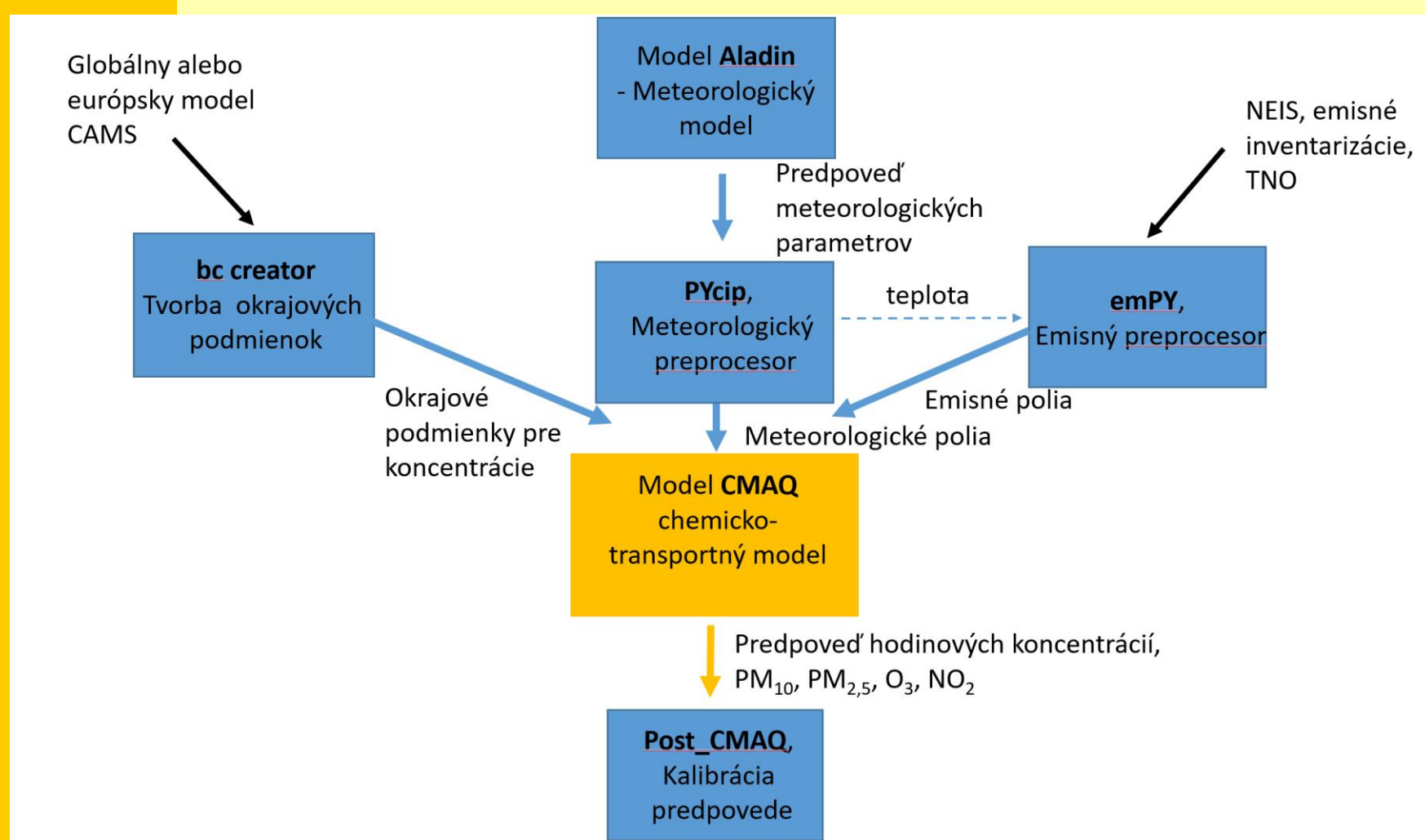


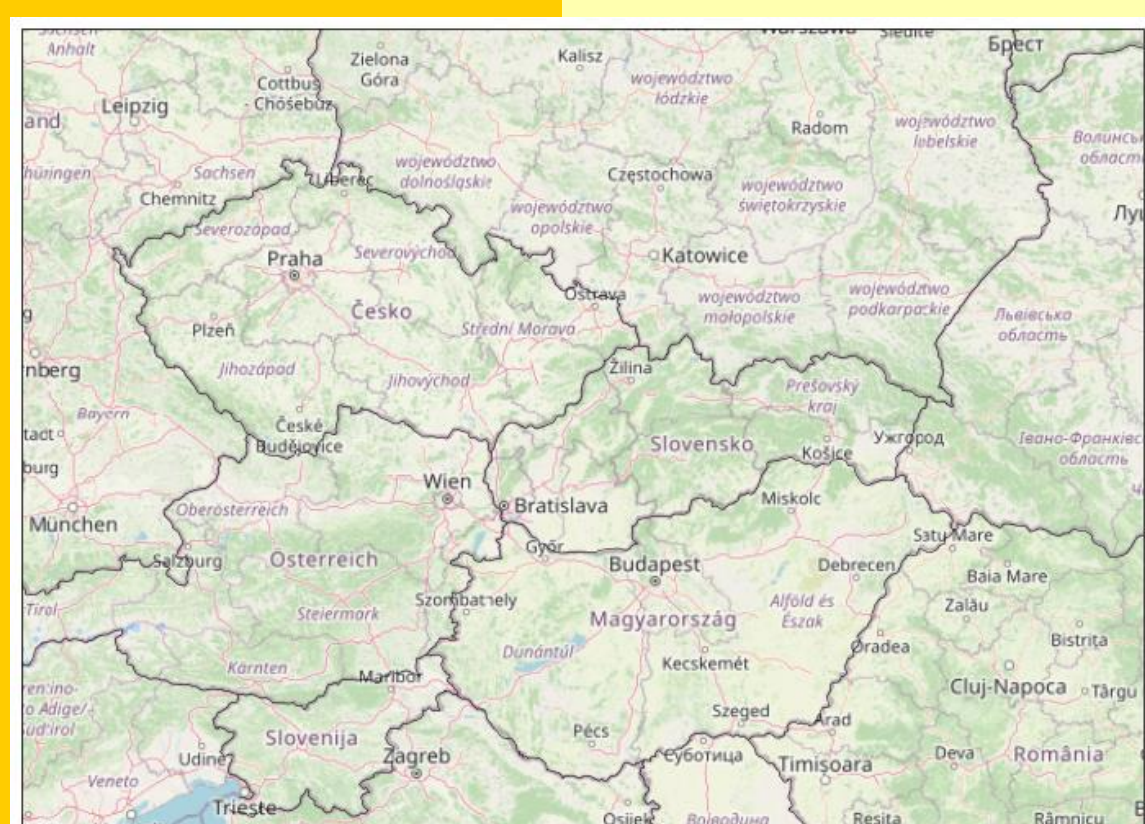
## Úvod

V septembri roku 2023 bola prvýkrát v histórii SHMÚ zahájená operatívna predpoveď kvality ovzdušia. Operatívna predpoveď kvality ovzdušia je prevádzkovaná na superpočítači HPC3. Základom systému je chemicko-transportný model CMAQv5.3.3[1,2], ktorý využíva predpovede meteorologických polí z modelu Aladin (ALARO 2-e) [3]. Meteorologické polia sú preprocesované meteorologickým preprocesorom Pycip do formátu netCDF vhodného pre model CMAQ. Zároveň sa teplotné pole v 2 m využije pre výpočet emisných tokov pre lokálne kúreniská v preprocesore emPY [4], ktorého výstupom sú časovo premenné emisné polia. Výsledkom predpovede sú mapy koncentrácií znečisťujúcich látok pre  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $O_3$  a  $NO_2$  (mapové produkty sa dajú zobraziť na adrese dostupnej na sieti SHMÚ <http://10.20.7.241:8181/cmaq>). Chemické okrajové podmienky sa získavajú z modelov CAMS GLOBAL a CAMS EUROPE. Jednotlivé programy operatívnej suity 1 sú spúšťané pomocou aplikácií run\_app systému, ktorý bol vyvinutý na NWP SHMÚ (M. Belluš). Tento systém umožňuje spúšťať aplikácie modulárne, unifikovane a automaticky, tiež umožňuje monitorovanie aplikácií pomocou vizuálneho prostredia.

