

# PŘÍLOHA I

## Podrobná specifikace prezentovaných imisních map

Plošné mapy jsou z výsledků měření v jednotlivých lokalitách konstruovány s využitím a kombinací mnoha informací (ČHMÚ 2020d). Nejistoty jednotlivých map jsou závislé zejména na hustotě sítě měřicích stanic a na rovnoměrnosti pokrytí území ČR stanicemi, dále na nejistotách jednotlivých měření, vstupů do modelů, modelových výpočtů a na použitém způsobu konstrukce plošných map. Mapy mají nejmenší nejistotu v blízkosti měřicích stanic. Přestože jsou nejistoty zejména některých map dosti vysoké, jedná se o odhady imisního pole, které adekvátně odpovídají použitým podkladům a stavu současného poznání. K nejistotám map je nutno přihlížet při jejich interpretaci.

V dalších odstavcích jsou uvedeny podklady, které byly použity pro konstrukci imisních map pro rok 2019, a specifikace jednotlivých map prezentovaných v této ročence.

### 1. Použitá data

**a. Měřená imisní data:** Použity jsou roční charakteristiky naměřených dat z databáze ISKO.

**b. Výstupy z rozptylových modelů:** Použity jsou výstupy z modelů

**CAMx** – Eulerovský model, rozlišení 2,3 x 2,3 km, rok 2019:

- meteorologie: model ALADIN 2019 v rozlišení 2,3 x 2,3 km
- antropogenní emise pro území ČR: bodové zdroje REZZO 1 a 2 – hlášení za r. 2018 aktualizované podle hlášení za r. 2019 dostupných k 4. 2. 2020; plošné zdroje REZZO 3 – lokální vytápění (podklady 2018, denostupně 2019), zemědělství – chovy a polní práce (2018), povrchové hnědouhelné doly (2018), černouhelné doly (2017), kamenolomy – povrchová těžba (2017), fugitivní emise z výroby koksů, železa a oceli, sléváren a ostatních zdrojů za r. 2017, skládky (2018), výstavba (2018), použití rozpouštědel (2018); mobilní zdroje REZZO 4 – silniční doprava dle sčítání ŘSD (2016), nesilniční doprava (2017), Letiště Václava Havla Praha (2016)

- antropogenní emise pro území Polska: detailní emise za rok 2015 poskytnuté v rámci projektu LIFE-IP MAŁOPOLSKA<sup>1</sup> úřady GIOS (Główny Inspektorat Ochrony Środowiska) – plošné zdroje a KOBiZE (Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami) – bodové zdroje

- antropogenní emise pro zbytek území: základní látky – CAM-S-REG-AP v3.1<sup>2</sup> pro rok 2016 (Granier 2019); benzo[a]pyren (2017) (EMEP/CEIP 2019)

- biogenní emise VOC z rostlin a NO z půdy: model MEGAN v2.1 (GUENTER et al. 2012)

- okrajové podmínky – minimální hodnoty z modelu CAMx

**CAMS ensemble forecast<sup>3</sup>** – medián z devíti Eulerovských modelů, rozlišení 0,1 x 0,1°, rok 2019 (meteorologie: ECWMF 2019, emise: CAMS-REG-AP v2.2.1 2015; podrobnosti viz METEO-FRANCE (2019))

**SYMOS** – Gaussovský model, rozlišení 1 x 1 km (referenční body v síti 250 x 250 m v zástavbě a 500 x 500 m mimo zástavbu zprůměrované do sítě 1 x 1 km), rok 2019 (meteorologie: větrné růžice 2019 z modelu ALADIN v síti 2,3 x 2,3 km a čtyřech výškových hladinách, antropogenní emise: pro území ČR jako u modelu CAMx (emise z výstavby nebyly zahrnuty); mimo území ČR CAMS-REG-AP v3.1).

V případě jednotlivých modelů byly použity vždy aktuální výstupy, které byly k dispozici v době přípravy ročenky.

