

Zpřesnění operativních map PM_{10} zahrnutím výstupu modelu CAMx, dalších doplňkových dat a využitím krigingu

Jana Ďoubalová, Ondřej Vlček, Jan Horálek

✉ *ondrej.vlcek@chmi.cz*

Ochrana ovzduší ve státní správě XV, Praha, 3. 11. 2021

Obsah

- Metodika tvorby map
- Operativní mapy
- Výsledky
- Závěr a poznámka na konec

Metodika tvorby map

Metodika tvorby map

Primární data

- koncentrace znečišťujících látek ze stanic (⇒ lokální data + jen omezený počet).

Doplňková (sekundární) data

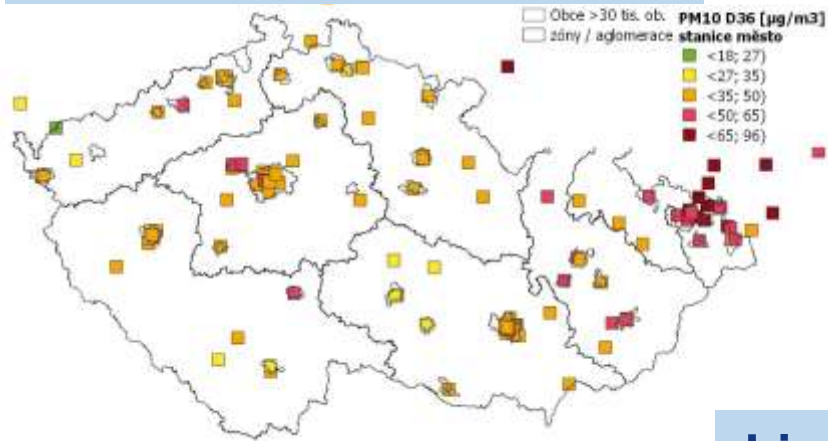
- informace o celém území,
- regresní závislost s měřenými daty,
- nejčastěji rozptylový model, nadmořskou výšku nebo emisní mapy; viz http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/14groc/gr14cz/XII_mapovani_CZ.html.

Kombinace primárních a doplňkových dat

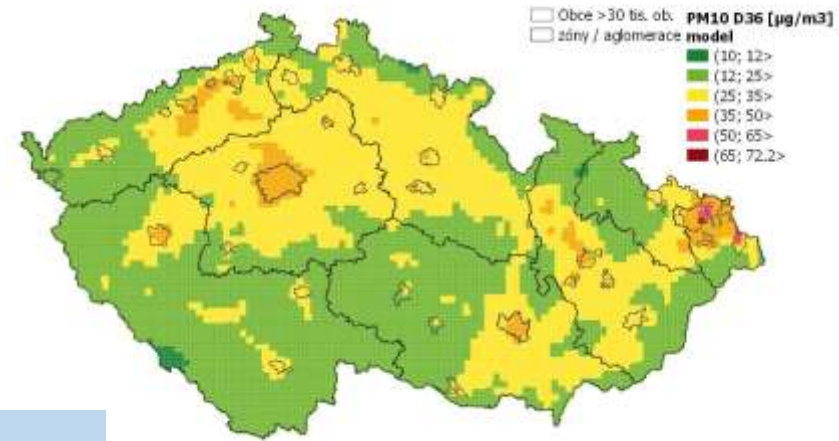
- lineární regresní model s následnou interpolací reziduí (kriging, IDW),
- odděleně je spočtena městská a venkovská mapa (vrstva) a následně sloučeny pomocí gridu populační hustoty.

Metodika tvorby map (lineární regrese)

Staniční měření (město/venkov)

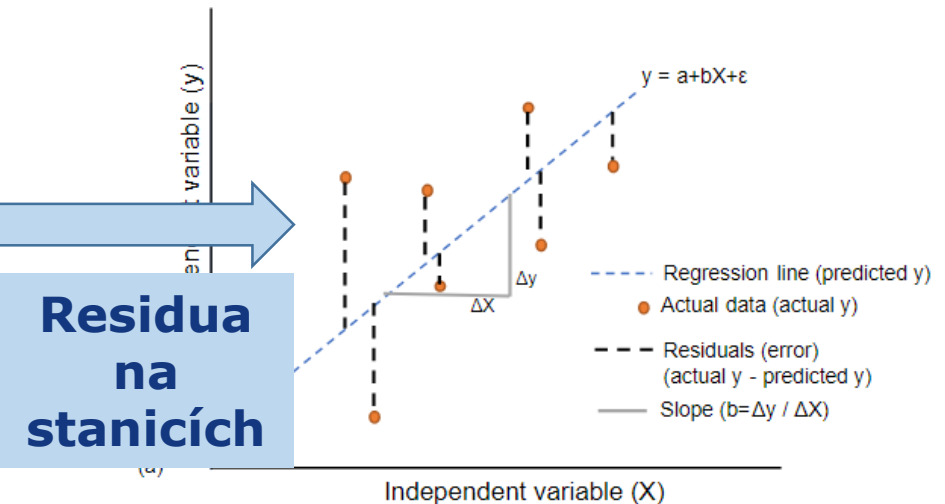
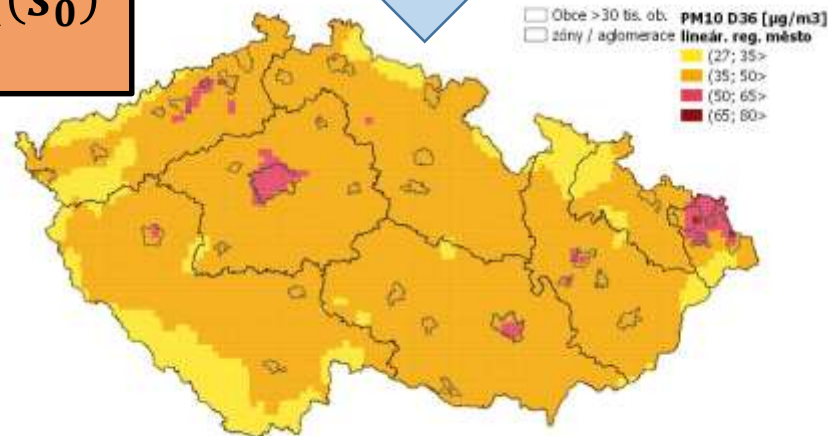


Model (X_i)