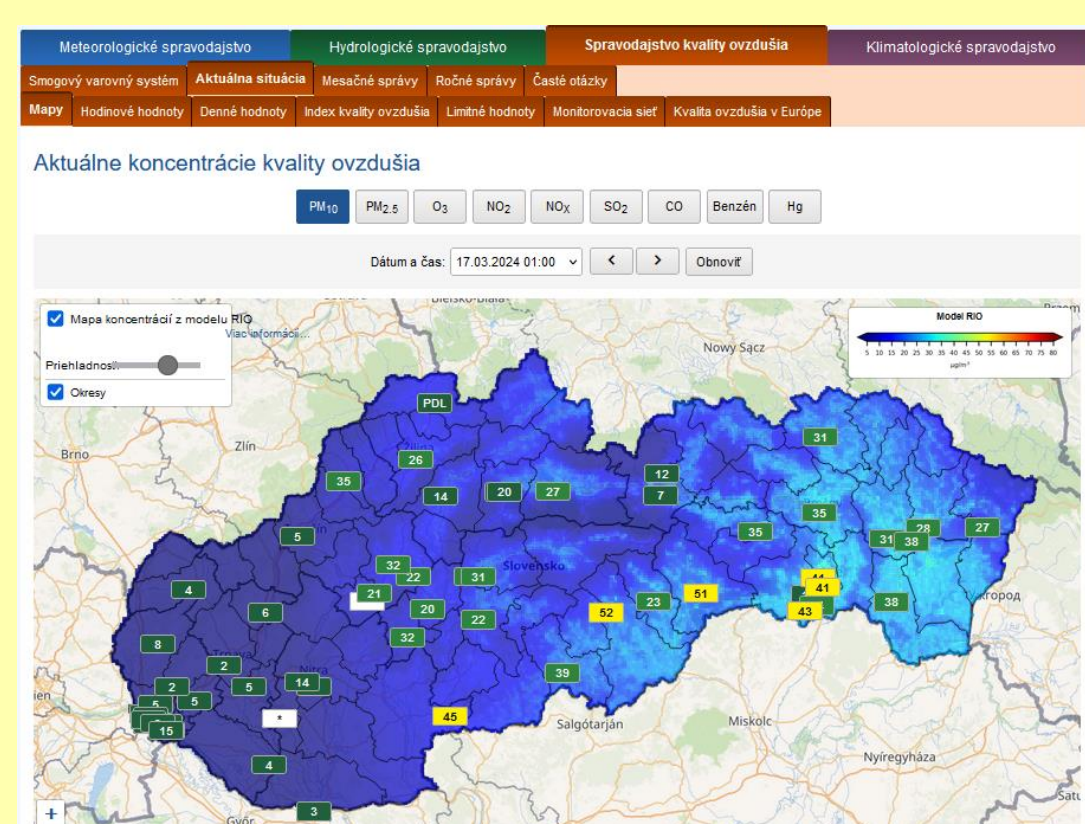


Obr.1: Schematické znázornenie operatívnej predpovede kvality ovzdušia.

Predpoveď sa spúšťa dvakrát denne pre termíny: 00 a 12 UTC a dĺžka predpovede je 48 hodín. Horizontálne rozlíšenie modelu je 2 km. Momentálne sú predpovede prístupné len na internej sieti SHMÚ, ale v blízkej dobe sa pre verejnosť plánujú zverejniť aj na webovej stránke SHMÚ.



