o sledování hluku v Evropě (European Environment Agency).

<sup>17</sup> <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview> případně ArcDATA Praha (©2022)

<sup>18</sup> <https://www.map3d.com/>



## METODIKA

Data byla zpracována v systému ArcGIS Pro, následně také v ArcGIS Online a ve webové aplikaci Story Maps. V následujících kapitolách je popsáno vybrané území a vstupní data včetně toho, jak byla upravena a jaké metody a funkce byly použity.

### 6 Vstupní data

Pro práci byly využity 2 zdroje dat. V první řadě se jednalo o data od Ministerstva zdravotnictví ČR prostřednictvím Zdravotního ústavu se sídlem v Ostravě, a to Strategické hlukové mapy ze 3. kola hlukového mapování pro aglomeraci Praha. Dále pak se jednalo o hlukové mapy od Institutu plánování a rozvoje hlavního města Prahy, konkrétně o hlukovou mapu pro Prahu.

#### 6.1. Hluková data

Data z MZČR jsou ze SHM 2017 pro aglomeraci Praha a původní soubor dat byl rozdělen na aglomerace celek a dále pak dílčí části podle zdroje hluku (letišť<sup>19</sup>, průmysl, silnice, železnice). Pro jednotlivé zdroje hluku byla k dispozici data pro hlukové indikátory  $L_{den}$  a  $L_n$ . Vstupní data byla v podobě polygonů jednotlivých hlukových pásem. Tato vrstva byla klasifikována v 5dB pásmech (DB\_Low, DB\_High) z původní sítě výpočtových bodů s krokem 10 m a s výpočtovou výškou 4 m nad terénem. Spodní hranice u těchto dat byla nastavena na 55 dB<sup>20</sup>. Při výpočtech byla zohledněna všechna protihluková opatření, která existovala v rozhodném roce 2016. (Ondřej Volf, 13. 6. 2022, in litt.) S ohledem na velký datový objem byla data redukována pouze na oblast hranice katastrálního území Praha-Radotín.

Další hluková sada pochází od IPR Praha. Obdobně jako v případě dat od MZČR se jedná o výpočtovou hlukovou mapu, konkrétně hluk z povrchové dopravy (stav k roku 2016) z části pro den<sup>21</sup> a noc<sup>22</sup> s rozdělením hlukových pásem po 5 dB (DB\_LO, DB\_HI) ve výšce 4 m nad terénem. Pásma jsou nastavena od hodnoty 0 dB. Jde o mapu kumulovaných dopravních zdrojů hluku, a to ze silniční dopravy, železniční

---

<sup>19</sup> Vrstva Letiště nebyla použita, neboť obsahuje pouze Letiště Václava Havla Praha, které nezasahuje do vybrané oblasti.

<sup>20</sup> Nejnižší hodnota (DB\_Low) pro ukazatel  $L_{den}$ .

<sup>21</sup> Denní doba 6:00–22:00 (odpovídá indikátoru  $L_{de}$ ).

<sup>22</sup> Noční doba 22:00–6:00 (odpovídá indikátoru  $L_n$ ).

dopravy a tramvajové dopravy. Zobrazený deskriptor je  $L_{Aeq,16h}$  a  $L_{Aeq,8h}$ . Opět se jedná o polygonovou vrstvu obsahující data rozdělená podle hlukových pásem.

Všechna hluková data byla v souřadnicovém systému S-JTSK Krovak EastNorth (5514).

Jelikož nebyla k dispozici vstupní data, ze kterých byly hlukové mapy vytvořeny, ale pouze polygonové vrstvy pro hlukové indikátory (u MZČR  $L_{den}$  a  $L_n$  a pro IPR  $L_{de}$  a  $L_n$ ) a jediným společným indikátorem pro oba zdroje dat byl indikátor  $L_n$ , bylo dále možné pracovat pouze s tímto indikátorem.

## 6.2. 3D model

Data týkající se 3D modelu Prahy (viz *obrázek 12*) jsou z geoportálu IPR Praha a jsou pravidelně aktualizována. Součástí tohoto souboru dat je:

- 3D model zástavby zpracován fotogrammetricky (rozdělen po mapových listech v měřítku 1 : 5 000)<sup>23</sup>;
- 3D model mostů (území Praha)<sup>24</sup>;
- současný stav využití území (území Praha)<sup>25</sup>;
- podlažnost (výška objektů vyjádřená pomocí počtu podlaží pro území Praha)<sup>26</sup>;
- DTM<sup>27</sup> bez vegetace a lidských výtvarů vytvořený z leteckého snímkování v roce 2017 (rozdělené po mapových listech 1 : 5 000).

Veškerá výše uvedená data byla stažena buď pro celou Prahu, anebo podle kladu mapových listů, a to BERO05, BERO06, BERO07, PRAH86, PRAH95, PRAH96, PRAH97.

Veškerá data byla v souřadnicovém systému S-JTSK Krovak EastNorth (5514).

---

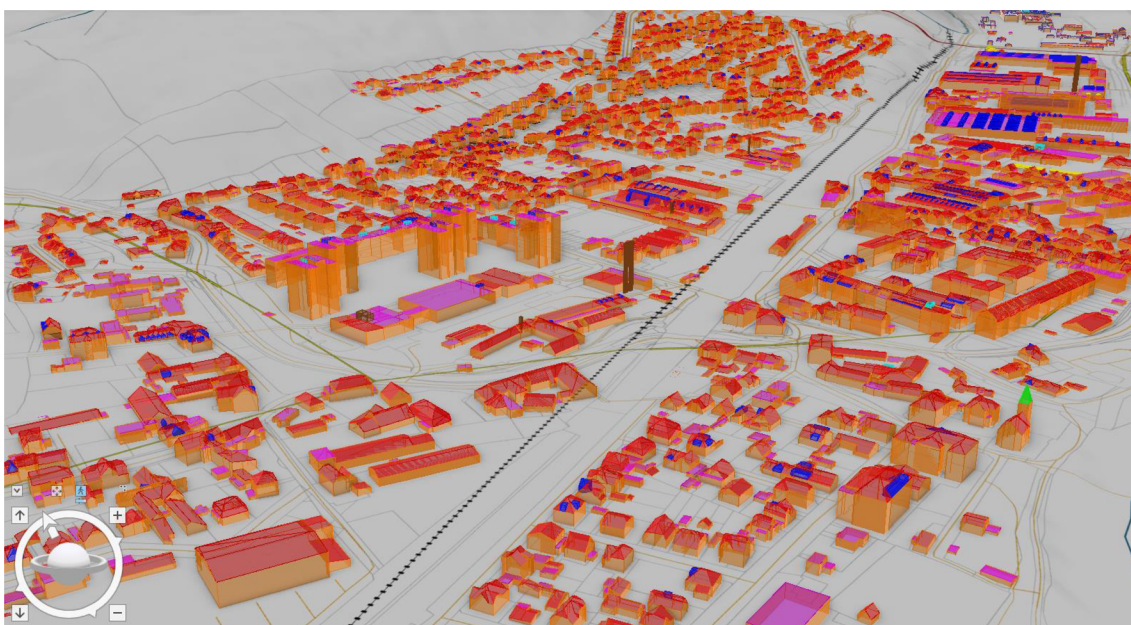
<sup>23</sup> Aktualizace stažených dat 11. 1. 2018.

<sup>24</sup> Aktualizace stažených dat 10. 3. 2016.

<sup>25</sup> Aktualizace stažených dat 31. 10. 2022.

<sup>26</sup> Aktualizace stažených dat 27. 4. 2022.

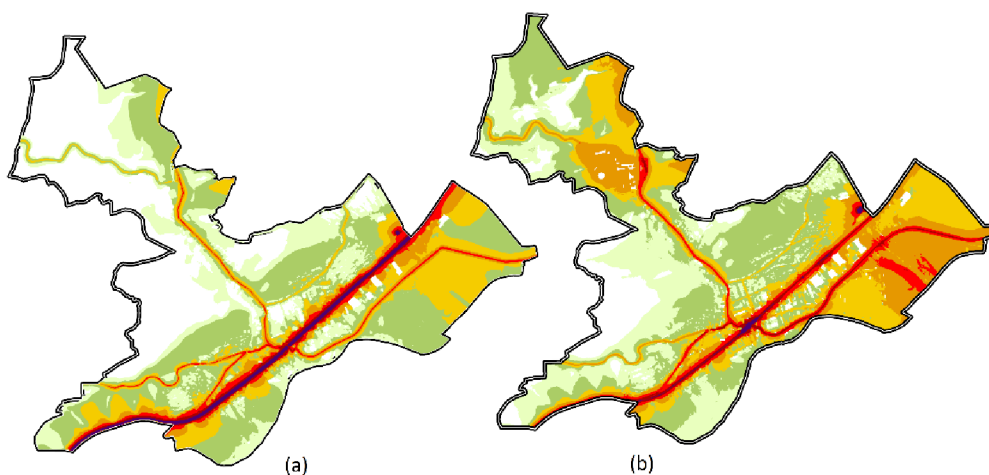
<sup>27</sup> DTM – Digitální model terénu; aktualizace stažených dat 20. 6. 2018.