**c. Emise z dopravy:** rozlišení 1 x 1 km, zdroj: silniční doprava dle sčítání ŘSD (2016).

**d. Nadmořská výška:** rozlišení 1 x 1 km, zdroj: ZABAGED, Zeměměřičský úřad.

**e. Hustota populace:** rozlišení 1 x 1 km, zdroj: ČSÚ.

### 2. Odhad nejistoty

Pro odhad nejistoty příslušné mapy byla použita metoda **křížového ověřování (cross-validation)**, viz Horálek et al. (2007). Odhad

1 Projekt č. LIFE14 IPE/PL/OO0021. WWW: <https://powietrze.malopolska.pl/en/life-project/>

2 <https://permalink.aeris-data.fr/CAMS-REG-AP>

3 <https://www.regional.atmosphere.copernicus.eu/>

koncentrací v místech měření je vytvořen vždy s vypuštěním daného měření pomocí ostatních dat, a tím je objektivně odhadnuta kvalita mapy mimo místa měření. Tento postup byl opakovaně použit pro všechna místa měření. Odhadnuté hodnoty byly porovnány s naměřenými hodnotami pomocí **standardní chyby odhadu (root-mean-square error, RMSE)**, resp. **relativní standardní chyby odhadu (RRMSE)**:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\hat{Z}(s_i) - Z(s_i))^2} \quad RRMSE = \frac{RMSE}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z(s_i)} \cdot 100$$

kde  $Z(s_i)$  je naměřená hodnota koncentrace v  $i$ -tém bodě,  
 $\hat{Z}(s_i)$  je odhad v  $i$ -tém bodě pomocí ostatních dat,  
 $N$  je počet měřicích stanic.

Odhad nejistoty byl z výpočetních důvodů počítán jen pro interpolaci reziduí; celková nejistota mapy je proto poněkud větší. Těž je třeba zmínit, že jde o střední nejistotu celé mapy, prostorové rozložení nejistoty nebylo odhadováno.

### 3. Parametry jednotlivých map

Pro mapy jednotlivých škodlivin jsou v tab. 1–8 prezentovány doplňkové veličiny použité v lineárním regresním modelu a jejich parametry ( $c$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ , ...), parametry interpolace pomocí krigingu (range, nugget, partial sill) a převrácené hodnoty vzdálenosti (váha IDW) a u většiny map je též uvedena odhadnutá nejistota mapy (RMSE). Tyto parametry jsou uvedeny vždy pro jednotlivé imisní vrstvy (venkovská, městská, dopravní).

**a. Suspendované částice  $PM_{10}$ :** Pro konstrukci map bylo použito 55 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové), 88 městských a předměstských pozadových a 25 dopravních stanic. Výsledky měření sedmi městských a předměstských průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí (tab. 1, Příloha I).

**b. Jemné suspendované částice  $PM_{2,5}$ :** Pro konstrukci mapy bylo použito 26 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové), 52 městských a předměstských pozadových a 18 dopravních stanic. Výsledky měření čtyř městských a předměstských průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Z důvodu metodiky mapování nebyla vyčíslena nejistota mapy (tab. 2, Příloha I). Důvodem je použití mapy  $PM_{10}$  jako doplňkové veličiny – vzhledem k silné regresní vazbě  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  by odhad nejistoty byl podhodnocen.

**c. Benzo[a]pyren:** Pro konstrukci mapy bylo použito 11 venkovských a 36 městských a předměstských pozadových a dopravních stanic. Výsledky měření šesti stanic průmyslových byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Vzhledem k nedostatku měřicích stanic v malých sídlech je odhad nejistoty venkovských oblastí pouze orientační (tab. 3, Příloha I).

**d. Oxid dusičitý a oxidy dusíku:** Pro konstrukci mapy  $NO_2$  bylo použito 25 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové), 45 městských a předměstských pozadových a 21 dopravních stanic. Výsledky měření 8 městských a předměstských průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Pro konstrukci mapy  $NO_x$  bylo použito 24 venkovských, 45 městských a předměstských pozadových a 21 dopravních stanic (tab. 4, Příloha I).