Obr. 2: Výpočtová doména

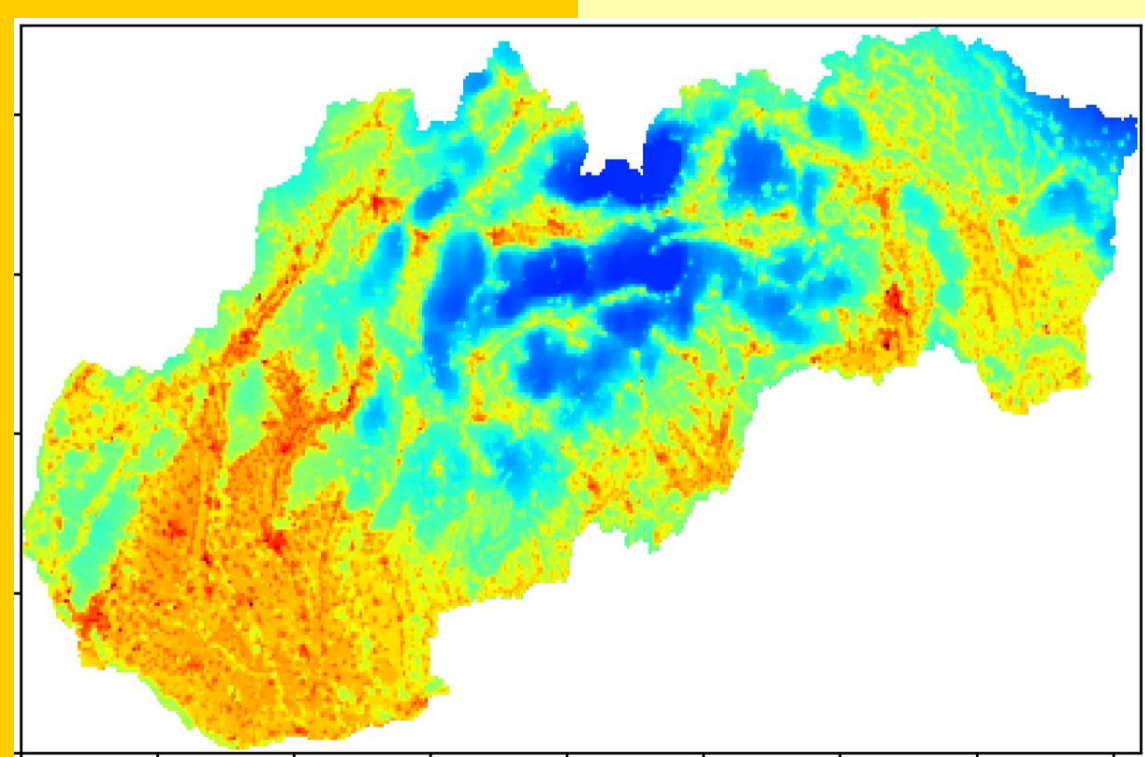


Obr. 3: Namerané a interpolované priemerné hodinové koncentrácie (za predchádzajúcu hodinu). Interpolácia je výstupom modelu RIO. Dostupné online na [shmu.sk](http://shmu.sk)