Obrázek 12: 3D model Prahy (Radotín) (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

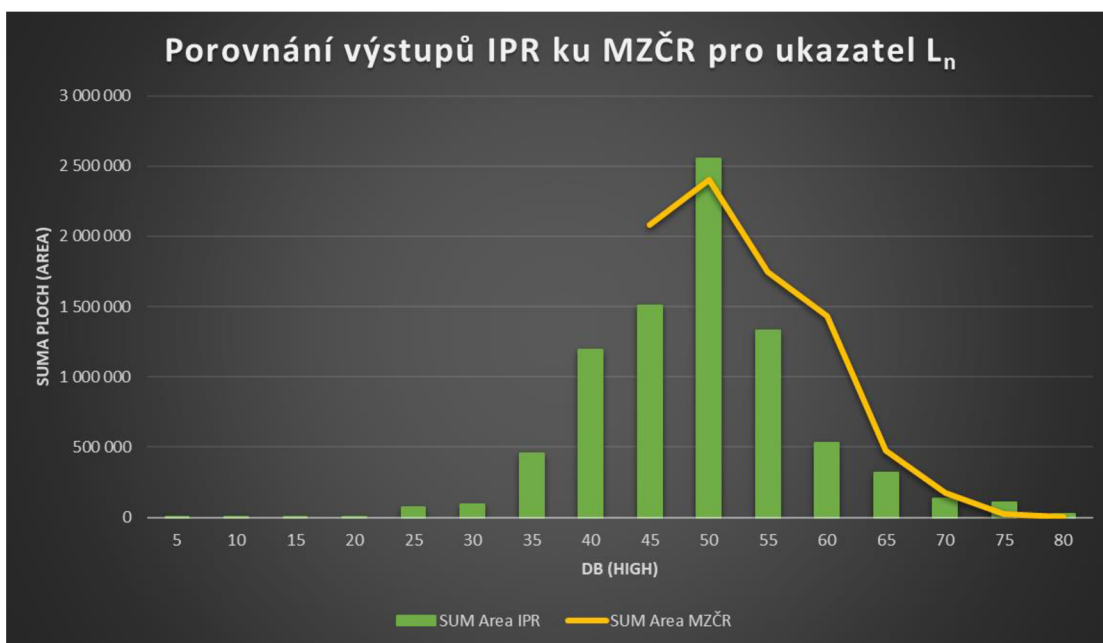
### 6.3. Příprava dat pro zpracování

Pro potřeby této práce byla využita vrstva aglomerace od MZČR, neboť odpovídá z pohledu zdrojů hluku nejvíce mapě od IPR Praha. Data od MZČR obsahují informace o intenzitě hluku ze železniční dopravy, silniční dopravy, průmyslu a letecké dopravy. Data od IPR obsahují informace o intenzitě hluku ze železniční, silniční a tramvajové dopravy. Na *obrázku 13* jsou mapy znázorňující hlukovou intenzitu pro ukazatel  $L_n$ . Jak je na obrázku vidět, vstupní data nepokrývají celé území a bylo nutné provést úpravu dat, aby bylo možné jejich následné porovnání.



Obrázek 13: Hluková mapa pro ukazatel  $L_n$  ze zdroje (a) IPR a (b) MZČR (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

Jelikož obě datové sady hlukových map mají nastavenou nejnižší hlukovou hladinu rozdílně<sup>28</sup> (IPR Praha má nejnižší interval 0–5 dB pro den i noc, MZČR má nejnižší hranici<sup>29</sup> 55 dB pro den a 45 dB pro noc) a rovněž plochy s údaji o hlukové intenzitě jsou rozdílné, bylo třeba obě sady dat sjednotit. Předpoklad byl, že bílá místa jsou místa, kde je hluková hladina nižší než 55 dB, resp. 45 dB<sup>30</sup>. Tento předpoklad potvrdil pracovník ZÚ Ostrava, který dále uvedl, že bílá místa mohou být rovněž místa pod budovami a mosty či akustické stíny (hodnota je nižší než stanovená minimální hladina). Nabízely se dvě možnosti sjednocení vstupních dat, buď vyplnit prázdná místa chybějícím intervalem, anebo oříznout vrstvy dat IPR Praha a MZČR podle chybějících dat a dále pracovat jen s daty v místech, které jsou k dispozici pro oba zdroje dat pouze pro intervaly od 40 dB, resp. 45 dB (hodnota DB Low, resp. DB High). Jako vhodnější se druhá možnost ořezu. Na *obrázku 14* je graf znázorňující porovnání hlukových hladin dat IPR Praha a MZČR vztažených k velikosti plochy zasažené danou intenzitou hluku.



Obrázek 14: Porovnání vstupních hlukových map ukazatele  $L_n$  podle velikosti plochy zasažené hlukem v jednotlivých hlukových hladinách (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

<sup>28</sup> Hodnoty DB Low a DB High.

<sup>29</sup> Pouze DB High.

<sup>30</sup> Chybějící intervaly: 0–50 dB ( $L_{den}$ ) a 0–40 dB ( $L_n$ ).

## 7 Popis vybrané oblasti

Katastrální území Radotín je tvořeno městskou částí Praha 16, má rozlohu 931 ha a nalézá se na jihozápadě Prahy. Radotínem procházejí tři poměrně frekventované silnice 4. třídy. Silnice 101 vedoucí přes Třebotov do Rudné a dalších přilehlých malých obcí a dále silnice 115 vedoucí do Černošic. Silnice 101 a 115 se sbíhají ve středu obce společně se silnicí 599, která směřuje na sever Radotína a dále se napojuje na rychlostní silnici<sup>31</sup> E50 (D0). Rychlostní silnice vede po mostní konstrukci nad katastrálním územím na jihovýchodě Radotína. Územím také prochází mezinárodní železniční trať vedoucí ze Smíchovského nádraží směrem na Černošice–Beroun–Plzeň a dále. Tato trať je velice vytížená v obou směrech, a to jak osobní, tak nákladní železniční dopravou. *Příloha 1* znázorňuje přesné umístění silnic, železnice a obytné zástavby. Ve vybrané oblasti nejedí tramvajová doprava a do území nezasahuje hluk z letiště.



Obrázek 15: Ulice Vypadová (žlutá) a průmyslová oblast Radotína (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

Z pohledu potenciálních zdrojů hluku se na území vyskytují průmyslové oblasti jako cementárna, zpracovatelé a prodejci hutního materiálu či distribuční centrum pivovaru (viz obrázek 15). Dále jsou zde lomy (viz obrázek 16) na cementářské suroviny (lom Hvíždalka, lom Špička) a malý lom na těžbu mramoru (lom Cikánka).<sup>32</sup>

<sup>31</sup> Silnice 2. třídy.

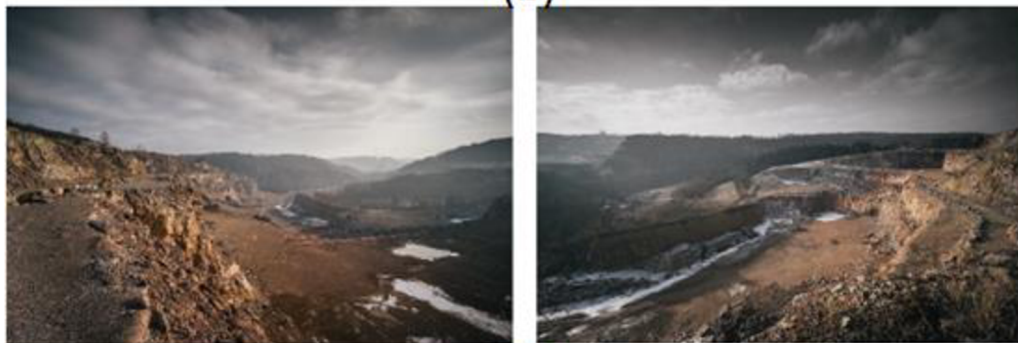
<sup>32</sup> <https://mistamehomesta.cz/cementarna-radotinske-lomy/>.



(a)



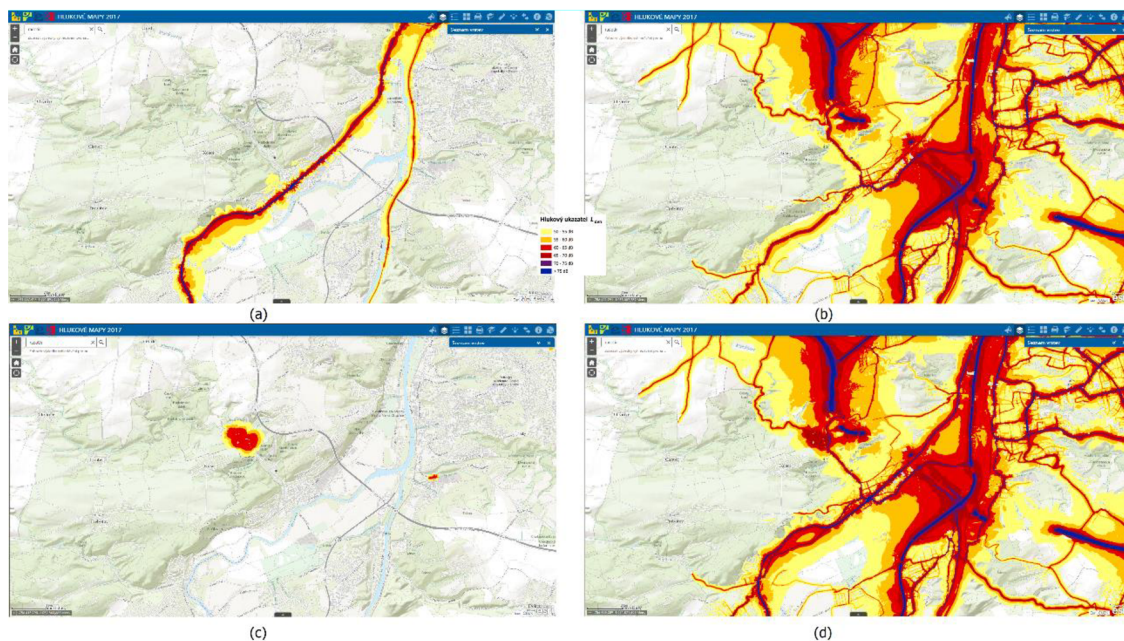
(b)



(c)

Obrázek 16: (a) Lom Cikánka, (b) lom Hvízdalka, (c) lom Špička (Místa mého města, ©2015–2022).

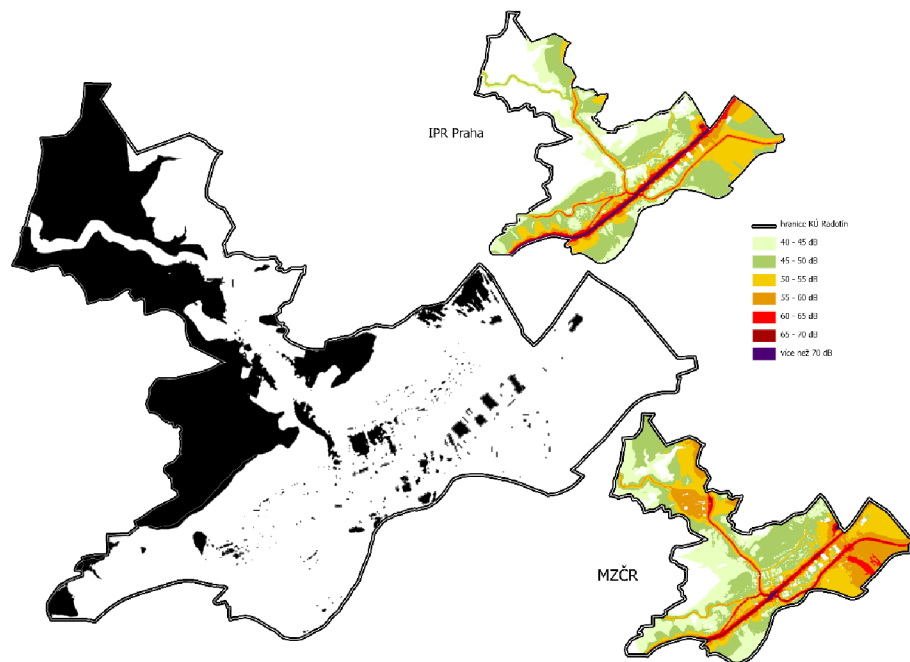
Na obrázku 17 jsou zobrazeny SHM pro jednotlivé zdroje hluku tak, jak jsou uvedeny na geoportálu MZČR pro vybranou oblast.