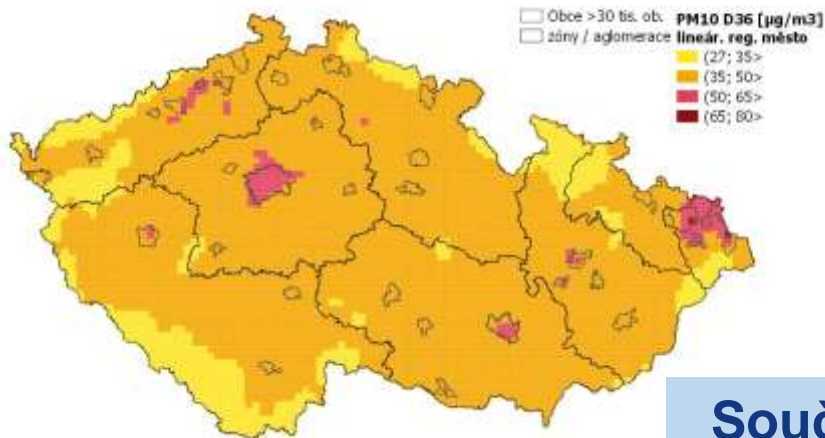
Lineární regrese

$$c + \sum a_i \cdot X_i(s_0)$$

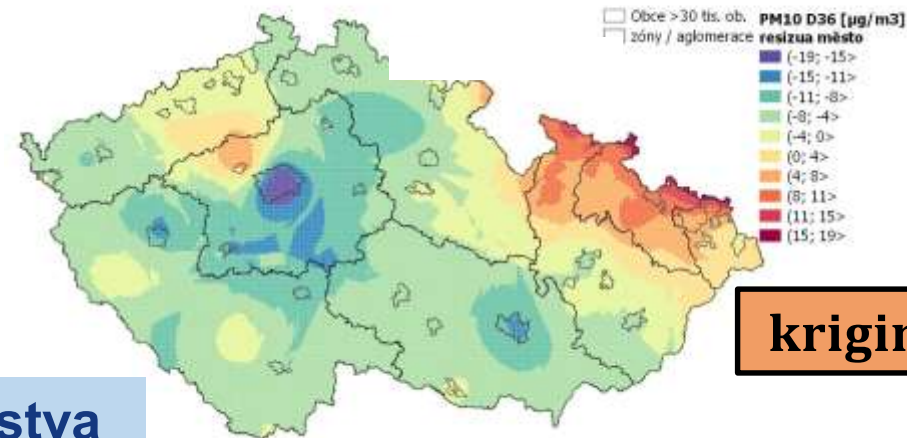


Metodika tvorby map (interpolace residuí)

Lineární regrese

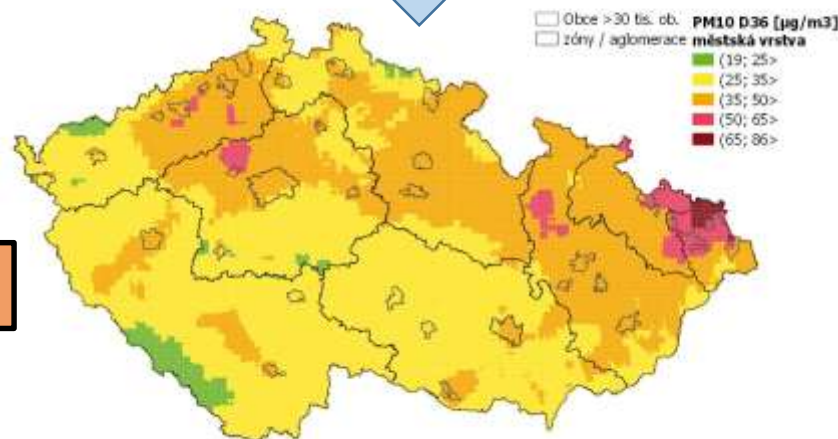


Interpolovaná residua ($\hat{R}(s_0)$)



kriging, IDW

Součet \rightarrow finální vrstva
(odděleně město, venkov...)

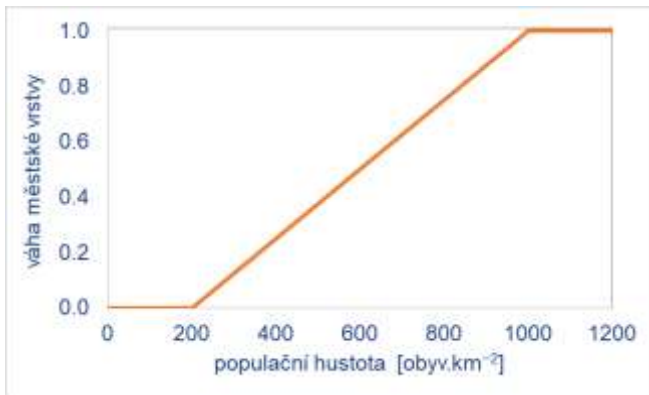
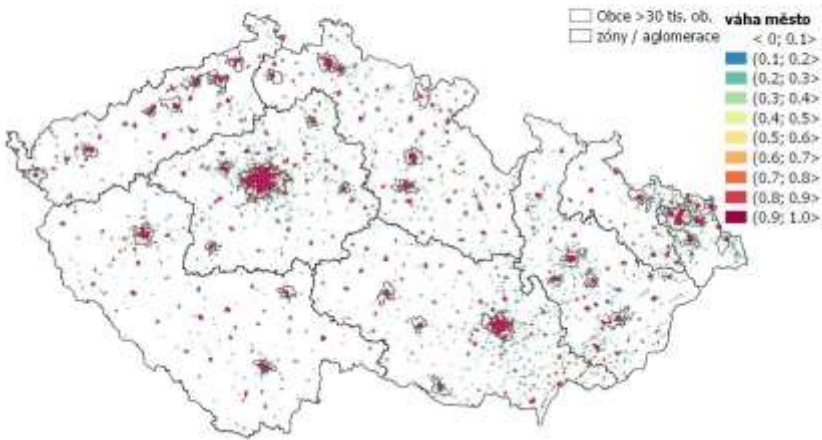


Pokud interpolační metoda nezachovává hodnotu v místě stanice, následuje někdy (ročenka) interpolace residuí metodou IDW.