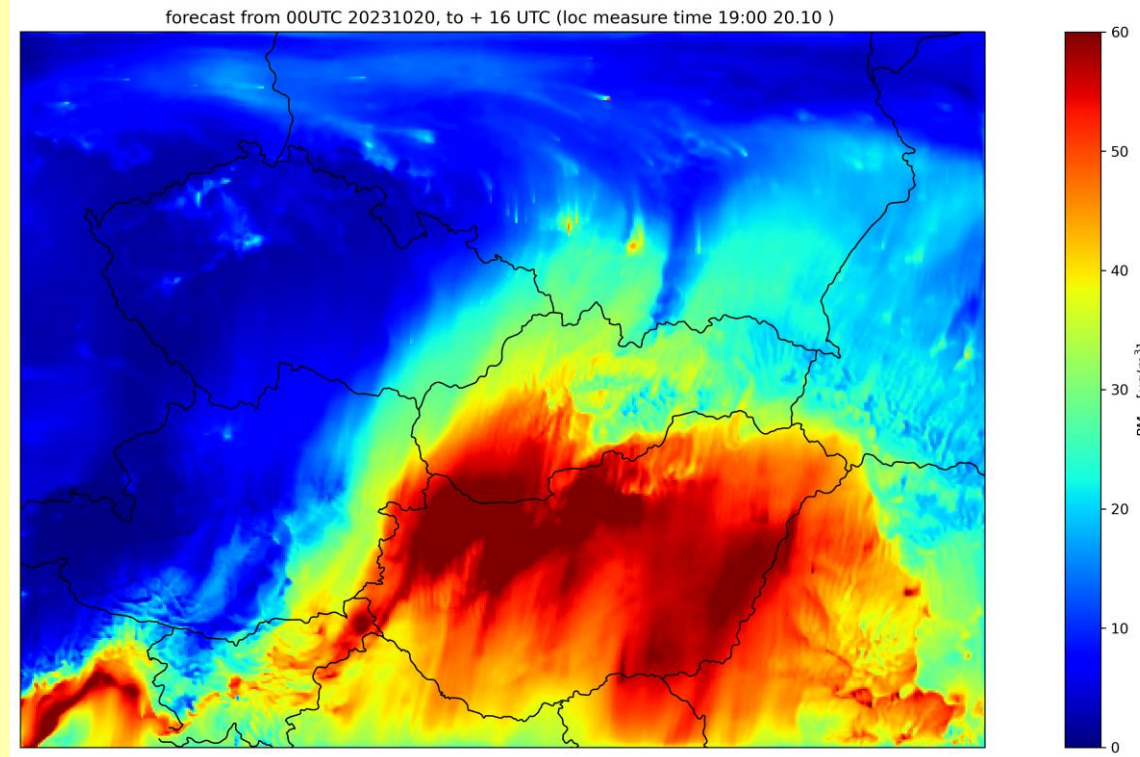
Predpovede modelu CMAQ sú validované online pomocou automatických skriptov a vizuálne prostredníctvom koncentračných máp, ktoré sa vytvárajú operatívne každú hodinu pomocou regresno-interpoláčného modelu RIO z nameraných údajov na Národnej monitorovacej sieti kvality ovzdušia a sú dostupné na [shmu.sk](http://shmu.sk) (Obr. 3).

## Vybrané situácie

Na Obr. 5 je zachytený vpád saharského prachu v prízemnej vrstve vo forme častíc  $PM_{10}$  na území Slovenska dňa 20.10.2023, ktorý bol predpovedaný modelom CMAQ. Zvýšené koncentrácie bolo možné pozorovať aj na Národnej monitorovacej sieti kvality ovzdušia, ako je vidieť z výsledkov regresno-interpoláčného modelu RIO Obr. 4. V tomto prípade vidíme, že regresno-interpoláčny model nám ukazuje nesprávne priestorové rozloženie koncentrácií, pretože model je naučený na štandardné situácie, keď na vysoké koncentrácie  $PM_{10}$  najviac vplyvajú lokálne kúreniská.