Obrázek 17: Radotín podle jednotlivých zdrojů hluku pro ukazatel  $L_{den}$  (a) železnice, (b) silnice a tramvaje, (c) průmysl, (d) aglomerace celek (MZČR, ©2017).

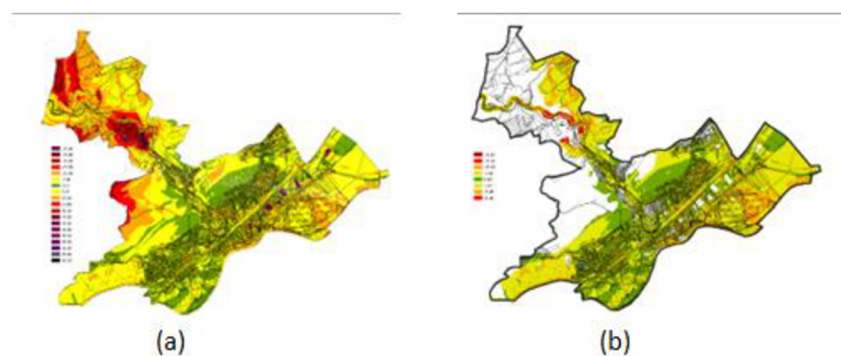
## 8 Práce s daty

Jak již bylo popsáno v podkapitole 6.3, byly datové sady upraveny. Z obou datových sad byla odstraněna místa, kde chyběly hodnoty v jedné z datových sad. Z těchto míst u hlukových map byla vytvořena polygonová vrstva a podle ní byly následně ořezány obě datové hlukové sady. Aby byly vrstvy lépe porovnatelné, byla vytvořena pravidelná síť o velikosti  $10 \times 10$  m (Fishnet). Tak byla získána souvislá, pravidelná výplň pro dané katastrální území a bylo možné porovnání obou vrstev mezi sebou. Na *obrázku 18* a podrobněji v *příloze 3* jsou znázorněna místa, se kterými se dále již nepočítá, neboť pro daná místa nejsou k dispozici hodnoty současně v obou datových hlukových sadách. V *příloze 2* je kompletní model práce s daty v programovacím jazyku Python.



Obrázek 18: Zobrazení míst bez hodnoty hluku v datových sadách IPR Praha nebo MZČR pro ukazatel  $L_n$  (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

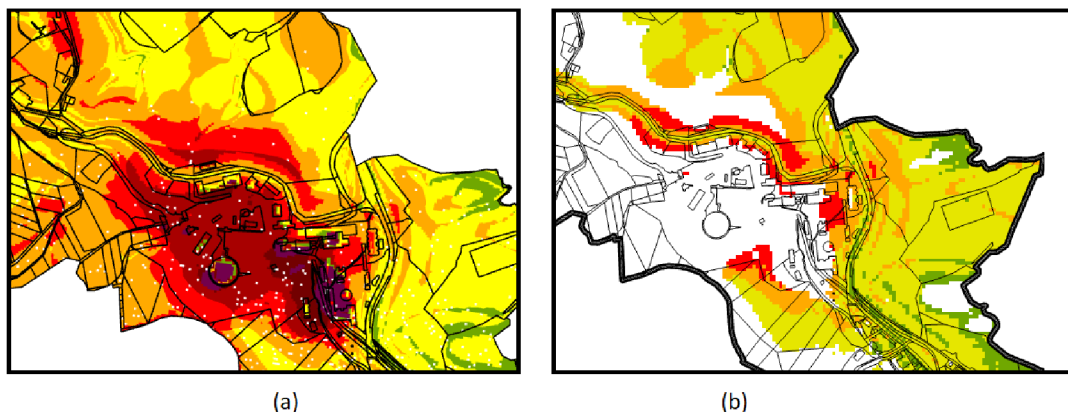
Dalším krokem bylo takto upravená data od sebe odečíst a získat hodnotu změny. Jelikož se jednalo o vrstvy od rozdílných zpracovatelů, kde každý zvolil jinou metodu výpočtu a jiné výpočtové body, byl zvolen postup uvedený v příloze 2. Při výpočtech bylo pracováno s horní hranicí jednotlivých intervalů, tedy s DB\_High, resp. DB\_HI. Velikost rastru byla zvolena 10 m, neboť u dat MZČR byla síť výpočtových bodů po 10 m. U dat IPR tato informace uvedena nebyla. Rozdíl ve vstupních datech je rovněž také v nezapočítání hluku z průmyslu, na rozdíl od dat z MZČR ve vrstvě IPR Praha zahrnul pouze hluk z pozemní dopravy. Obrázek 19 znázorňuje místa s největšími vizuálními rozdíly obou vrstev, tedy vrstvy od MZČR, resp. IPR Praha pro ukazatel  $L_n$ , přičemž je zde porovnání varianty s doplněním intervalu na celém území (a) a zvolenou variantou ořezu a sjednocení intervalu (b).



Obrázek 19: Vizuální porovnání rozdílů hlukových map MZČR a IPR Praha pro ukazatel  $L_n$ : (a) varianta doplnění intervalu na celé území, (b) varianta ořezu a sjednocení intervalů (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).



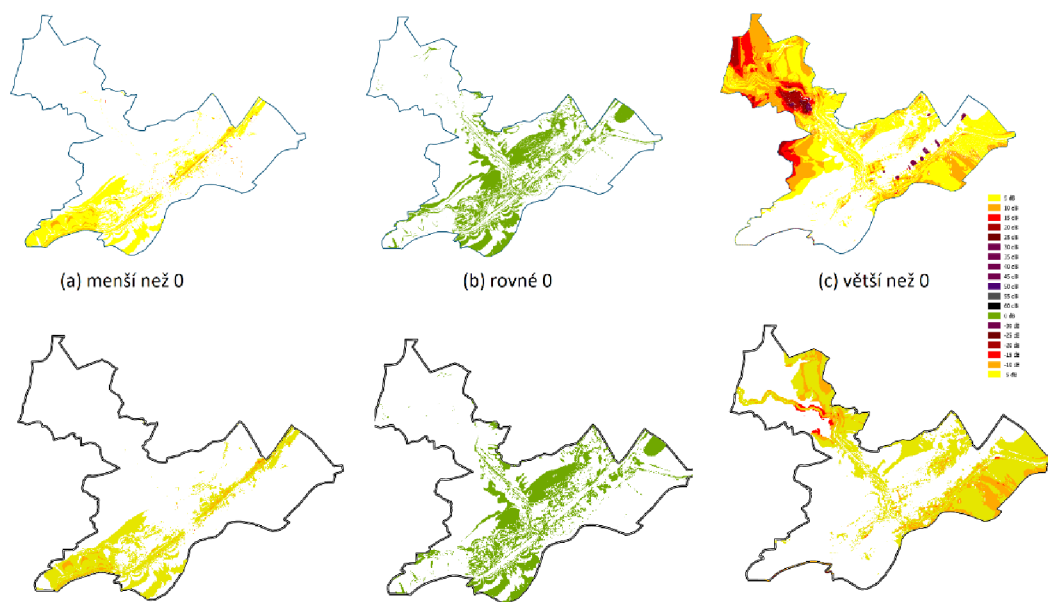
V příloze 4a je rozdíl hlukových map MZČR a IPR Praha, a to varianta ořezu. V příloze 4b je rozdílová mapa pro variantu doplnění intervalu na celé území. Obrázek 20 znázorňuje stejné místo s nevyššími rozdíly pro obě varianty úprav. Na snímku (a) je vidět, že největší rozdíl se nachází v místě cementárny (průmysl), na snímku (b) je toto místo bílé. Velký rozdíl je zde patrný podél vedlejší komunikace.



Obrázek 20: Oblast s největším rozdílem mezi daty MZČR a IPR Praha pro ukazatel  $L_p$ : (a) varianta doplnění intervalu na celé území, (b) varianta ořezu (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

Zelené plochy označující místa se shodnou hlukovou hladinou obou vstupních vrstev (rozdíl hlukových hladin DB\_HIGH byl roven 0). Žluté plochy označují místa, kde se hladina lišila o 5 dB. Oranžové a červené plochy jsou pak s rozdílem větším než 10 dB. Bílé plochy znázorňují absenci hodnot alespoň v jednom ze zdrojů. Tabulka, jenž je součástí přílohy 4a, rovněž ukazuje, kolik buněk je v jednotlivých kategoriích zastoupeno.

Na obrázku 21 jsou vidět změny podle toho, zda je změna při porovnání dat MZČR vůči datům IPR Praha větší než 0 (data MZČR jsou oproti IPR Praha nadhodnocená), rovna 0, či je menší než 0.



Obrázek 21: Rozdíly při porovnání hlukových map u ukazatele  $L_n$ : varianta doplnění intervalu na celé území (nahore), varianta ořez a sjednocení intervalů (dole) (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

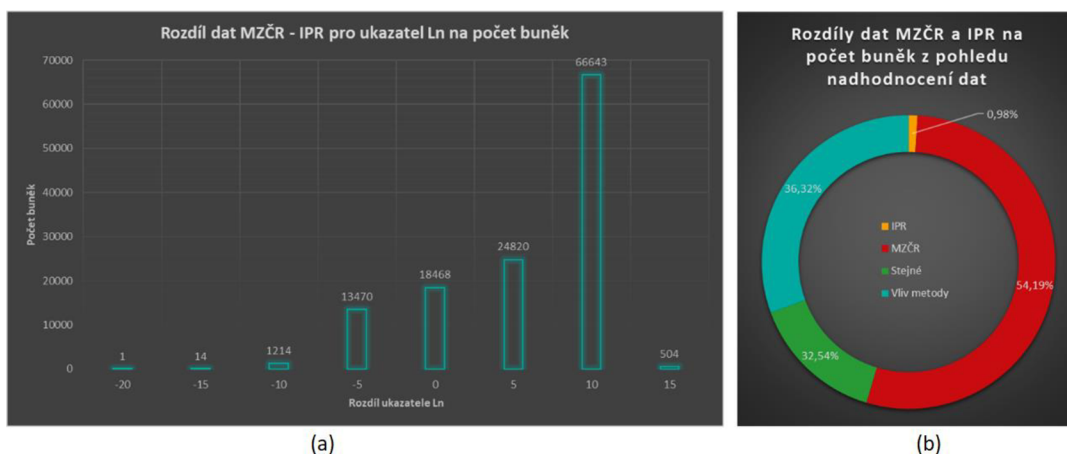
## VÝSTUPY

### 9 Výsledky a zhodnocení

Největší rozdíl u ukazatele  $L_n$  se nacházel na severu Radotína v blízkosti lomů Hvízďalka a Špička a dále u cementárny, přičemž hluk z ní je započítán do hlukové mapy MZČR celé aglomerace, avšak není již zahrnut do hlukové mapy IPR Praha. Další oblasti s vysokými rozdíly mezi daty se vyskytují v okolí průmyslových oblastí na jihovýchodě (prodej hutních materiálů Kondor, distribuční centrum pivovaru Staropramen, strojírenská společnost zpracovávající ocel Schäfer-Menk a jiné) a dále pak mezi některými budovami mimo silnice 2. a 4. třídy v rámci uliční sítě.