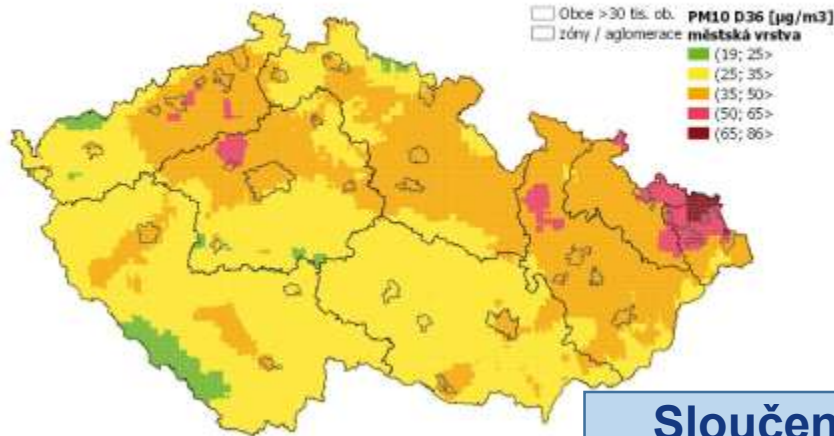
$$\hat{Z} = c + \sum a_i \cdot X_i(s_0) + \hat{R}(s_0)$$

Metodika tvorby map (sloučení vrstev)

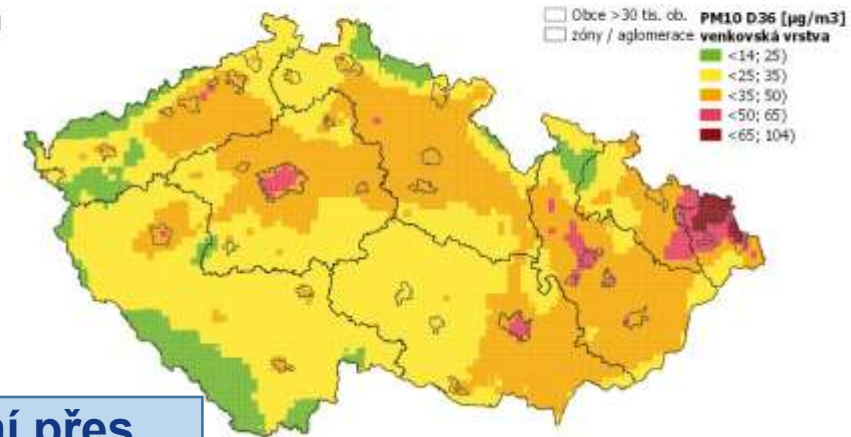
Váha městské vrstvy



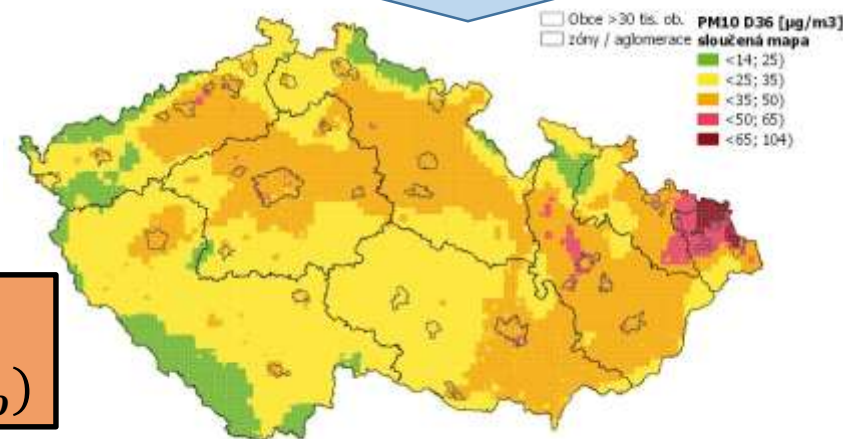
Městská vrstva



Venkovská vrstva



Sloučení přes
populační
hustotu

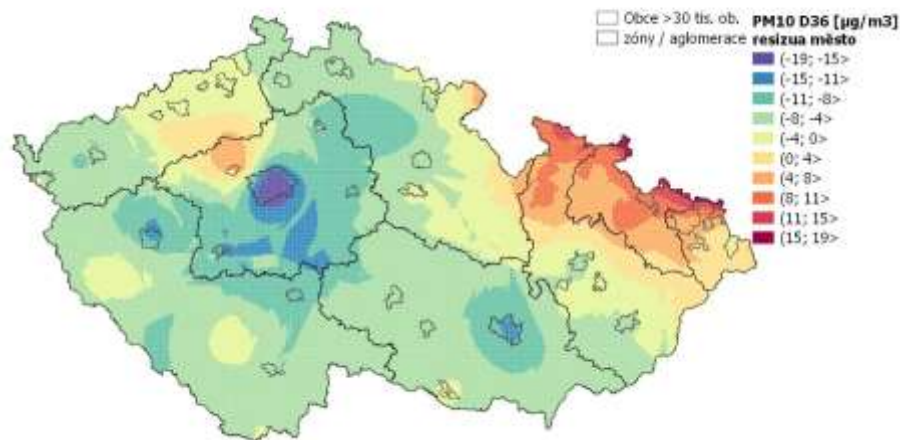


Vrstvy (městská,
venkovská...)
mohou zachovávat
hodnotu v místě
stanice, sloučená
mapa obecně ne.

$$\hat{Z}_{\text{město}} \cdot \text{váha}_{\text{město}} + \hat{Z}_{\text{venkov}} \cdot (1 - \text{váha}_{\text{město}})$$

Odhad nejistoty křížovým ověřením

Interpolovaná residua ($\hat{R}(s_0)$)



Křížové ověření (cross-validation)

Reziduum v místě stanice se nespočte přímo, ale interpolací z okolních stanic

standardní chyba odhadu (Root Mean Square Error): $RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\hat{Z}(s_i) - Z(s_i) \right)^2}$,

normovaná standardní chyba odhadu (nRMSE): $nRMSE = \frac{RMSE}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z(s_i)}$,

systematického vychýlení: $bias = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\hat{Z}(s_i) - Z(s_i) \right)$,

faktor 2 (FAC2)

Operativní mapy

Operativní mapy kvality ovzduší (základní informace)

Oblast:

Typ mapy:

Datum:

(<http://pr-asu.chmi.cz:8080/IskoPollutionMapView/faces/viewMapImages.xhtml>)

Metodika tvorby operativních map na webu

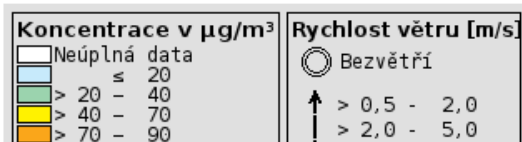
Mapy jsou vytvářeny kombinací dat naměřených na stanicích imisního monitoringu (jakožto primárního zdroje informací) a plošného modelu (jakožto sekundárního zdroje informací).

Základním zdrojem dat pro tvorbu map znečištění ovzduší jsou aktuální (hodinové, 8hodinové či denní) koncentrace znečišťujících látek naměřené na jednotlivých měřicích stanicích.