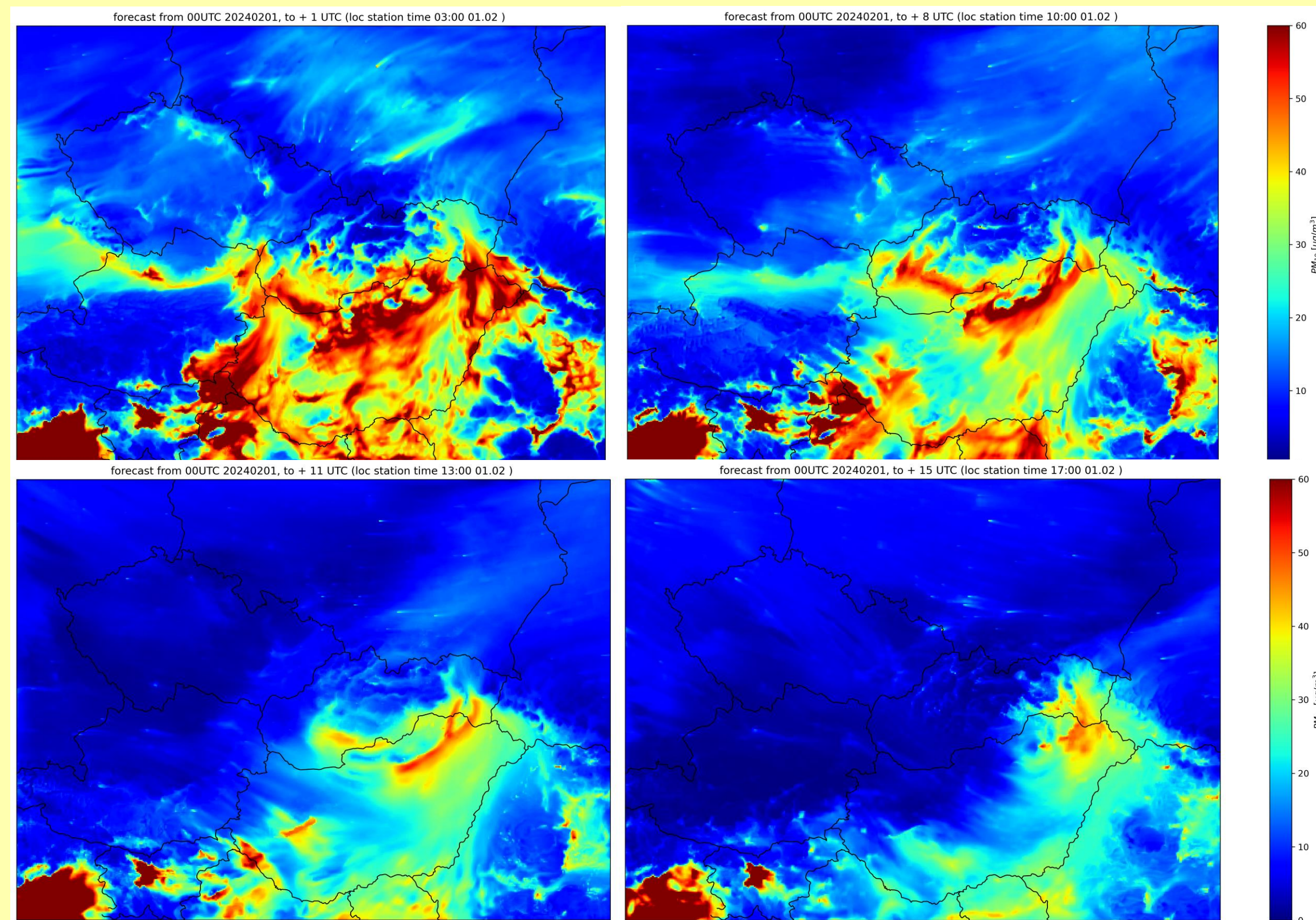


Obr.4: Prízemné koncentrácie častíc  $PM_{10}$  dňa 20.10.2023 medzi 18:00 a 19:00 LSEČ pomocou regresno-interpoláčného modelu RIO.