**e. Přízemní ozon:** Pro konstrukci mapy 26. nejvyššího maximálního denního 8hodinového klouzavého průměru bylo použito 24 venkovských, 31 městských a předměstských pozadových stanic. Pro konstrukci mapy AOT40 bylo použito 23 venkovských, 25 městských a předměstských pozadových stanic (tab. 5, Příloha I).

**f. Benzen:** Pro konstrukci mapy bylo použito 6 venkovských, 22 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 4 průmyslových a 7 dopravních stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí (tab. 6, Příloha I).

**g. Těžké kovy:** Pro konstrukci mapy arsenu bylo použito 14 venkovských a 44 městských a předměstských stanic (bez rozlišení na pozadové, dopravní a průmyslové). Pro konstrukci mapy kadmia bylo použito 58 stanic (bez rozlišení podle typu). Nejistota mapy kadmia je odhadnuta bez Tanvaldu a jeho bezprostředního okolí, protože vysoké absolutní hodnoty koncentrací v této lokalitě by způsobily zkreslení celkové nejistoty mapy. Vysoká relativní nejistota mapy kadmia souvisí s nízkými hodnotami kadmia na většině území (tab. 7, Příloha I).

**h. Oxid siřičitý:** Pro konstrukci mapy 4. nejvyšší 24hodinové koncentrace bylo použito 25 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové) a 27 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 2 dopravních a 7 průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Pro mapy ročního resp. zimního průměru bylo použito 27 resp. 25 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové) a 28 resp. 25 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 2 dopravních a 7 resp. 4 průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí (tab. 8, Příloha I).

V počtech stanic jsou zahrnuty i zahraniční (německé a polské) stanice, které byly při tvorbě některých map použity.

Pro sloučení městské a venkovské vrstvy bylo použito mezi klasifikačních intervalů (ČHMÚ 2020d):  $\alpha_1 = 200$  obyvk.km<sup>-2</sup>,  $\alpha_2 = 1000$  obyvk.km<sup>-2</sup>. Pro sloučení pozadové a dopravní vrstvy bylo použito mezi klasifikačních intervalů (ČHMÚ 2020d):  $\tau_1 = 3$  t.rok<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup>,  $\tau_2 = 8$  t.rok<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> (pro mapy  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ ), resp.  $\tau_1 = \tau_2 = 10$  t.rok<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> (pro mapy  $NO_2$  a  $NO_x$ ), přičemž pro mapy  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  byly použity emise tuhých znečišťujících látek (TZL), zatímco pro mapy  $NO_2$  a  $NO_x$  byly použity emise  $NO_x^4$ .

4 U plošných map  $NO_2$  a  $NO_x$  byla dopravní vrstva použita pouze ve městech, zatímco mimo města byla v územích s emisemi  $NO_x > 10$  t.rok<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> použita vrstva ze všech pozadových městských, předměstských a venkovských stanic.

Tab. 1 Parametry map  $PM_{10}$ 

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr			36. nejvyšší denní průměr		
	venkov	městské pozadí	doprava	venkov	městské pozadí	doprava
c (konstanta)	7,2	19,7	11,0	8,4	35,0	19,5
a1 (model CAMx)	1,73	0,54	1,13	1,65	0,49	0,95
a2 (nadmožská výška)	-0,0053	-0,0136		-0,0054	-0,0276	
range [km]	26	18	25	34	28	0
nugget	0	3,6	0	0	17	19
partial sill	3,6	5,6	5,8	12	7	9
váha IDW		1			1	
<b>RMSE [<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>]</b>	<b>1,8</b>	<b>2,6</b>	<b>1,8</b>	<b>4,1</b>	<b>5,2</b>	<b>4,1</b>
<b>relat. RMSE [%]</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>11</b>

Tab. 2 Parametry mapy  $PM_{2,5}$ 

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr		
	venkov	městské pozadí	doprava
c (konstanta)	-0,2	-1,1	0,9
a1 (venkovská mapa $PM_{10}$ )	0,55		
a2 (městská pozadřová mapa $PM_{10}$ )		0,79	
a3 (dopravní mapa $PM_{10}$ )			0,66
a4 (model CAMx)	0,56		
range [km]	90	110	150
nugget	0,7	0,7	0
partial sill	0,0	0,2	3,2
váha IDW	1	1	