[Podrobný popis](#)

PM₁₀ - částice PM10

31.08.2021 13:00 - 14:00 SELČ
31.08.2021 11:00 - 12:00 UTC



- Stávající způsob tvorby map zaveden cca před 10 lety (od té doby nezměněn)
- Změna způsobu tvorby map v rámci testování modelu CAMx
- Předmět zájmu: srovnání původního a aktuálního přístupu pro PM₁₀ a rok 2015

PM₁₀ – Hodinový průměr

PM₁₀ – 24hodinový průměr

NO₂ – Hodinový průměr

NO₂ – Maximální hodinový průměr za den

O₃ – Hodinový průměr

O₃ – Maximální hodinový průměr za den

O₃ – Maximální 8hodinový průměr za den

SO₂ – Hodinový průměr

SO₂ – Maximální hodinový průměr za den

SO₂ – 24hodinový průměr

CO – Maximální 8hodinový průměr za den

Index kvality ovzduší (3h)

Aktuální neverifikovaná data

Pollution Map Generator, © IDEA-ENVI s.r.o.

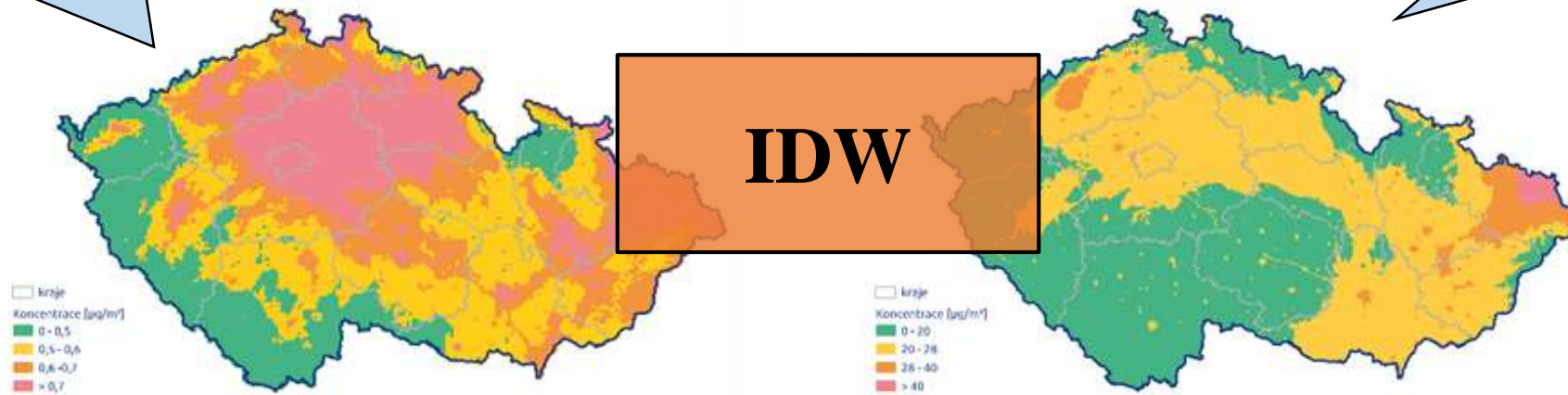
Specifika operativních map

- k dispozici nejsou manuální stanice
- regresní závislost s měřenými daty je testována pro každou mapu (1h, 8h, den)
- pokud není reg. koeficient kladný (záporný u nadmořské výšky) aplikuje se prostá interpolace staničních měření.

Stávající způsob – doplňková data

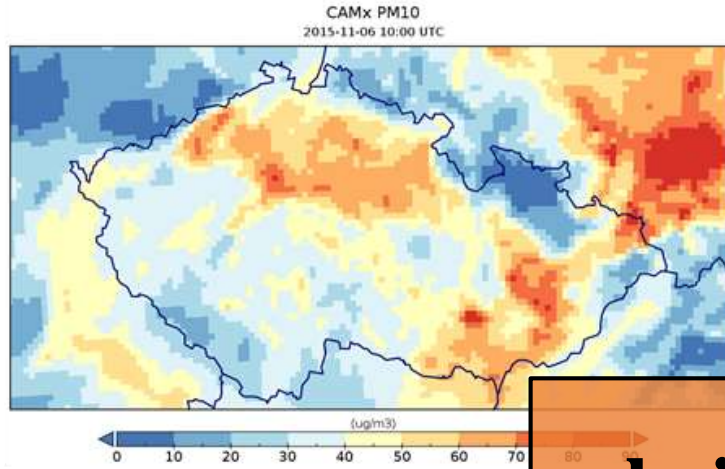
Průměrný roční imisní příspěvek primárních částic PM₁₀ z antropogenních zdrojů pro rok 2014 (SYMOS)

5letý průměr (2009–2013) map průměrných ročních koncentrací PM₁₀



Nový způsob – doplňková data

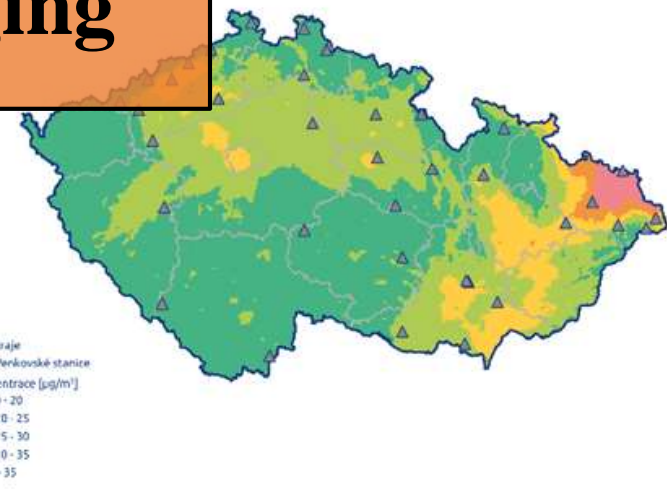
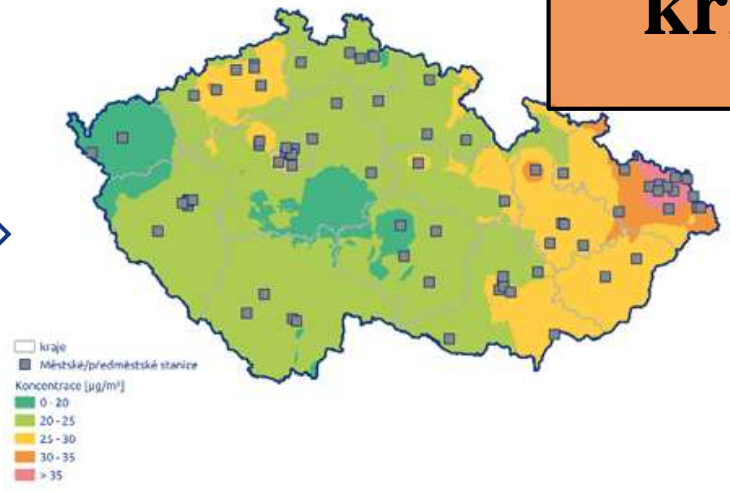
průměrné hodinové,
resp. denní
koncentrace PM_{10}
z modelu CAMx ⇨