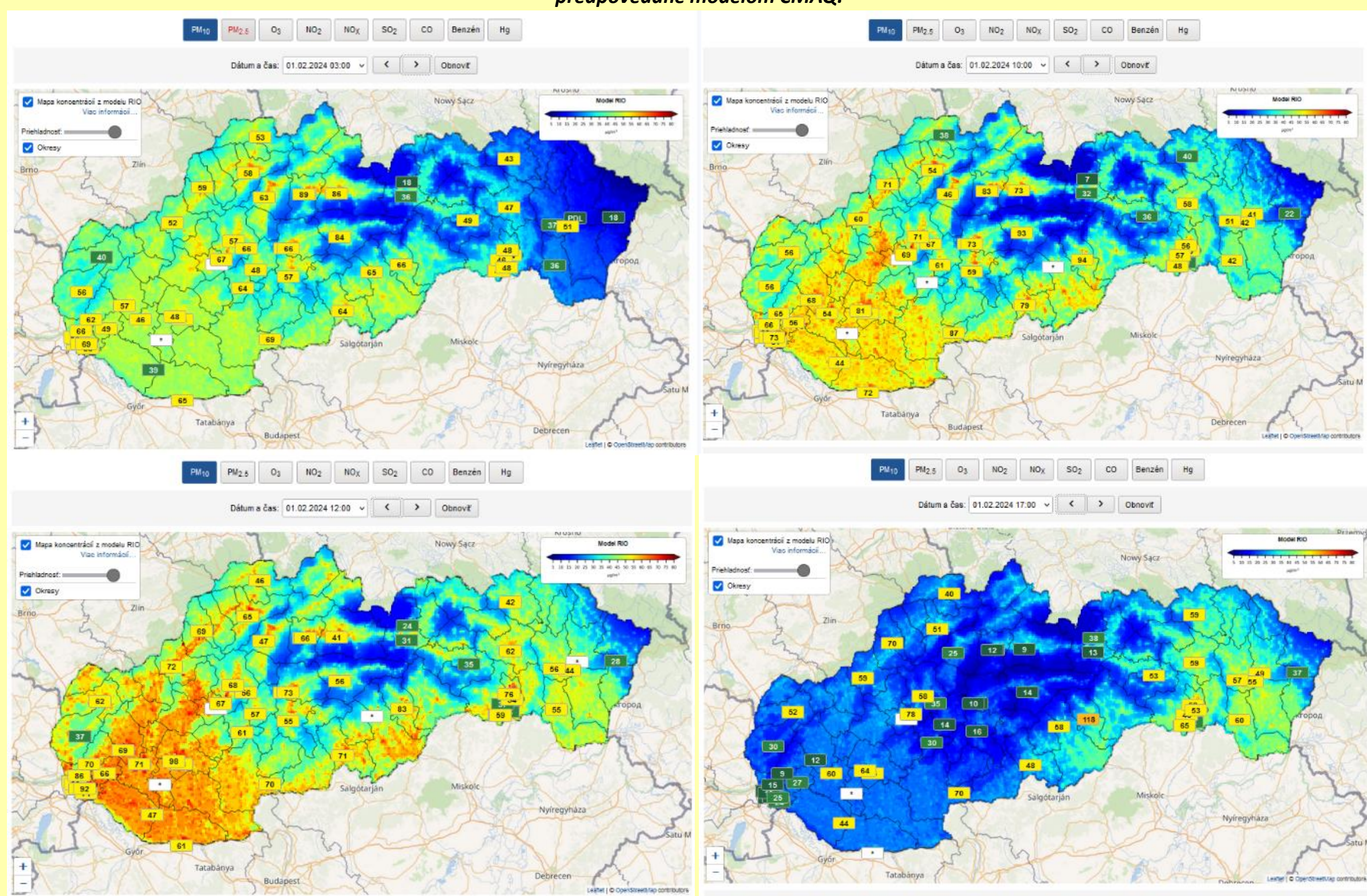


Obr.5: Prízemné koncentrácie častíc  $PM_{10}$  dňa 20.10.2023 medzi 18:00 a 19:00 LSEČ. Predpoveď modelu CMAQ. Vidno vplyv saharského prachu.

Na Obr. 6 je znázornený priebeh koncentrácií  $PM_{10}$  počas 01.02.2024 predpovedaný modelom CMAQ a na Obr. 7 namerané hodnoty na staniách spolu s priestorovým rozložením koncentrácií, ktoré sa získali regresno-interpoláčnym modelom IDW. Časové kroky sú rovnaké na oboch obrázkoch. Vidíme, že model predpovedal zvýšené koncentrácie o 03:00 aj o 10:00 SEČ, čo kvalitatívne súhlasí s pozorovaním. Avšak o 12:00 SEČ už model predpovedá postupné zlepšovanie kvality ovzdušia, vďaka postupujúcemu frontu, hoci v skutočnosti namerané hodnoty ostávajú stále veľmi vysoké, dokonca niekde aj vzrástli. Prízemné koncentrácie poklesli až postupne k večeru, okrem východného Slovenska. To indikuje, že pri frontoch v zime model výrazne a rýchlo premiešava prízemnú vrstvu, hoci v skutočnosti často dochádza k tomu, že v prízemnej vrstve ostáva staršia vzduchová hmota o niekoľko hodín dlhšie ako dáva predpoveď.