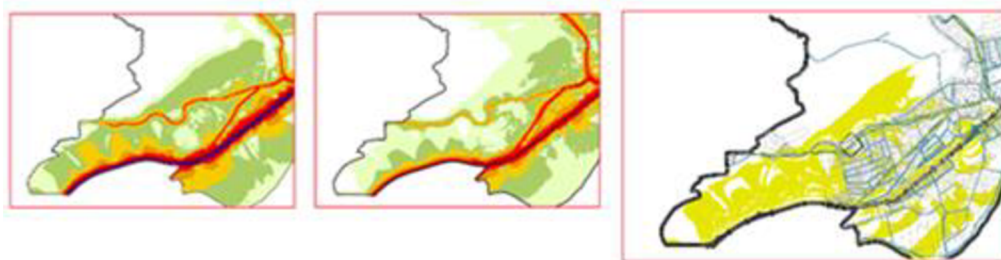
#### 9.1. Nadhodnocená a podhodnocená hluková mapa

V příloze 5a jsou prezentovány podrobnější výsledky rozdílů obou vstupních hlukových map, a to pouze varianta s ořezem ploch chybějících dat jedné ze vstupních hlukových sad. Jak je vidět na obrázku 22, ve více než 32 % nebyl žádný rozdíl mezi oběma vstupy, u obou zdrojů hlukových dat byla hluková hladina v daném místě shodná. U více než 36 % bodů byl rozdíl  $\pm 5$  dB. EEA (©2020a) uvádí, že používání různých metod, které využívají různé vstupní předpoklady a parametry, může vést k rozdílům až 5–10 dB mezi výpočty. Z dat jasně vyplynulo, že datová sada od MZČR byla spíše **nadhodnocená** oproti IPR Praha, neboť u více jak 54 % bodů byl rozdíl větší než 5 dB a pouze u necelého 1 % byl rozdíl menší než 5 dB. Jelikož v této práci nejsou použita data výpočtů hlukových map, avšak pouze polygonové vrstvy, jsou výsledky skutečně jen orientační. Rozdíl 5 dB může být způsoben mimo jiné chybou samotného měření či odečtem nezdrojových dat. V grafu je proto tento rozdíl dán do kategorie Vliv metody.



Obrázek 22: Rozložení dat výpočtu (a) rozdílu MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  ve vztahu k počtu buněk, (b) Rozdíl u dat MZČR a IPR z pohledu nadhodnocení dat (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

V příloze 5b je mapa znázorňující místa, která byla nadhodnocena v datové sadě IPR Praha oproti MZČR a rozdíl byl více než 10 dB, tj. rozdíl -20 dB a -15 dB. Jedná se o velice málo míst, která spíše naznačují drobné nepřesnosti při výpočtu, případně při vykreslování dat pomocí izopásem, které se však dají očekávat. Příloha 5c znázorňuje místa, kde je rozdíl mezi vstupními daty -10 dB a kde byla data od MZČR **podhodnocena** oproti datům od IPR Praha. Zde je viditelné, že rozdíl kopíruje železniční trať. Na jihozápadě území Radotína se nachází přírodní rezervace Staňkovka a chráněná krajinná oblast Český kras, zde mohou být rozdíly způsobeny výpočtem hluku ze železniční dopravy (obrázek 23).



Obrázek 23: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl -5 dB (vpravo) – železnice na jihozápadě Radotína (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

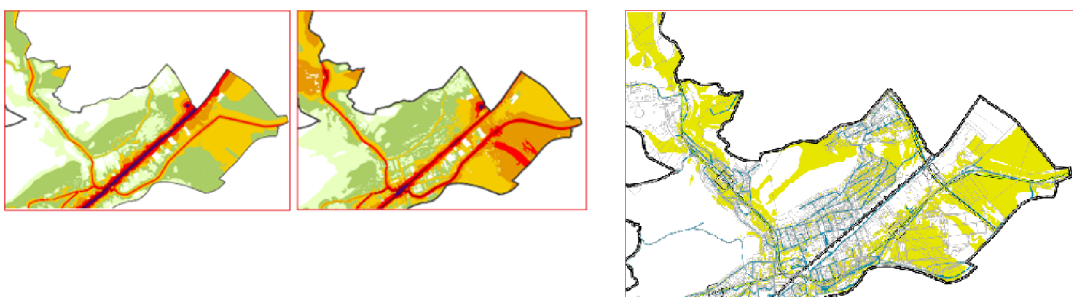
Rozdíl -5 dB je znázorněn v příloze 5d, kde je vidět, že část dat kopíruje železnici obdobně jako tomu bylo v případě rozdílu -10 dB. Změna může být rovněž způsobena výpočtem hluku ze železniční dopravy a způsobem jeho šíření dále v prostoru. Příloha 5e znázorňuje místa, kde byla hodnota buňky stejná u obou vstupních dat. Nadhodnocení v datové sadě MZČR oproti IPR Praha s rozdílem více než 5 dB je dále znázorněno v příloze 5f až příloze 5h. Na severu Radotína (viz obrázek 24) je změna 5 dB pravděpodobně způsobena nezapočítáním hluku z průmyslu

(cementárna a lomy) do dat IPR Praha, a tedy data MZČR se v tomto zdají nadhodnocená.

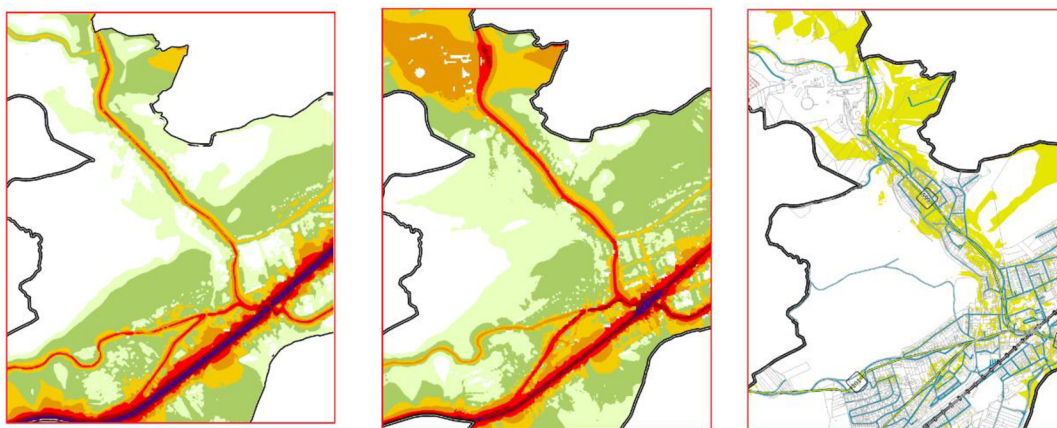


Obrázek 24: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl 5 dB (vpravo) – průmysl na severu Radotína (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

Výrazný rozdíl je také vidět na jihozápadě okolo silnice 115 a rychlostní silnice R1 (viz obrázek 25) a dále silnice 599 vedoucí na sever Radotína (viz obrázek 26).



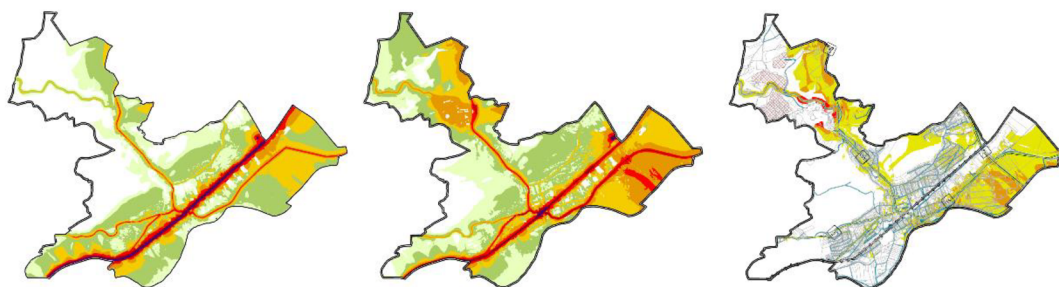
Obrázek 25: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl 5 dB (vpravo) – silnice 115 a R1 na západě Radotína (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).



Obrázek 26: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl 5 dB (vpravo) – silnice 599 (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

Výrazný rozdíl je také vidět na jihozápadě okolo silnice 115 a rychlostní silnice R1 (viz obrázek 25) a dále silnice 599 vedoucí na sever obce (viz obrázek 26). Obdobně jako je tomu u rozdílu 5 dB, tak i v případě rozdílu 10 dB se jedná o oblasti okolo silnice 115, 599 a rychlostní silnice R1, jak je vidět na obrázku 27 a podrobněji

v příloze 5g. V případě rozdílu 15 dB se jedná o oblast okolo cementárny, jak je lépe vidět v příloze 5h.