⇨ nadmořská výška

kriging

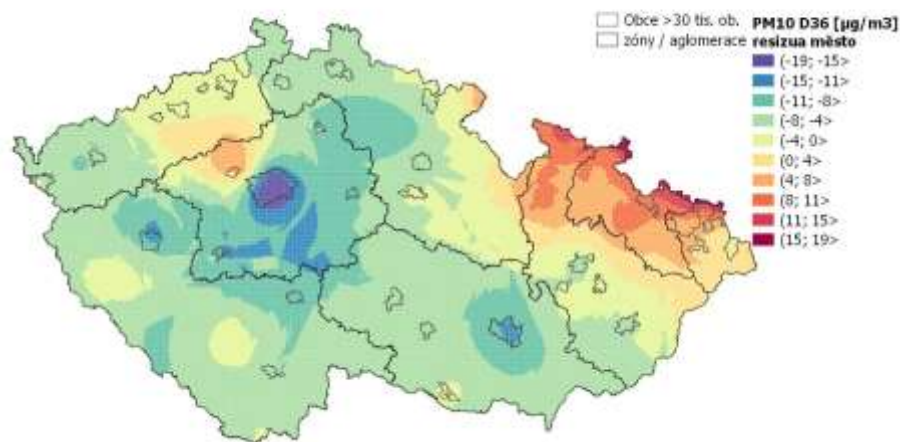
městská mapová
vrstva průměrné
roční koncentrace
 PM_{10} v roce 2013 ⇨



⇨ venkovská
mapová vrstva
průměrné roční
koncentrace PM_{10}
v roce 2013

Odhad nejistoty křížovým ověřením

Interpolovaná residua ($\hat{R}(s_0)$)



Křížové ověření (cross-validation)

Rezidua se interpolují do místa stanice pouze s využitím dat z okolních stanic

standardní chyba odhadu (Root Mean Square Error): $RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\hat{Z}(s_i) - Z(s_i) \right)^2}$,

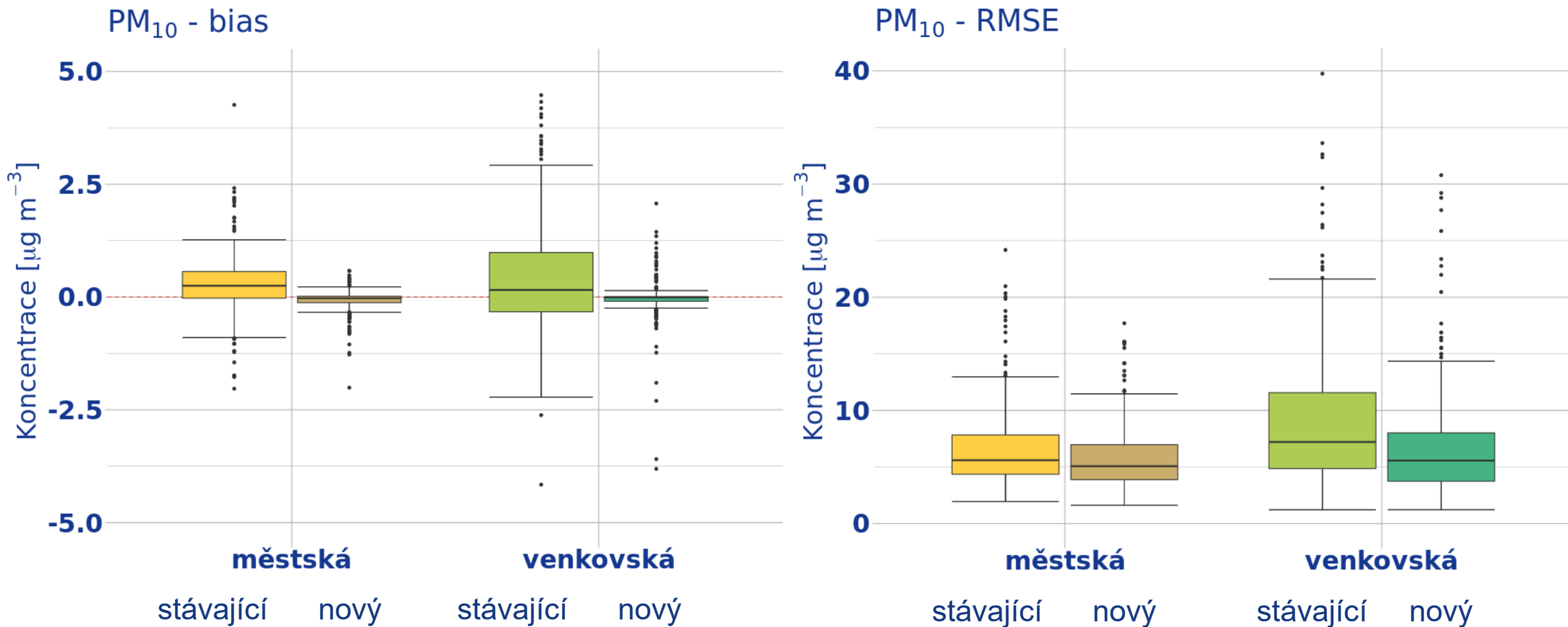
normovaná standardní chyba odhadu (nRMSE): $nRMSE = \frac{RMSE}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z(s_i)}$,

systematického vychýlení: $bias = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\hat{Z}(s_i) - Z(s_i) \right)$,