Obr.6: Prízemné koncentrácie častíc  $PM_{10}$  počas dňa 01.02.2024 predpovedané modelom CMAQ.



Obr.7: Prízemné koncentrácie častíc  $PM_{10}$  počas dňa 01.02.2024 pomocou regresno-interpoláčného modelu RIO.

## Validácia zimné obdobie 2023/2024

stanica	Priemer meranie	Priemer model	R	MB	RMSE	FAC2
CHOPOK, EMEP	80	79	0.51	-1	12	99
GANOVCE, METEO. ST.	48	70	0.59	22	26	82
KOJSOVSKA HOLA	62	74	0.43	12	18	98
TOPOLNIKY, ASZOD, EMEP	41	59	0.69	18	23	78
STARINA, VODNA NADRAZ, EMEP	46	69	0.4	24	28	78
STARA LESNA, AU SAV, EMEP	48	73	0.55	25	29	76

stanica	Priemer meranie	Priemer model	R	MB	RMSE	FAC2
CHOPOK, EMEP	2	1	0.36	0	3	47
GANOVCE, METEO. ST.	8	6	0.73	-3	7	65
KOJSOVSKA HOLA	2	2	0.29	-1	2	53
TOPOLNIKY, ASZOD, EMEP	8	5	0.58	-3	6	60
STARINA, VODNA NADRAZ, EMEP	5	2	0.32	-3	4	45
STARA LESNA, AU SAV, EMEP	7	6	0.55	-1	4	71

stanica	Priemer meranie	Priemer model	R	MB	RMSE	FAC2
GANOVCE, METEO. ST.	11	7	0.7	-4	8	55
KOJSOVSKA HOLA	4	5	0.5	1	5	45
TOPOLNIKY, ASZOD, EMEP	13	12	0.59	-1	9	67
STARA LESNA, AU SAV, EMEP	8	5	0.55	-3	7	47
KOLONICKE SEDLO	14	7	0.46	-7	11	46

stanica	Priemer meranie	Priemer model	R	MB	RMSE	FAC2
TOPOLNIKY, ASZOD, EMEP	16	11	0.58	-5	10	59
STARA LESNA, AU SAV, EMEP	6	4	0.49	-2	6	43
KOLONICKE SEDLO	12	7	0.46	-5	9	51

Tab.1: Validácia modelu voči meraniam z behu 00 UTC +24h pre  $O_3$  (vľavo hore),  $NO_2$  (vpravo dole),  $PM_{10}$  (vľavo dole),  $PM_{2.5}$  (vpravo dole), údaje v tabuľkách sú v  $\mu g/m^3$ .

V Tab. 1 uvádzame validáciu a štatistiku modelu CMAQ s údajmi nameranými na regionálnych požadových automatických staniách Národnej monitorovacej siete kvality ovzdušia. Model nadhodnocuje koncentrácie prízemného ozónu, čo je pravdepodobne spôsobené nedostatočnou parametrizáciou povrchových polí (Leaf area index - LAI, vegetation coverage) a okrajovými podmienkami z európskeho modelu CAMS. V prípade pevných častíc PM model podhodnocuje namerané údaje, čo je pravdepodobne spôsobené podhodnotením emisií (najmä z lokálnych kúrenísk), nízkym rozlíšením modelu (2 km) a ťažkosťami pri predpovedaní meteorologických veličín v prípade prízemných inverzií.

## Použitá literatúra

- [1] Byun, D., Schere, K., 2006. Review of the governing equations, computational algorithms, and other components of the Model-3 Community Multiscale Air Quality (CMAQ) Modeling System. Appl. Mech. Rev. 59 (2), 51–77. <https://doi.org/10.1115/1.2128636>.
- [2] United States Environmental Protection Agency. (2020). CMAQ (Version 5.3.2) [Software]. Available from <https://doi.org/10.5281/zenodo.4081737>
- [3] Derková et. al., 2017: Recent improvements in the ALADIN/SHMU operational system. Meteorologický časopis SHMÚ, Vol.20, No. 2, pp 45-52.
- [4] emPY [Software] <https://github.com/dusssaan/emPY>