Tab. 3 Parametry mapy benzo[a]pyrenu

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr	
	venkov	města
c (konstanta)	-0,5	-2,4
a1 (městská mapa $PM_{2,5}$ )		0,17
a2 (model CAMx)	1,76	0,71
a3 (model SYMOS – jen emise lokálního vytápění)		0,73
range [km]	70	8
nugget	0	0
partial sill	0,12	0,2
váha IDW		
<b>RMSE [<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>]</b>	<b>&gt; 0,3</b>	<b>0,5</b>
<b>relat. RMSE [%]</b>	<b>&gt; 40</b>	<b>43</b>

Tab. 4 Parametry map NO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub>

Lineární regresní model + interpolace reziduí	NO <sub>2</sub> – roční průměr			NO <sub>x</sub> – roční průměr		
	venkov	městské pozadí	doprava	venkov	městské pozadí	doprava
c (konstanta)	8,4	18	21,5	11,1	28,6	87,5
a1 (model SYMOS NO <sub>2</sub> )	4,5	2,1				
a2 (model SYMOS NO <sub>2</sub> – REZZO4)			4,2			
a3 (model SYMOS NO <sub>x</sub> )				1,9	0,9	
a3 (model SYMOS NO <sub>x</sub> – REZZO4)						34,9
a4 (nadmořská výška)	-0,01	-0,02		-0,01	-0,03	
váha IDW	1	1	1	1	1	1
<b>RMSE [<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>]</b>	<b>1,3</b>	<b>3,1</b>	<b>6,1</b>	<b>2,2</b>	<b>7,1</b>	<b>18,4</b>
<b>relat. RMSE [%]</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>28</b>	<b>34</b>

Tab. 5 Parametry map přízemního ozonu

Lineární regresní model + interpolace reziduí	26. nejvyšší maximální denní 8hod. průměr		Expoziční index AOT40	
	venkov	městské pozadí	venkov	městské pozadí
c (konstanta)	-5,3	32,2	10915	11238
a1 (model CAMS)	1,2	0,9	0,7	0,5
váha IDW	1	1	1	1
<b>RMSE [<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>]</b>	<b>4,1</b>	<b>3,4</b>	<b>2789</b>	<b>2939</b>
<b>relat. RMSE [%]</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	<b>17</b>

Tab. 6 Parametry mapy benzenu

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr	
	venkov	městské pozadí
c (konstanta)	0,3	-0,1
a1 (model CAMx)	4,3	9,8
váha IDW	1	1
<b>RMSE [<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>]</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
<b>relat. RMSE [%]</b>	<b>29</b>	<b>25</b>

Tab. 7 Parametry map arsenu a kadmia

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Arsen – roční průměr		Kadmium – roční průměr
	venkov	města	celková mapa
c (konstanta)	-0,6		
a1 (venkovská mapa PM <sub>10</sub> )	0,094		
range [km]	320	15	15
nugget	0	0	0
partial sill	0,1	0,5	0,3
váha IDW			
<b>RMSE [<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>]</b>	<b>0,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,2</b>
<b>relat. RMSE [%]</b>	<b>23</b>	<b>41</b>	<b>92</b>

Tab. 8 Parametry map SO<sub>2</sub>

Lineární regresní model + interpolace reziduí	4. nejvyšší denní průměr		Roční průměr		Zimní průměr	
	venkov	městské pozadí	venkov	městské pozadí	venkov	městské pozadí
c (konstanta)	10,1	5,8	2,6	2,6	2,8	2,1
a1 (model CAMx)	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5
váha IDW	3	2	1	1	2,4	1,6
<b>RMSE [<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>]</b>	<b>7,9</b>	<b>6,9</b>	<b>2</b>	<b>1,7</b>	<b>2,1</b>	<b>1,6</b>
<b>relat. RMSE [%]</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>42</b>	<b>33</b>	<b>40</b>	<b>30</b>