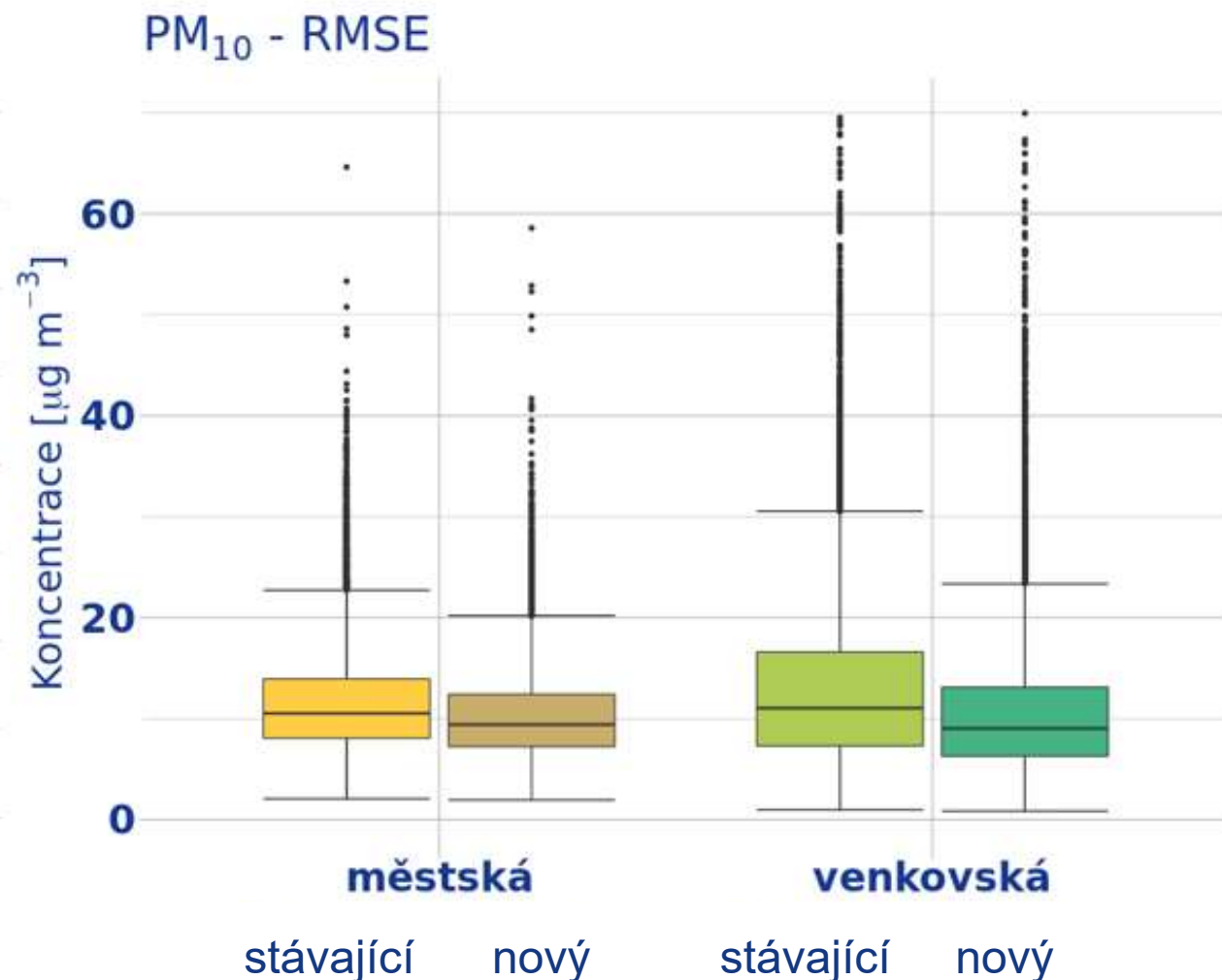
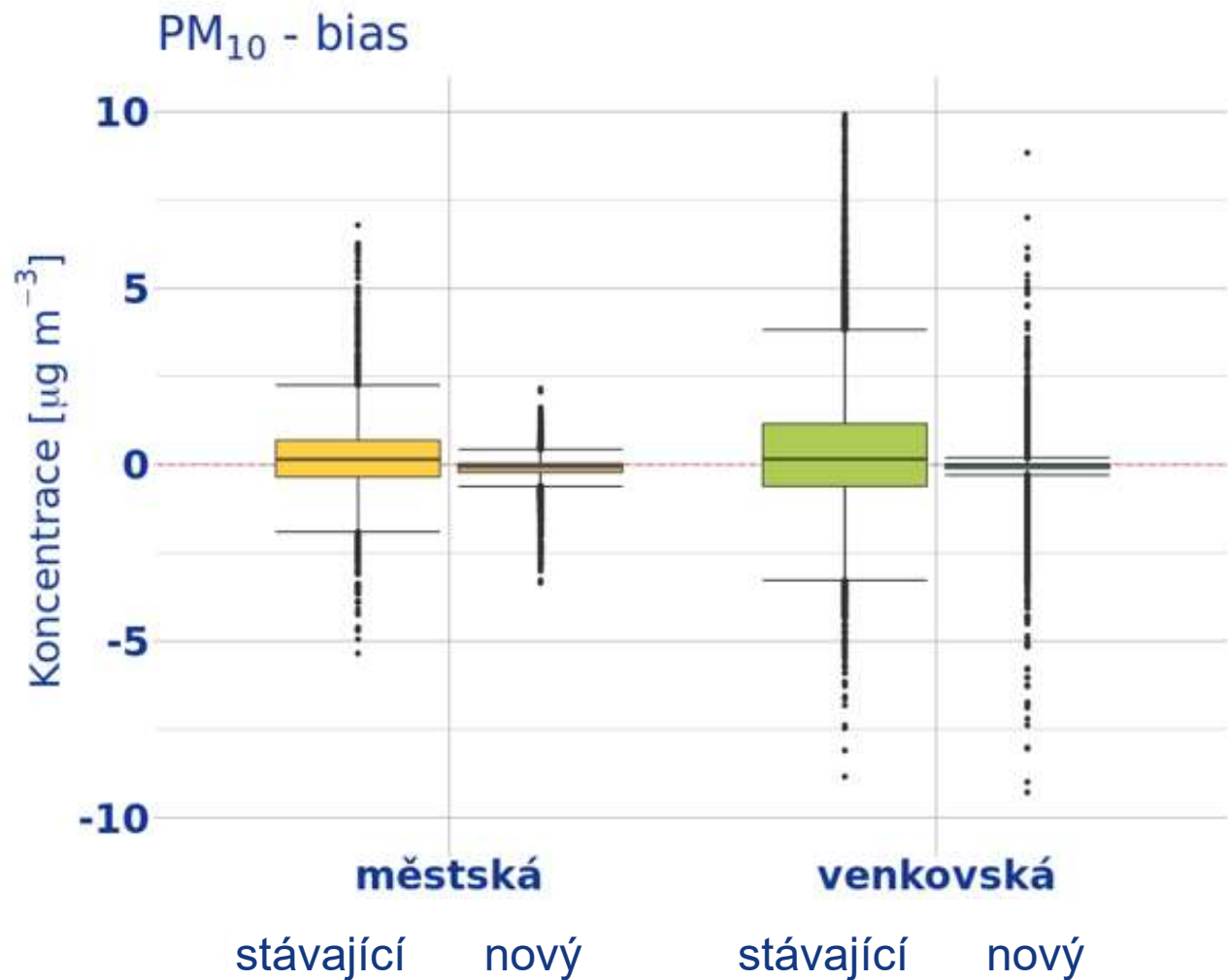
faktor 2 (FAC2)