Obrázek 27: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl 5, 10 a 15 dB (vpravo) – průmysl a silnice (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

## 9.2. Rozdíl u silnic, železnic a zastavěných oblastí

Zhodnocení **rozdílu intenzity hluku u silnic, železnic a zastavěných oblastí** je součástí *přílohy 6a až přílohy 6c*. Jak již bylo uvedeno v kapitole 7, Radotínem probíhá několik velice frekventovaných silnic. Z pohledu rozdílu intenzity hluku mezi oběma vstupy nebyl u **silnic** zjištěn rozdíl více než 5 dB. Významnější rozdíl je pouze na severu území na vedlejší silnici okolo cementárny, který může být způsoben absencí započítání hluku z průmyslu v mapě IPR Praha. Obdobně je tomu na jihovýchodě území<sup>33</sup>, kde jsou další průmyslové budovy. Podél **železniční** tratě nejsou rozdíly mezi oběma zdroji nikterak významné<sup>34</sup>, avšak v některých částech podél tratě je rozdíl i 10 dB, a to nejčastěji v části před nádražím (ze směru od Prahy) a dále před železničním přejezdem směrem od Černošic (podél hranice katastrálního území). **Obytná zástavba** se nachází v blízkosti železniční tratě a silnic 101, 115 a 599, nejsou zde patrné výrazné rozdíly mezi oběma vstupními sadami. Nejčastěji se jedná o rozdíl 5 dB a v ojedinělých případech 10 až 15 dB, avšak jedná se pouze velmi malé plochy.

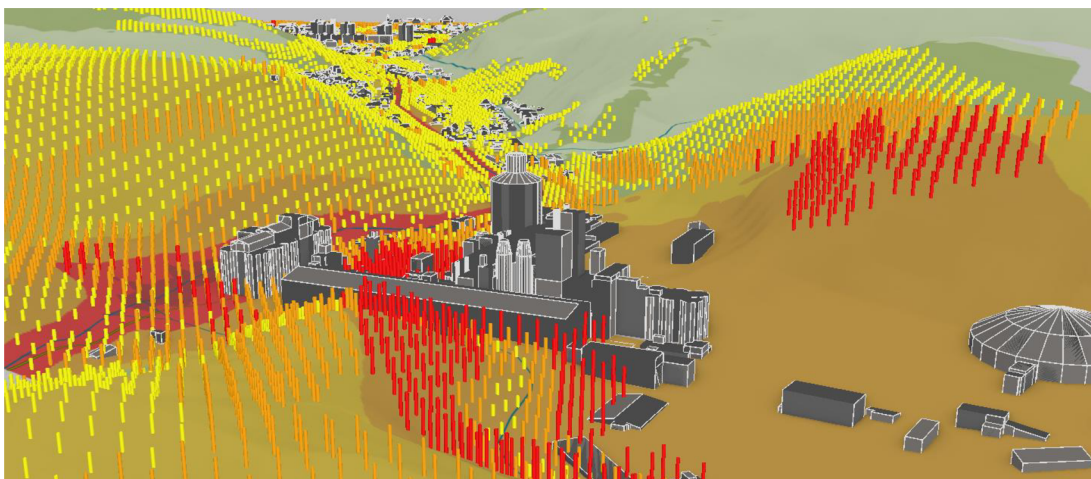
## 9.3. Prezentace ve 2D a 3D

Oproti **2D** zobrazení, kterým se zabývala podkapitola 9.1 a 9.2, je prezentace dat ve 3D rozšířena o vizuální informaci o výšce terénu a zástavby. Je však mnohem náročnější na technické vybavení, a tím rovněž na čas vykreslování jednotlivých vrstev. Přestože je skvělá v zobrazení samotného prostoru, je úměrně tomu zhoršena

<sup>33</sup> Nejčastěji rozdíl 5 dB (data IPR Praha se jeví, že jsou podhodnoceny oproti datům od MZČR pro zdroj hluku ze silniční dopravy).

<sup>34</sup> Nejčastěji rozdíl -5 dB (data MZČR se jeví, že jsou podhodnoceny oproti datům od IPR Praha pro zdroj hluku ze železniční dopravy).

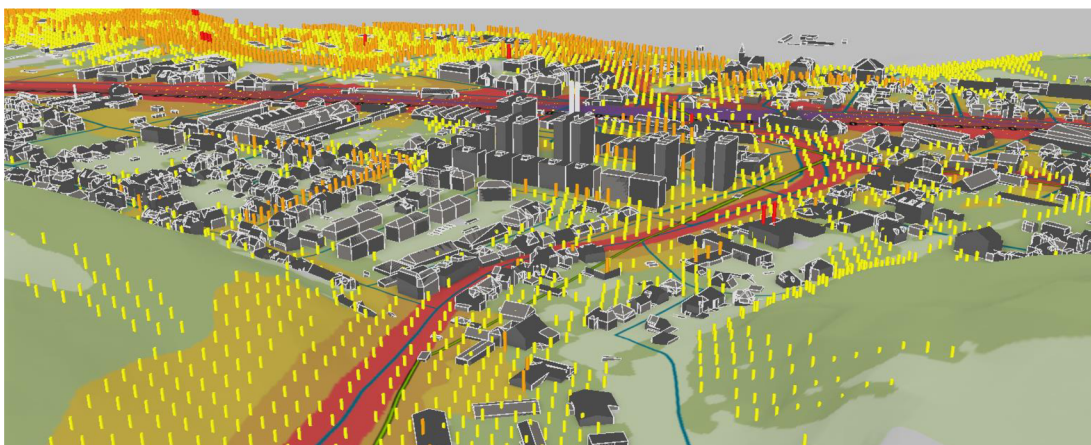
podrobná interpretace dat, například překrývání objektů či rozdílné vnímání hodnoty třetího rozměru. Pro prezentaci v podobě statických obrázků je nutné zvolit vhodný způsob a úhel zobrazení dat tak, aby byla informace čitelná a srozumitelná, neboť kvůli překrývání jednotlivých objektů může být informace hůře čitelná. Na *obrázku 28* a *obrázku 29* je rozdíl obou vstupních hlukových map ve 3D modelu Prahy-Radotína. Mapa obsahuje jako podkladovou mapu hlukovou mapu MZČR a dále vrstvu silnic, železnice a uliční síť. U podkladové hlukové mapy byla snížena průhlednost na 35 %, aby bodová vrstva rozdílů<sup>35</sup> byla lépe čitelná. Bodová vrstva byla zobrazena ve **3D**, kde výška bodu<sup>36</sup> (v metrech) je závislá na hodnotě rozdílu v dB. V místech s kladným rozdílem jsou místa snadno rozpoznatelná, a jak bylo uvedeno v podkapitole 9.1, je zde mapa IPR Praha podhodnocena (příp. mapa MZČR nadhodnocena). *Obrázek 30* znázorňuje záporný rozdíl obou hlukových map, tj. místa, kde je mapa MZČR podhodnocená (příp. mapa IPR Praha nadhodnocená).



Obrázek 28: 3D zobrazení rozdílu hlukových map s podkladovou hlukovou mapou MZČR pro ukazatel  $L_n$  (cementárna se zobrazením kladných hodnot rozdílu) (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

<sup>35</sup> Výstupní rastr byl převeden na body, kde bod je střed čtverce rastru.

<sup>36</sup> S nastavením Extrusion na Base Height.



Obrázek 29: 3D zobrazení rozdílů hlukových map s podkladovou hlukovou mapou MZČR pro ukazatel  $L_n$  (střed Radotína se zobrazením záporných hodnot rozdílů) (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).



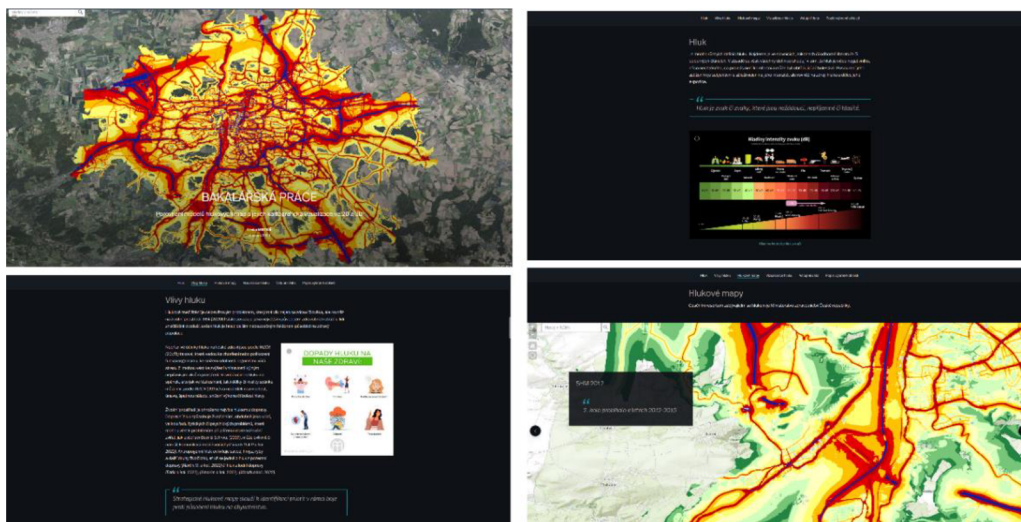
Obrázek 30: 3D zobrazení rozdílů hlukových map s podkladovou hlukovou mapou MZČR pro ukazatel  $L_n$  (střed Radotína se zobrazením záporných hodnot rozdílů) (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

Prezentace dat ve 3D je úzce propojena s webovou kartografií, neboť díky ní lze naplno využít všech možností a potenciálu 3D zobrazení.

## 9.4. Prezentace za použití webové kartografie

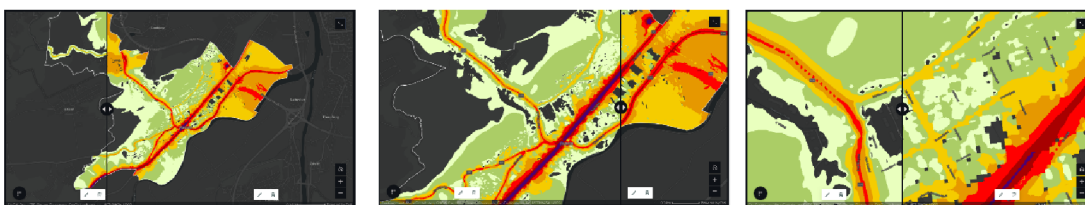
Story Maps, jako jeden z možných nástrojů **webové kartografie**, umožnila prezentovat celou tuto bakalářskou práci a všechny vstupy i výstupy. Největší předností webové kartografie jsou bezesporu interaktivní mapy, které umožňují každému uživateli detailně si mapy prohlížet, libovolně přibližovat či posouvat. Součástí aplikace Story Maps od ESRI je mnoho zajímavých nástrojů, funkcí a možností nastavení. Obdobně jako textový soubor lze rozdělit do kapitol či webová stránka lze členit do sekcí, tak Story Maps lze rozčlenit do sekcí/kapitol, kde je pak dále možné zobrazovat texty, samostatné obrázky, animace (videa) či **prezentace obrázků s doprovodnými texty** (viz obrázek 31).



