

PŘÍLOHA I

Podrobná specifikace prezentovaných imisních map

Plošné mapy jsou z výsledků měření v jednotlivých lokalitách konstruovány s využitím a kombinací mnoha informací (ČHMÚ 2025b). 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 2024, 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 eulerovského modelu CAMx a gaussovského modelu SYMOS provozovaných ČHMÚ a medián ansámblu evropských předpovědních modelů CAMS. Modely odpovídají hodnocenému roku. V případě modelů CAMx a SYMOS pak byly použity nejaktuálnější emisní vstupy, které byly v době přípravy ročenky k dispozici. Podrobný popis použitých modelů a vstupních dat je v ČHMÚ (2025b).

c. Emise z dopravy: rozlišení 1×1 km, zdroj: silniční doprava dle sčítání ŘSD 2020 (ŘSD 2022).

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

e. Hustota populace: rozlišení 1×1 km, zdroj: dle sčítání SLDB 2021 (ČSÚ 2023).

2. Odhad nejistoty

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

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

$$RRMSE = \frac{RMSE}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z(s_i)} \cdot 100$$

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 obecně poněkud větší. Též 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–Tab. 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 60 venkovských (bez rozlišení na pozařadové a průmyslové), 88 městských a předměstských pozařadových a 28 dopravních stanic. Výsledky měření pěti městských a předměstských průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí (Tab. 1).

b. Jemné suspendované částice $PM_{2,5}$: Pro konstrukci mapy bylo použito 30 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové), 55 městských a předměstských pozadových a 22 dopravních stanic. Výsledky měření pěti městských a předměstských průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Z důvodu metodiky mapování nebyla vyčíslena nejistota mapy (Tab. 2). 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 16 venkovských a 44 městských a předměstských stanic (bez rozlišení na pozadové, dopravní a průmyslové), které byly doplněny 10 venkovskými a 12 městskými a předměstskými stanicemi, jejichž hodnoty byly odhadnuty pomocí naměřených hodnot v předchozích letech. Výsledky měření v devíti vesnických hot-spotech (tj. malých sídlech silně ovlivněných lokálním vytápěním pevnými palivy) byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. V případě městské i venkovské mapové vrstvy byla využita exponenciální závislost s městskou resp. venkovskou mapou $PM_{2,5}$. Odhad nejistoty venkovských oblastí není možné aplikovat na vesnické hotspoty (Tab. 3).

d. Oxid dusičitý a oxidy dusíku: Pro konstrukci mapy NO_2 bylo použito 31 venkovských (bez rozlišení na pozadové a průmyslové), 46 městských a předměstských pozadových a 25 dopravních stanic. Výsledky měření 2 městských a předměstských průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Pro konstrukci mapy NO_x bylo použito 28 venkovských, 47 městských a předměstských pozadových a 24 dopravních stanic (Tab. 4).

e. Přízemní ozon: Pro konstrukci mapy 26. nejvyššího maximálního denního 8hodinového klouzavého průměru bylo použito 30 venkovských, 20 městských a předměstských pozadových stanic. Pro konstrukci mapy AOT40 bylo použito 27 venkovských, 30 městských a předměstských pozadových stanic (Tab. 5).

f. Benzen: Pro konstrukci mapy bylo použito 6 venkovských, 21 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 3 průmyslových a 8 dopravních stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Vzhledem k malému počtu venkovských stanic je odhad nejistoty venkovských oblastí pouze orientační (Tab. 6).

g. Těžké kovy: Pro konstrukci mapy arsenu bylo použito 15 venkovských a 42 městských a předměstských stanic (bez rozlišení na pozadové, dopravní a průmyslové). Pro konstrukci mapy kadmia bylo použito 57 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).

h. Oxid siřičitý: Pro konstrukci mapy 4. nejvyšší 24hodinové koncentrace bylo použito 27 venkovských a 27 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 2 dopravní a 2 průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí. Pro mapy ročního resp. zimního průměru bylo použito 36 resp. 26 venkovských a 50 resp. 26 městských a předměstských pozadových stanic. Výsledky měření 2 dopravních a 2 průmyslových stanic byly zohledněny pouze v jejich bezprostředním okolí (Tab. 8).

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

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 2024b): $\alpha_1 = 200 \text{ obyv}\cdot\text{km}^{-2}$, $\alpha_2 = 1000 \text{ obyv}\cdot\text{km}^{-2}$. Pro sloučení pozadové a dopravní vrstvy bylo použito mezi klasifikačních intervalů: $\tau_1 = 3 \text{ t}\cdot\text{rok}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$, $\tau_2 = 8 \text{ t}\cdot\text{rok}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ (pro mapy PM_{10} a $PM_{2,5}$), resp. $\tau_1 = \tau_2 = 5 \text{ t}\cdot\text{rok}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ (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^1 .