Operativní mapy - výsledky

VÝSLEDKY (křížové ověření) – denní mapy



VÝSLEDKY (křížové ověření) – hodinové mapy



VÝSLEDKY (křížové ověřování)

Mapová vrstva PM ₁₀	Způsob mapování	RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]				nRMSE [%]				bias [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]				FAC2
		prům	Q _{0,25}	med	Q _{0,75}	prům	Q _{0,25}	med	Q _{0,75}	prům	Q _{0,25}	med	Q _{0,75}	
Městská denní	stávající	6,6	4,4	5,6	7,8	28	23	27	31	0,28	-0,03	0,25	0,56	0,97
	nový	5,7	3,9	5,1	7,0	24	20	23	28	-0,07	-0,12	-0,03	0,02	0,98
Venkovská denní	stávající	9,3	4,9	7,3	11,6	43	30	43	52	0,52	-0,31	0,16	1,03	0,85
	nový	6,6	3,8	5,6	8,0	32	23	31	38	-0,04	-0,09	-0,01	0,01	0,92
Městská hodinová	stávající	11,8	8,1	10,5	13,9	53	40	49	62	0,20	-0,35	0,15	0,69	0,82
	nový	10,5	7,2	9,4	12,4	47	36	44	55	-0,12	-0,22	-0,04	0,04	0,85
Venkovská hodinová	stávající	13,7	7,3	11,1	16,7	66	49	62	78	0,46	-0,61	0,17	1,19	0,68
	nový	11,0	6,3	9,0	13,1	56	39	50	64	-0,09	-0,11	-0,01	0,01	0,76