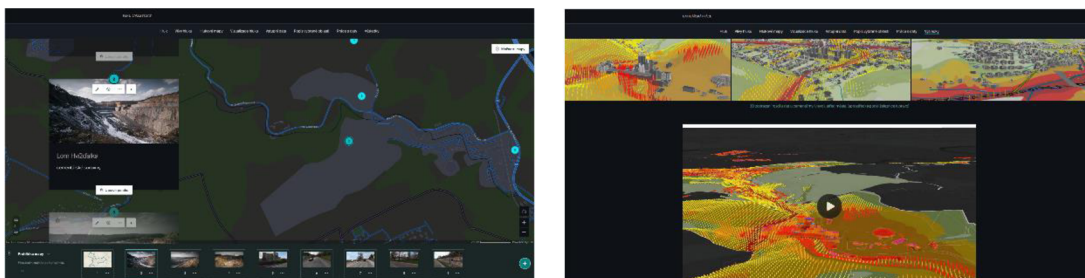


Obrázek 31: Story Mapa (možnosti zobrazení textu s obrázky a prezentaci obrázků s doprovodnými texty) (vlastní zpracování v ArcGIS).

Velmi zajímavým nástrojem je posuvník (**Swipe**), jenž umožňuje interaktivní vertikální porovnání obsahu 2 map mezi sebou viz *obrázek 32*. Výhodou je, že lze oba zdroje synchronizovat, a tedy v případě posunutí či přiblížení se změna projeví v obou mapách zároveň. Další z použitých způsobů prezentace je **prohlídka mapy**, kde je možné k vybraným bodům doplnit obrázky a popisky či delší texty (viz *obrázek 33*). Kromě vkládání **obrázků** byla využita rovněž funkce vložení **animace/video** namísto zobrazení interaktivní 3D scény), neboť byl problém s převedením 3D modelu Prahy s budovami od IPR Praha do ArcGIS Online. V aplikaci je možné prezentovat jak interaktivní mapy ve 2D, tak i 3D.



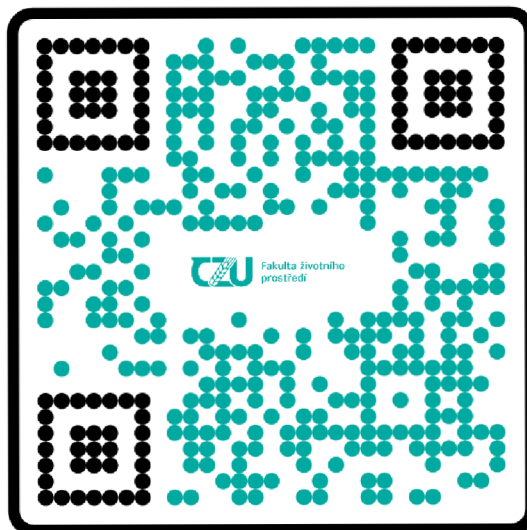
Obrázek 32: Story Mapa (Swipe – porovnání 2 map) (vlastní zpracování v ArcGIS).



Obrázek 33: Story Mapa (prohlídka s obrázky a video) (vlastní zpracování v ArcGIS).

Celá **Story Mapa** je k dispozici na odkaze uvedeném na *obrázku 34*.

BP Story Maps



Obrázek 34: QR kód na stránku Story Mapy k BP (vlastní zpracování v [me-qr.com](https://me-qr.com)).

## 10 Diskuse

Výstup této práce sice úplně neodpovídá mému původnímu záměru porovnat dvě strategické hlukové mapy, neboť ke dni 25. 2. 2023 bohužel nebyly hlukové mapy 4. kola SHM zveřejněny. Porovnání posledních dvou mapování by bylo velice zajímavé a z mého pohledu lépe porovnatelné i přes rozdílnou metodologii použitou při zpracování map. Obě vstupní hlukové vrstvy, na nichž je postavena tato práce, jsou neporovnatelné, neboť jsou vypočítány každá jinou metodou, výpočtové body byly jiné, volba zpracování jednotlivých ukazatelů je odlišná a dále zdroje hluku byly pojaty místy odlišně. Další argument týkající se neporovnatelnosti dostupných vstupních dat je ten, že obě hlukové mapy jsou pouze obrazem vypočtených hodnot, je proto pravděpodobné zkreslení původních hodnot. I přesto jsem s výsledky práce spokojena. Výstupy sice vyžadují v tomto případě komentář, avšak umím si představit, že v případě porovnání dvou strategických hlukových map by výsledek hovořil sám za sebe a komentáře by byly nutné jen v jednotkách konkrétních případů. Rovněž vznikla práce, která popisuje problematiku strategických hlukových map a navrhuje další pohled na hluková data.

Na začátku jsem se zabývala otázkou, k čemu a pro koho by měla být vizualizace hlukových map či rozdílů hlukových map ve 3D určena, a dále pro koho by některá z 3D vizualizací měla mít přidanou hodnotu. Nejlépe se jeví právě možnost kombinace metod zobrazení dat a možnost webové prezentace dat. Konkrétní vizualizace by však bylo nutné otestovat na vybrané skupině lidí, a to jak kartografů, tak “nekartografů” a získat od respondentů zpětnou vazbu obdobně jako u Popelky (2015). Přestože je vizualizace ve 3D mnohem zajímavější, může být pro laika velice těžká interpretace dat, například různé pojetí souřadnice [z] u modelu Prahy a u vizualizace rozdílů hluku. Možná by byla vizualizace pouze znázornění rozdílů hluku kopírující terén vhodnější, avšak to by ukázalo až otestování.

Jelikož je pořízení SHM velice nákladné<sup>37</sup>, je nasnadě otázka, zda by toto rozsáhlé dílo nemohlo být využito ještě jiným způsobem. Fries z MZČR (©2020) prezentoval pro asociaci Národní sítě Zdravých měst ČR, že SHM lze využít při stavbě rodinného domu jako přílohu pro projektovou dokumentaci bez nutnosti dokládání hlukové studie krajským hygienickým stanicím. V praxi se této možnosti však nevyužívá, neboť tento výstup nepovažují hygienické stanice za adekvátní náhradu za akustickou studii.

---

<sup>37</sup> 2. kolo SHM stálo celkem, včetně vizualizace (bez aglomerace Praha), necelých 14 mil. Kč bez DPH; ceny pro ostatní kola SHM nejsou volně k dispozici.

Je mi líto, že zpracovatel hlukových map nevyužil potenciálu GIS technologií, které již v době vizualizace 3. kola byly k dispozici například pro porovnání 2 výstupů z jednotlivých kol mapování. I když jsou výstupy neporovnatelné kvůli rozdílné metodice, laická veřejnost by toto dle mého názoru uvítala. Výstupy v podobě intervalů hlukových ukazatelů nemohou být natolik odlišné pro různé metody, že by nemohlo být provedeno porovnání 3. a 4. kola SHM. Něco obdobného by se dělat mělo, když se vytvářejí akční plány a stanovují se priority jednotlivých oblastí, kde je hluk nad stanovenou hranici nebo je zde velkým hlukem exponováno velké množství obyvatel.

Vzhledem k možnostem rozsahu této práce zde není řešeno určení hranice a následné zobrazení závažných změn hlukových hladin, tj. kdy došlo k překročení hranice z „dobré“ hladiny do „špatné“, kdy došlo ke zhoršení stavu, anebo k pozitivní změně, např. snížení ze „špatné“ do „dobré“ hladiny, případně kde byla realizována hluková opatření (a jaká to byla), která však neměla kýžený efekt. Zde vidím velký potenciál v komunikaci s veřejností ohledně informování o realizaci a úspěšnosti či neúspěšnosti opatření, a to rovněž ve vztahu k financování z veřejných zdrojů (státního rozpočtu či evropských fondů).

## 11 Závěr

Byla porovnána strategická hluková mapa od Ministerstva zdravotnictví ČR z 3. kola hlukového mapování s hlukovou mapou od Institutu plánování a rozvoje hlavního města Prahy. Při porovnání obou vstupních hlukových map je evidentní absence průmyslového hluku v mapě od IPR Praha. Rovněž je zde patrný rozdíl u hluku ze železniční dopravy, kde se zdá, že je hluková mapa od ministerstva nadhodnocena oproti hlukové mapě z druhého zdroje. Rozdíl obou vstupních map byl vizualizován ve 2D a 3D za využití nástrojů jak pro „analogovou“ kartografii, tak rovněž webovou kartografii prostřednictvím Story Mapy. Pro 2D zobrazení byl použit kartogram v pravidelném rastru. U zobrazení 3D bylo zvoleno bodové zobrazení hodnot z pravidelného rastru a souřadnice [z] vychází z hodnot rozdílu dB<sup>38</sup>.

Vytyčené cíle byly splněny, avšak původní idea o výsledku práce nebyla zcela naplněna, neboť nebylo možné získat jako druhý mapový zdroj strategickou hlukovou mapu ze 4. kola mapování. Porovnány byly mapy ze stejného období, které byly pořízeny různými zpracovateli na základě různých požadavků na výstup. Nejzajímavější výsledky by však byly získány v případě porovnání dvou hlukových mapování mezi sebou, a tím získat informace o případných změnách v čase po zavedení hlukových opatření. Rovněž by bylo zajímavé získat zpětnou vazbu na různé způsoby vizualizace hlukových dat ze strany odborné i laické veřejnosti.

---

<sup>38</sup> Se zvolenou jednotkou zobrazení v metrech.

## 12 Seznam použité literatury

### Legislativa

- [1] Commission recommendation **2003/613/ES**, concerning the guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road traffic noise and railway noise, and related emission data.
- [2] Nařízení vlády č. **272/2011 Sb.**, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění Nařízení vlády č. 217/2016 Sb. a Nařízení vlády č. 241/2018 Sb.
- [3] Směrnice Evropského parlamentu a Rady **2002/49/ES** o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí.
- [4] Směrnice Komise (EU) **2015/996**, o stanovení společných metod hodnocení hluku podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES.
- [5] Smlouva o založení Evropského společenství (konsolidované znění 2002) **2002/C 325/01**.
- [6] Vyhláška č. **315/2018 Sb.**, o strategickém hlukovém mapování, v platném znění.
- [7] Zákon č. **258/2000 Sb.**, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů.