1 U plošných map byla dopravní vrstva použita pouze ve městech.

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)	4,6	10,1	12,8	8,6	25,7	19,9
a1 (model CAMx)	1,03		0,41	0,95		0,48
a2 (model CAMS)		0,78			0,50	
a3 (nadmořská výška)	-0,0067	-0,0067		-0,0113	-0,0171	
range [km]	40	71	2	31	75	2
nugget	0	1,3	0	0	6,0	0
partial sill	3,0	2,9	3,9	8,6	6,6	10,7
váha IDW		1			1	
RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	1,8	1,9	1,9	2,8	3,7	3,4
relat. RMSE [%]	12	11	10	11	11	10

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

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr		
	venkov	městské pozadí	doprava
c (konstanta)	1,1	-0,5	0,6
a1 (venkovská mapa PM_{10})	0,61		
a2 (městská pozadňová mapa PM_{10})		0,72	
a3 (dopravní mapa PM_{10})			0,64
range [km]	10	6	5
nugget	0	0	0
partial sill	0,9	0,7	0,8

Tab. 3 Parametry mapy benzo[a]pyrenu

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr	
	venkov	města
c (konstanta)	0,11	0,13
b1 (konstanta)	0,70	
b2 (konstanta)		0,58
a1 (exp(b1*venkovská mapa PM _{2,5}))	0,000025	
a2 (exp(b2*městská mapa PM _{2,5}))		0,000064
a3 (model CAMx zjemněný SYMOSem)	0,95	0,87
range [km]	23	2
nugget	0	0
partial sill	0,07	0,06
RMSE [µg·m⁻³]	0,3	0,3
relat. RMSE [%]	46	32

Tab. 4 Parametry map NO₂ a NO_x

Lineární regresní model + interpolace reziduí	NO ₂ – roční průměr			NO _x – roční průměr		
	venkov	městské pozadí	doprava	venkov	městské pozadí	doprava
c (konstanta)	7,2	15,8	15,1	9,3	27,4	28,2
a1 (model SYMOS NO ₂)	4,4	1,2				
a2 (model SYMOS NO ₂ – REZZO 4)			2,75			
a3 (model SYMOS NO _x)				1,62	0,28	
a3 (model SYMOS NO _x – REZZO 4)						5,09
a4 (nadmořská výška)	-0,01	-0,04		-0,007	-0,035	
a5 (nadmořská výška 5 km)		0,02				
IDW				1	1	1
range [km]	50	15	10			
nugget	0	0	0			
partial sill	0,9	5,7	17,9			
RMSE [µg·m⁻³]	1,0	2,3	4,6	2,1	5,6	13,3
relat. RMSE [%]	15	17	23	24	29	35

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)	114,2	43,4		7 457
a1 (nadmořská výška)	0,004			
a1 (model CAMS)		0,69		0,72
váha IDW	1	1	1	1
RMSE [µg·m⁻³]	3,2	2,8	2 360	1 685
relat. RMSE [%]	3	2	17	12

Tab. 6 Parametry mapy benzenu

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Roční průměr	
	venkov	městské pozadí
c (konstanta)	0,04	0,3
a1 (model CAMx)	4,54	3,95
váha IDW	1	1
RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	0,1	0,4
relat. RMSE [%]	8	34

Tab. 7 Parametry map arsenu a kadmia

Lineární regresní model + interpolace reziduí	Arsen – roční průměr		Kadmium – roční průměr
	venkov	města	celková mapa
c (konstanta)	0,0	0,4	
a1 (model CAMx)	21,27	5,44	
range [km]	330	11	15
nugget	0	0	0
partial sill	0,1	0,1	0,3
RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	0,2	0,4	0,1
relat. RMSE [%]	30	42	80

Tab. 8 Parametry map SO_2

Lineární regresní model + interpolace reziduí	4. nejvyšší denní průměr		Roční průměr		Zimní průměr	
	venkov	městské pozadí	venkov	městské pozadí	venkov	městské pozadí
c (konstanta)	4,2	-4,4	2,7	2,0	3,2	1,8
a1 (model CAMx)	1,05	1,26	0,36	0,68	0,34	0,61
váha IDW	1,8	2	1	1	1	1
RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	16,0	5,1	1,5	1,3	2,1	1,2
relat. RMSE [%]	90	36	44	32	47	24