VÝSLEDKY – četnost použití daných doplňkových dat

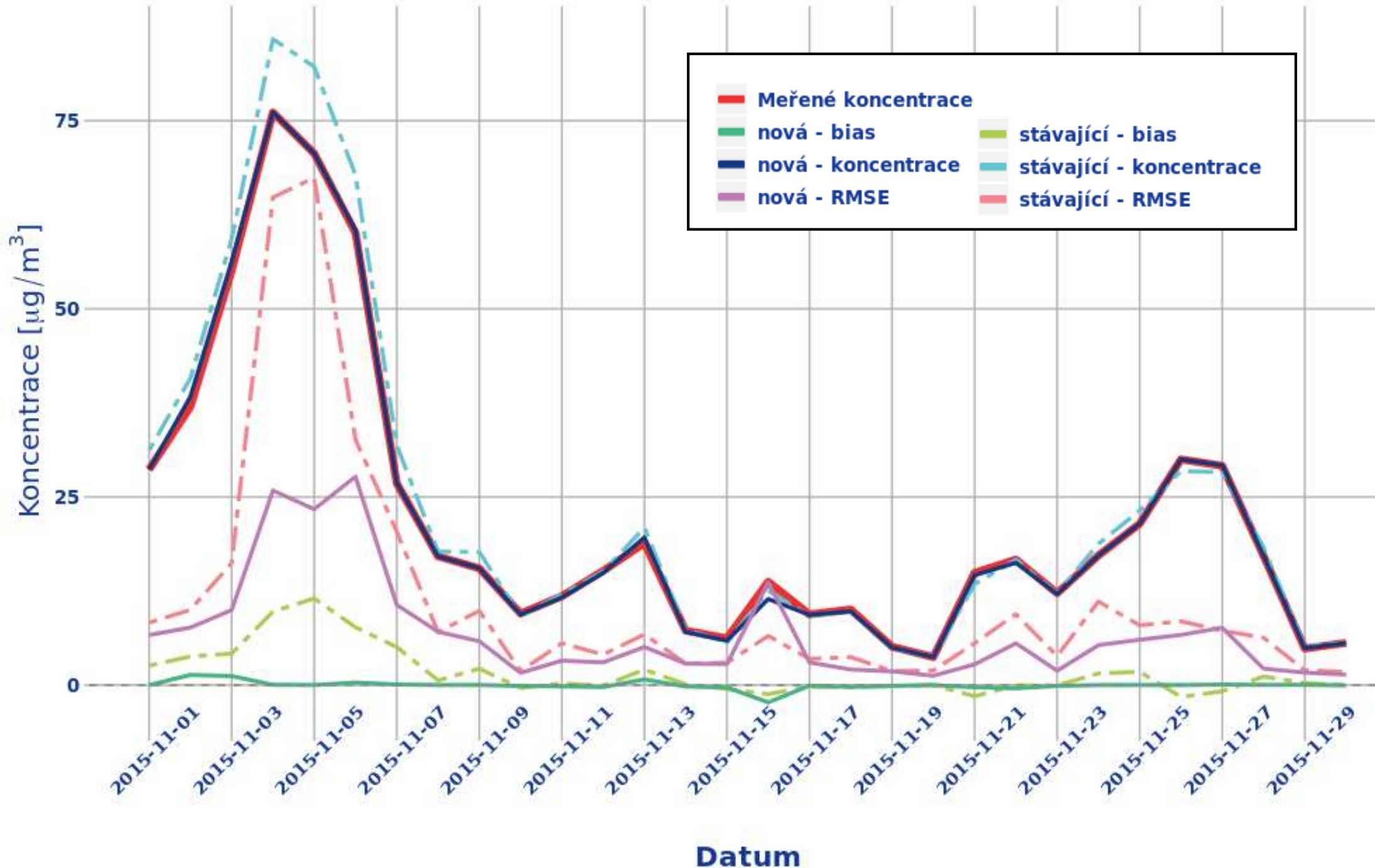
Stávající způsob

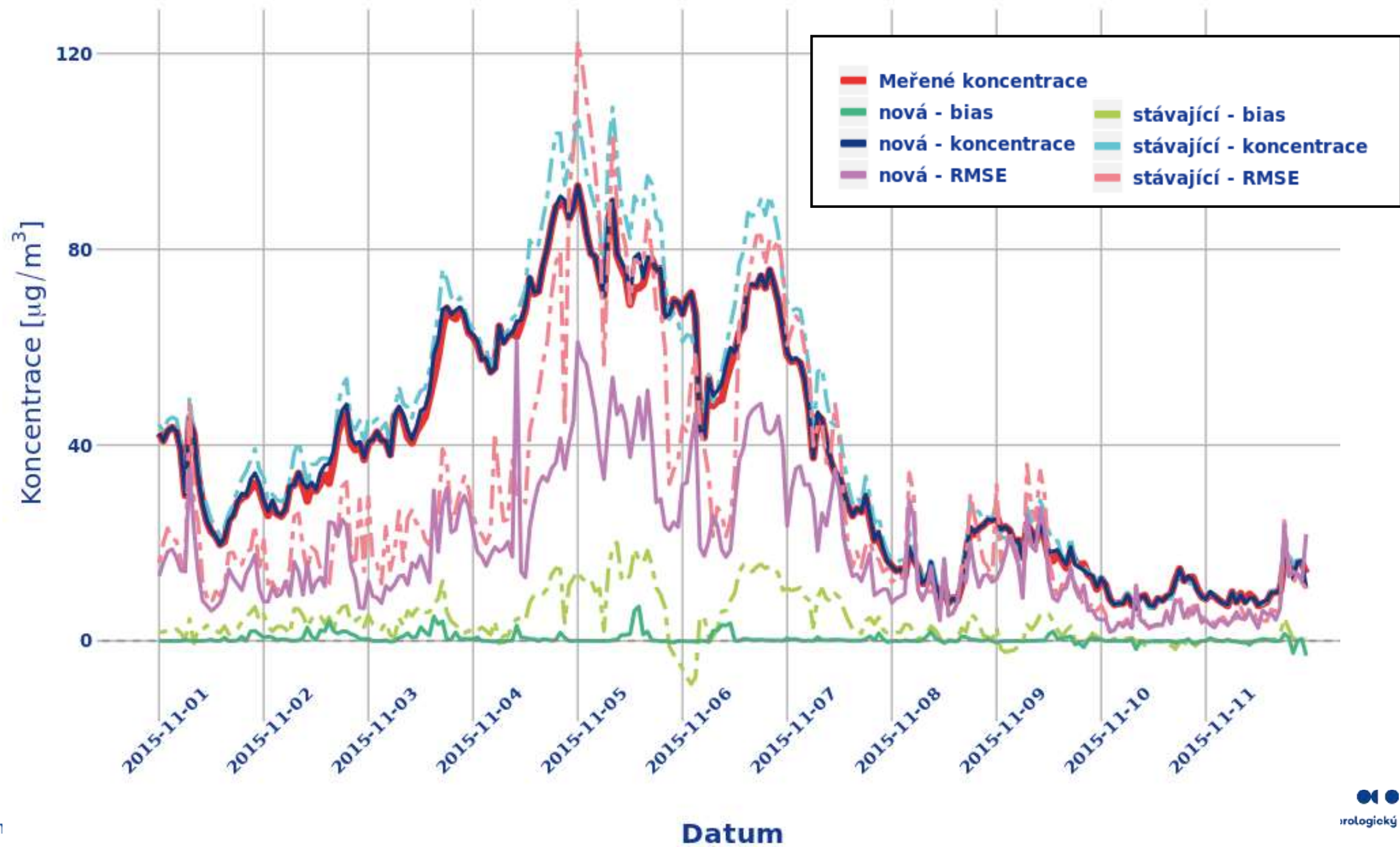
Typ map	Mapová vrstva	Jen interpolace	Pětiletí	SYMOS
Denní	městská	257	104	108
	venkovská	226	122	139
Hodinové	městská	5 851	2 373	2 909
	venkovská	5 704	2 190	3 056

„Jen interpolace“ – mapa vznikla prostou interpolací staničních dat (IDW pro stávající a kriging pro nový způsob)

Nový způsob

Typ map	Mapová vrstva	Jen interpolace	CAMx	Nadm. výška	Ročenka (venkovská)	Ročenka (městská)
Denní	městská	3	286	167	nebylo použito	321
	venkovská	3	297	170	260	nebylo použito
Hodinové	městská	244	6 376	3 974	nebylo použito	6 378
	venkovská	331	6 314	4 073	5 281	nebylo použito





Operativní mapy - souhrn

Souhrn - denní mapy

Stávající způsob

Nový způsob

BIAS [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]

venkov

0,52

>>

-0,04

město

0,28

>>

-0,07

RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]

venkov

9,3

>>

6,6

město

6,6

>>

5,7

Prostá interpolace:

cca 1/3 dnů
(alespoň 1 vrstva)

>>

pouze 3 případy
(obě vrstvy)

Období vysokých koncentrací:

Systematické
nadhodnocení

>>

Bez systematického
nadhodnocení

Souhrn - hodinové mapy

		<u>Stávající způsob</u>		<u>Nový způsob</u>
BIAS [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	venkov	0,46	>>	-0,09
	město	0,20	>>	-0,12
RMSE [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	venkov	13,7	>>	11,0
	město	11,8	>>	10,5
Prostá interpolace:		44 % hodin (alespoň 1 vrstva)	>>	pouze 3 % případy (obě vrstvy)
Období vysokých koncentrací:		Systematické nahodnocení	>>	Bez systematického nahodnocení

Závěr

Nový způsob tvorby denních a hodinových operativních map pro PM₁₀

- více využívá doplňkových dat, zejména aktuálních výstupů chemického transportního modelu CAMx,
- odstranil systematické vychýlení, které bylo výrazné zejména ve venkovských oblastech,
- snížil celkovou chybu,
- téměř eliminovat nutnost prosté interpolace staničních dat,
- systematické vychýlení již tak silně nezávisí na velikosti měřených koncentrací,
- výrazné zpřesnění nastalo zejména v období smogových situací.

Poznámka na úplný konec

Výstupy z rozptylového modelu zatíženy nejistotou (zejména na straně emisních vstupů); obecně platí, že čím silnější vazba mezi modelem a měřením, tím menší roli hraje interpolace reziduí (žádoucí stav) ⇒ požadavek na maximální přesnost modelu i mimo místa měření.


Literatura

- ✍️ ĐOUBALOVÁ, J., VLČEK, O., HORÁLEK, J., 2020. Z přesnění operativních map PM₁₀ zahrnutím výstupu modelu CAMx, dalších doplňkových dat a využitím krigingu. Meteorologické zprávy, roč. 73, č. 3, s. 78–86. ISSN 0026-1173. Dostupné také z WWW:
https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/assets/2020/CHMU_MZ_3-20.pdf

Děkuji za pozornost

Ondřej Vlček

✉ *ondrej.vlcek@chmi.cz*


Český
hydrometeorologický
ústav