### Ostatní zdroje

- [8] **ABDUL-RAHMAN A., PILOUK M.**, 2007: Spatial Data Modeling for 3D GIS. Springer Science and Business Media. Berlin, 287 s.
- [9] **AMORIM M. C. P., VIEIRA M., MEIRELES G., NOVAIS S. C., LEMOS M. F. L., MODESTO T., ALVES D., ZUAZU A., LOPES A. F., MATOS A. B., FONSECA P. J.**, 2022: Boat noise impacts Lusitanian toadfish breeding males and reproductive outcome. Science of The Total Environment, Volume 830, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154735.
- [10] **ArcDATA Praha**, ©2022: Aplikace ArcGIS (online) [cit.2022.06.10], dostupné z <<https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis/aplikace-arcgis>>
- [11] **BERAN D.**, 2018: Stanovení časově proměnné hlukové zátěže z dopravní intenzity. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra geomatiky, Plzeň. 84 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. Digitální knihovna ZČU Plzeň. (online), dostupné z <<https://otik.uk.zcu.cz/handle/11025/31483>>.

- [12] **BERAN D. a kol.**, 2021: The Third Dimension in Noise Visualization – a Design of New Methods for Continuous Phenomenon Visualization. The Cartographic Journal, S. 1-17, DOI:10.1080/00087041.2021.1889450.
- [13] **BERAN V.**, 2010: Chvění a hluk. Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň. 204 s.
- [14] **CAI Y., ZIJLEMA W. L., SØRGJERD E. P., DOIRON D., de HOOGH K., HODGSON S., WOLFFENBUTTEL B., GULLIVER J., HANSELL A. L., NIEUWENGUIJSEN M., RAHIMI K., KVALØY K.**, 2020: Impact of road traffic noise on obesity measures: Observational study of three European cohorts. Environmental Research, Volume 191, DOI: 10.1016/j.envres.2020.110013.
- [15] **Cambridge Dictionary**, ©2022: Noise (online) [cit.2022.06.08], dostupné z <<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/noise>>.
- [16] **denBOER L. C., SCHROTEN A.**, ©2007: Traffic noise reduction in Europe. T&E Brussels: CE Delft (online) [cit.2022.11.24], dostupné z <[https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/05/2008-02\\_traffic\\_noise\\_ce\\_delft\\_report.pdf](https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/05/2008-02_traffic_noise_ce_delft_report.pdf)>.
- [17] **DUDA P.**, 2009: Kartografická vizualizace hluku. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Geografický ústav, Brno. 88 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. IS MUNI Brno. (online), dostupné z <<https://is.muni.cz/th/nlmpn/>>.
- [18] **Encyklopedie fyziky**, ©2023: Akustika a její dělení (online) [cit.2023.01.20], dostupné z <http://fyzika.jreichl.com/main/article/view/214-akustika-a-jeji-deleni>
- [19] **EEA**, 2020a: Environmental noise in Europe – 2020. European Environment Agency. 100 s. DOI: 10.2800/686249.
- [20] **EEA**, ©2020b: Hlukové znečištění představuje závažný problém, a to jak pro lidské zdraví, tak pro životní prostředí. European Environment Agency. (online) [cit.2022.11.24], dostupné z <[https://www.eea.europa.eu/ds\\_resolveuid/a79db279ea56476d8de032b1a63c70f3](https://www.eea.europa.eu/ds_resolveuid/a79db279ea56476d8de032b1a63c70f3)>.
- [21] **EKOSOFTWARE**, ©2016a: Tónová složka hluku (online) [cit.2022.08.29], dostupné z <<https://www.ekosoftware.cz/tonova-slozka-hluku>>.
- [22] **EKOSOFTWARE**, ©2016b: Snížení hluku s tónovou složkou (online) [cit.2022.08.29], dostupné z <https://www.ekosoftware.cz/snizeni-hluku-s-tonovou-slozkou>.
- [23] **ESRI**, ©2016: What is raster data? (online) [cit.2023.01.27], dostupné z <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>>.

- [24] **EUR-Lex**, ©2023: Future Noise Policy, European Commission Green Paper (online) [cit.2023.01.24], dostupné z: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwju6Y6e09\\_8AhVdQ\\_EDHbHrAPwQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Feur-lex.europa.eu%2FLEXUriServ%2FLEXUriServ.do%3Furi%3DCOM%3A1996%3A0540%3AFIN%3AEN%3APDF&usq=AOvVaw1aKw-rA5ocbU1L1fNDYcQH](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwju6Y6e09_8AhVdQ_EDHbHrAPwQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Feur-lex.europa.eu%2FLEXUriServ%2FLEXUriServ.do%3Furi%3DCOM%3A1996%3A0540%3AFIN%3AEN%3APDF&usq=AOvVaw1aKw-rA5ocbU1L1fNDYcQH).
- [25] **FARIA A., FONSECA P. J., VIEIRA M., ALVES L. M. F., LEMOS M. F. L., NOVAIS S. C., MATOS A. B., VIEIRA D., AMORIM M. C. P.**, 2022: Boat noise impacts early life stages in the Lusitanian toadfish: A field experiment. *Science of The Total Environment*, Volume 811. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.151367.
- [26] **FIELD K.**, 2018: *Cartography*. ESRI Press. California, 549 s.
- [27] **FRIES O.**, ©2020: Hlukové mapy a jejich využití v prostředí měst a regionů (online) [cit.2022.07.14], dostupné z <https://docplayer.cz/200984522-Hlukove-mapy-a-jejich-vyuziti-v-prostredi-mest-a-regionu-skola-zdravych-mest.html>
- [28] **GATALSKY P., ANDRIENKO N., ANDRIENKO G.**, 2004: Interactive Analysis of Event Data Using Space-Time Cube. *Proceedings of 8th International Conference on Information Visualization*. S. 145–152. DOI: 10.1109/IV.2004.1320137.
- [29] **GISGeography**, ©2022: Space-Time Cubes: Stack Time Like Lego (online) [cit.2022.07.07], dostupné z <https://gisgeography.com/space-time-cubes/>.
- [30] **GUHA A. K., GOKHALE S.**, 2023: Urban workers' cardiovascular health due to exposure to traffic-originated PM2.5 and noise pollution in different microenvironments. *Science of The Total Environment*, Volume 859, Part 1, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.160268.
- [31] **HONG J., KANG H., HONG T., PARK, H. S., LEE D.**, 2022: Construction noise rating based on legal and health impacts. *Automation in Construction*, Volume 134, DOI: 10.1016/j.autcon.2021.104053.
- [32] **JUNEK P.**, 2019: Hlukové mapy 2017. *ArcRevue* 1+2/2019. S. 10–13.
- [33] **KEPHALOPOULOS S., PAVIOTTI M., ANFOSSO-LÉDÉE F.**, ©2012: Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU) (online) [cit.2021.09.10], dostupné z <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC72550>.



- [34] **KŘIVÁNEK V., HABLOVIČOVÁ B.**, ©2022: Terénní ověření snížení hluchosti různými typy protihlukových stěn v ČR. (online) [cit.2022.08.15], dostupné z <<https://silnice-zeleznice.cz/zajimavosti/terenni-overeni-snizeni-hluchosti-ruznymi-typy-protihlukovych-sten-v-cr-674>>.
- [35] **LIMA N. D. A. P., REBOUÇAS L. F. T., LISBOA C. S.**, 2022: Influence of urban noise in call traits of the Atlantic Forest treefrog *Bokermannohyla hylax*. *Zoologischer Anzeiger*, Volume 300. S 41–46. DOI: 10.1016/j.jcz.2022.07.002.
- [36] **MARTIN M., GRIDLEY T., ELWEN S. H., CHARRIER I.**, 2020: Assessment of the impact of anthropogenic airborne noise on the behaviour of Cape fur seals during the breeding season in Namibia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Volume 550. DOI: 10.1016/j.jembe.2022.151721.
- [37] **MDČR**, ©2019: Akční plány ke snížení hluku z dopravy (online) [cit.2021.09.16], dostupné z <<https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Strategie/Hluk/Akcni-plany-ke-snizeni-hluku-z-dopravy>>.
- [38] **MECHLOVÁ E. a kol.**, 1999: Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz fyziky. Prometheus. Praha, 588 s.
- [39] **MIKLÍN J., DUŠEK R., KRTIČKA L., KALÁB O.**, 2018: Tvorba map. Ostravská univerzita. Ostrava. 299 s.
- [40] **MZČR**, ©2007: Zpráva o zpracování Strategické hlukové mapy ČR (online) [cit.2021.12.04], dostupné z <[https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/11088/24694/Zprava\\_o\\_zpracovani\\_Strategie\\_hlukove\\_mapy\\_CR.pdf](https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/11088/24694/Zprava_o_zpracovani_Strategie_hlukove_mapy_CR.pdf)>.
- [41] **MZČR**, ©2015a: Hlukové mapy (online) [cit.2021.09.10], dostupné z <<https://www.mzcr.cz/category/agendy-ministerstva/hlukove-mapy/>>.
- [42] **MZČR**, ©2015b: Nepříznivé účinky hluku na člověka (online) [cit.2023.01.24], dostupné z <<https://www.mzcr.cz/nepriznive-ucinky-hluku-na-cloveka/>>.
- [43] **MZČR**, ©2015c: Nepříznivé ovlivnění spánku (online) [cit.2023.01.24], dostupné z <<https://www.mzcr.cz/nepriznive-ovlivneni-spanku/>>.
- [44] **MZČR**, ©2015d: Hlukové indikátory (online) [cit.2022.06.08], dostupné z <<https://www.mzcr.cz/hlukove-indikatory/>>
- [45] **MZČR**, ©2015e: Cykly (kola) SHM (online) [cit.2022.06.08], dostupné z <<https://www.mzcr.cz/cykly-kola-shm/>>
- [46] **MZČR**, ©2015f: Základní popis 1. kola SHM (online) [cit.2022.06.08], dostupné z <<https://www.mzcr.cz/zakladni-popis-1-kola-shm/>>
- [47] **MZČR**, ©2015g: Základní popis 2. kola SHM (online) [cit.2022.06.08], dostupné z <<https://www.mzcr.cz/zakladni-popis-2-kola-shm/>>

- [48] **MZČR**, ©2017: Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí (online) [cit.2022.06.08], dostupné z <<https://www.mzcr.cz/vestnik/vestnik-c-11-2017/>>.
- [49] **NÉTEK R.**, 2021: Webová kartografie – specifika tvorby interaktivních map na webu. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 196 s.
- [50] **Oxford Lexico: Oxfordský slovník**, ©2022: Noise (online) [cit.2022.06.08], dostupné z <<https://www.lexico.com/definition/noise>>
- [51] **PASCHALIDOU A. K., KASSOMENOS P., CHONIANAKI F.**, 2018: Strategic Noise Map and Action Plans for the reduction of population exposure in a Mediterranean port city. *Science of the Total Environment*, S. 144–153. DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2018.11.048.
- [52] **POPELKA S.**, 2015: Hodnocení 3D vizualizací v GIS s využitím sledování pohybu očí. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc, 167 s.
- [53] **RANJBAR H. R., GHARAGOZLOU A. R., NEJAD A. R. V.**, 2012: 3D Analysis and Investigation of Traffic Noise Impact from Hemmat Highway Located in Tehran on Buildings and Surrounding Areas. *Journal of Geographic Information Systems* 4. S. 322-334, DOI: 10.4236/jgis.2012.44037
- [54] **REICHL J., VŠETIČKA M.**: Encyklopedie fyziky, ©2006–2022: Hlasitost a intenzita hluku (online) [cit.2022.06.08], dostupné z <<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/208-zakladni-definice>>.
- [55] **SUDOP PRAHA**, ©2019: Optimalizace trati Černošice (včetně) – odb. Berounka (mimo). Akustická studie, měření hluku a vibrace. (nepublikováno).
- [56] **SZÚ**, ©2020: Co je to hluk a jak se měří (online) [cit.2022.06.08], dostupné z <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/co-je-to-hluk-a-jak-se-meri>>.
- [57] **VANDASOVÁ Z., FIALOVÁ A.**, ©2016: Vztahy mezi hlukovými ukazateli L<sub>dvn</sub> a L<sub>dn</sub>. (online) [cit.2022.08.01], dostupné z <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/vztahy-mezi-hlukovymi-ukazateli-ldvn-a-ldn>>.
- [58] **VOŽENÍLEK V., KAŇOK J.**, 2011: Metody tematické kartografie: vizualizace prostorových jevů. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 216 s.
- [59] **WHO**, ©2010: Noise (online) [cit.2023.01.24], dostupné z <<http://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/noise>>.
- [60] **WOODS M. B., BROWN N. A. W., NIKOLICH K., HALLIDAY W. D., BALSHINE S., JUANES F.**, 2022: Context-dependent effects of anthropogenic noise on nest defence in a singing toadfish. *Animal Behaviour*, Volume 191. S 105–115. DOI: 10.1016/j.anbehav.2022.06.018.

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Hladiny intenzity hluku v dB (SEDLÁČKOVÁ, R., 2021: Hladiny intenzity hluku v dB (online) [cit.2022.07.08], dostupné z: <https://proped.cz/hlukovazatez-ve-tridach/>).

Obrázek 2: Mapový výstup SHM 2007 aglomerace Praha pro ukazatel Lden (Magistrát hlavního města Prahy, ©2008: Strategická hluková mapa Prahy) (online) [cit.2022.07.07], dostupné z <[https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/hluk/hlukove\\_mapovani/strategicka\\_hlukova\\_mapa\\_prahy.html](https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/hluk/hlukove_mapovani/strategicka_hlukova_mapa_prahy.html)>).

Obrázek 3: Mapový výstup SHM 2012 silnice pro ukazatel Lden pro oblast Žďár nad Sázavou (ZÚ Ostrava, ©2015: Strategické hlukové mapy) (online) [cit.2022.07.07], dostupné z <<http://hluk.nrl.cz/Home/Novinka?id=112>>).

Obrázek 4: Mapový výstup SHM 2017 silnice pro ukazatel Lden pro oblast Žďár nad Sázavou (MZČR, ©2017: Hlukové mapy 2017)(online)[cit.2022.07.07], dostupné z <<https://geoportal.mzcr.cz/shm/?extent=-645240.0963019053,-1117078.208945608,-637807.1524360175,-1113257.7238046376,102067>>).

Obrázek 5: Hluková mapa za použití principů barevné hypsometrie ve 2D zobrazení (Hendrikson&Ko: Noise Assessment, incl. Modelling) (online) [cit.2022.10.02], dostupné z <<https://hendrikson.ee/en/services/noise-assessment-incl-modelling/>>).

Obrázek 6: Rasterizace hlukové mapy v oceánu (New York Times, 2012: Mapping Ocean Noise) (online) [cit.2022.10.19], dostupné z <<https://archive.nytimes.com/www.nytimes.com/interactive/2012/12/10/science/1211-ocean.html?ref>>).

Obrázek 7: Mapa hluku na fasádách budov ve 3D (a) Brown a kol., 2015: Quantification of the exposure and effects of road traffic noise in a dense Asian city: A comparison with western cities. Environmental Health. Volume 14. DOI: 10.1186/s12940-015-0009-8 (b) Ranjbar a kol., 2012.

Obrázek 8: Hluková mapa ve 3D s využitím vertikálního řezu (Ranjbar a kol., 2012).

Obrázek 9: 3D vizualizace SHM 2017 ve webové aplikaci MZČR (Junek, 2019).

Obrázek 10: Hluková mapa za použití Space-Time Cube (Beran, 2021 ex. Fang and Lu, 2018).

Obrázek 11: Story Mapa EEA o sledování hluku v Evropě (European Environment Agency: The Noise Observation & Information Service for Europe) (online) [cit.2023.01.08], dostupné z <<https://noise.eea.europa.eu/>>).

Obrázek 12: 3D model Prahy (Radotín) (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

- Obrázek 13: Hluková mapa pro ukazatel  $L_n$  ze zdroje (a) IPR a (b) MZČR (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 14: Porovnání vstupních hlukových map ukazatele  $L_n$  podle velikosti plochy zasažené hlukem v jednotlivých hlukových hladinách (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 15: Ulice Výpadevská (žlutá) a průmyslová oblast Radotína (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 16: (a) Lom Cikánka, (b) Lom Hvíždalka, (c) Lom Špička (Místa mého města, ©2015–2022: Cementárna a Radotínské lomy) (online) [cit.2022.12.02], dostupné z <<https://mistamehomesta.cz/cementarna-radotinske-lomy/>>).
- Obrázek 17: Radotín podle jednotlivých zdrojů hluku pro ukazatel  $L_{den}$  (a) železnice, (b) silnice a tramvaje, (c) průmysl, (d) aglomerace celek (MZČR, ©2017: Hlukové mapy 2017) (online) [cit.2022.07.07], dostupné z <<https://geoportal.mzcr.cz/shm/>>)
- Obrázek 18: Zobrazení míst bez hodnoty hluku v datových sadách IPR Praha nebo MZČR pro ukazatel  $L_n$  (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 19: Vizuální porovnání rozdílů hlukových map MZČR a IPR Praha u ukazatele  $L_n$ : (a) varianta doplnění intervalu na celé území, (b) varianta ořez a sjednocení intervalů (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 20: Oblast s největším rozdílem mezi daty MZČR a IPR Praha pro ukazatel  $L_n$ : (a) varianta doplnění intervalu na celé území, (b) varianta ořezu (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 21: Rozdíly při porovnání hlukových map u ukazatele  $L_n$ : varianta doplnění intervalu na celé území (nahore), varianta ořez a sjednocení intervalů (dole) (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 22: Rozložení dat výpočtu (a) rozdílu MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  ve vztahu k počtu buněk, (b) Rozdíl u dat MZČR a IPR z pohledu nadhodnocení dat (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 23: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl -5 dB (vpravo) - železnice na jihozápadě Radotína (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 24: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl 5 dB (vpravo) – průmysl na severu Radotína (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 25: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl 5 dB (vpravo) – silnice 115 a R1 na západě Radotína (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 26: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl 5 dB (vpravo) – silnice 599 (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).

- Obrázek 27: Rozdíl mezi daty IPR (vlevo), MZČR (uprostřed), rozdíl 5, 10 a 15 dB (vpravo) – průmysl a silnice\_(vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 28: 3D zobrazení rozdílu hlukových map s podkladovou hlukovou mapou MZČR pro ukazatel  $L_n$  (cementárna se zobrazením kladných hodnot rozdílu) (vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 29: 3D zobrazení rozdílu hlukových map s podkladovou hlukovou mapou MZČR pro ukazatel  $L_n$  (střed Radotína se zobrazením záporných hodnot rozdílu)\_(vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 30: 3D zobrazení rozdílu hlukových map s podkladovou hlukovou mapou MZČR pro ukazatel  $L_n$  (střed Radotína se zobrazením záporných hodnot rozdílu)\_(vlastní zpracování v ArcGIS Pro).
- Obrázek 31: Story Mapa (možnosti zobrazení textu s obrázky a prezentaci obrázků s doprovodnými texty)\_(vlastní zpracování v ArcGIS).
- Obrázek 32: Story Mapa (Swipe – porovnání 2 map)\_(vlastní zpracování v ArcGIS).
- Obrázek 33: Story Mapa (prohlídka s obrázky a video)\_(vlastní zpracování v ArcGIS).
- Obrázek 34: QR kód na stránku Story Mapy k BP\_(vlastní zpracování v me-qr.com).

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Mezní hodnoty hlukových ukazatelů (Miková podle vyhlášky č. 315/2018 Sb.).

## Seznam příloh

- Příloha 1: Základní popis oblasti KÚ Radotín z pohledu dopravy a zástavby.
- Příloha 2: Model znázorňující práci s daty v Pythonu.
- Příloha 3: Hluková mapa pro ukazatel  $L_n$  (porovnání vstupních dat IPR Praha a MZČR ve shodných hlukových intervalech).
- Příloha 4a: Rozdíl u hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  – varianta ořezu.
- Příloha 4b: Rozdíl u hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  – varianta doplnění intervalů na celé území.
- Příloha 5a: Rozdíly u porovnání hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  – varianta s ořezem.
- Příloha 5b: Rozdíly u porovnání hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  (rozdíl -20 dB až -15 dB).
- Příloha 5c: Rozdíly u porovnání hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  (rozdíl -10 dB).
- Příloha 5d: Rozdíly u porovnání hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  (rozdíl -5 dB).
- Příloha 5e: Rozdíly u porovnání hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  (rozdíl 0 dB).
- Příloha 5f: Rozdíly u porovnání hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  (rozdíl 5 dB).
- Příloha 5g: Rozdíly u porovnání hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  (rozdíl 10 dB).
- Příloha 5h: Rozdíly u porovnání hlukových map MZČR a IPR pro ukazatel  $L_n$  (rozdíl 15 dB).
- Příloha 6a: Zhodnocení rozdílu intenzity hluku u silnic.
- Příloha 6b: Zhodnocení rozdílu intenzity hluku u železnice.
- Příloha 6c: Zhodnocení rozdílu intenzity hluku u zastavěných oblastí.