

Projekt TURBAN: Doprovodná síť pro měření kvality ovzduší a meteorologie v Praze (datová podpora pro možnost validace mikroměřítkového městského modelu)

Ing. Petra Bauerová, Ph.D.
Ing. Adriana Šindelářová
RNDr. Josef Keder, CSc.

Mgr. Ondřej Vlček
Ing. Jan Šilhavý
A další projektový partneři


Český
hydrometeorologický
ústav

WP1 – Měřicí kampaň zahrnující stávající stacionární i specifická kampaňová měření meteorologie a kvality ovzduší

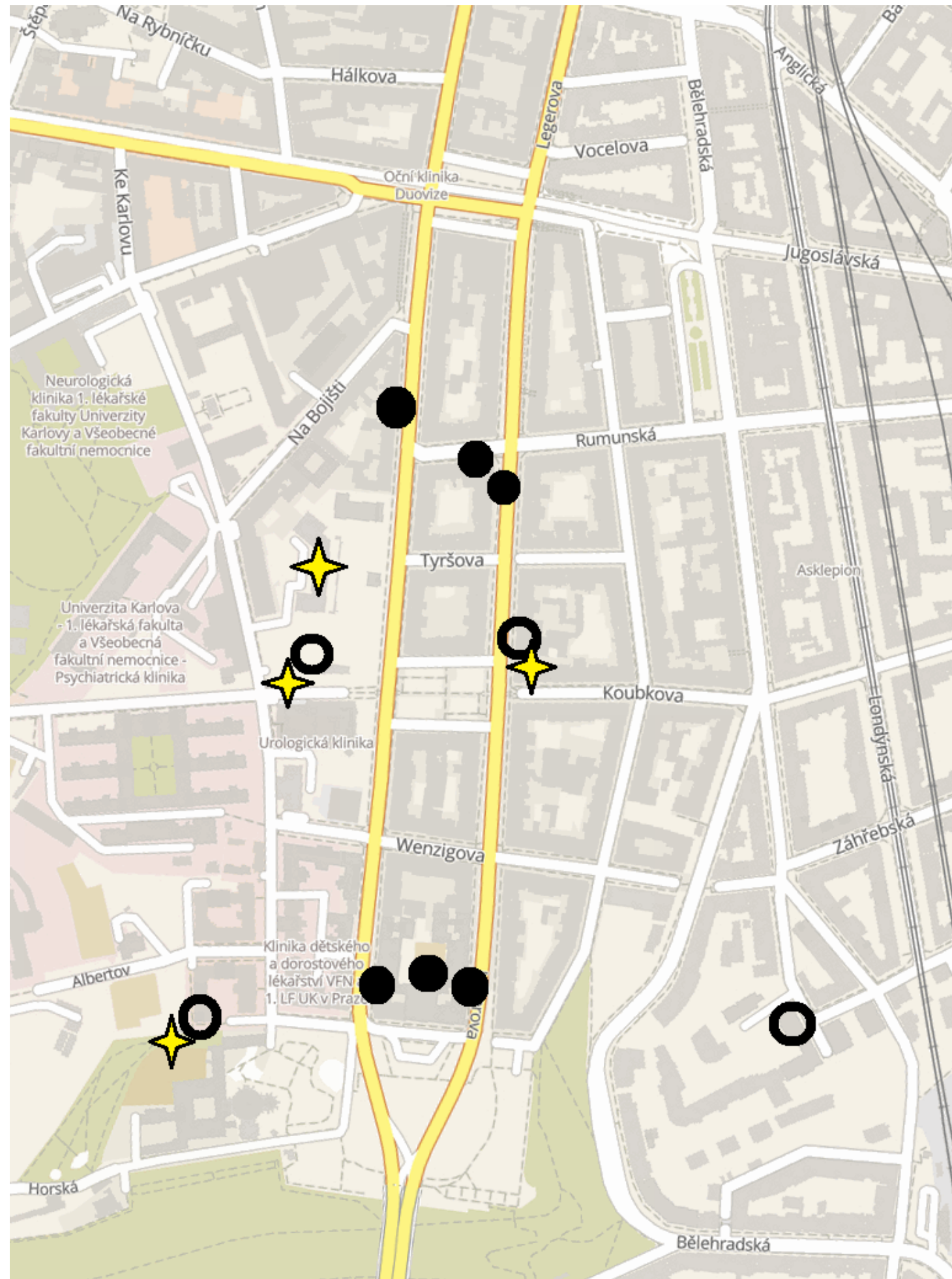
- zájmová lokalita pro instalaci doplňkových měření – **Praha Legerova a okolí**
- v rámci vybrané domény je situováno několik stanic AIM a meteorologických stanic (ČHMÚ)
- dodatečně instalováno:
 - síť 20 kombinovaných senzoričkových jednotek pro monitoring koncentrací PM_{10} a $PM_{2.5}$, NO_2 a O_3
 - 1 meteorologický stožár
 - mikrovlnný radiometr (profilové měření teploty vzduchu)
 - dopplerovský aerosolový LIDAR (profilové měření větru a zpětného rozptylu světla)









Harmonogram měřicí kampaně

- Orientační srovnávací měření všech senzorů na RM Libuš 12/2022 – 05/2022
- 02/2022 - instalace mikrovlnného radiometru na MS Karlov
- 03/2022 - instalace Dopplerovského LIDARu v areálu PVK
- 02-03/2022 - instalace 2 senzorů na AIM Legerova, 1 senzoru na MS Karlov
- 05/2022 - instalace 12 senzorů v ulici Legerova (6 ks), Rumunská (2 ks), Sokolská (4 ks)
- 06/2022 - instalace meteorologického stožáru a 1 senzoru v areálu PVK
- 07/2022 - instalace 1 senzoru na střechu hotelu v ulici U Zvonařky (pozadí)
- **Konec 03/2023 – odinstalace všech senzorických jednotek na Praze 2**
- **04/2023 – konečné srovnávací měření na RM Libuš**





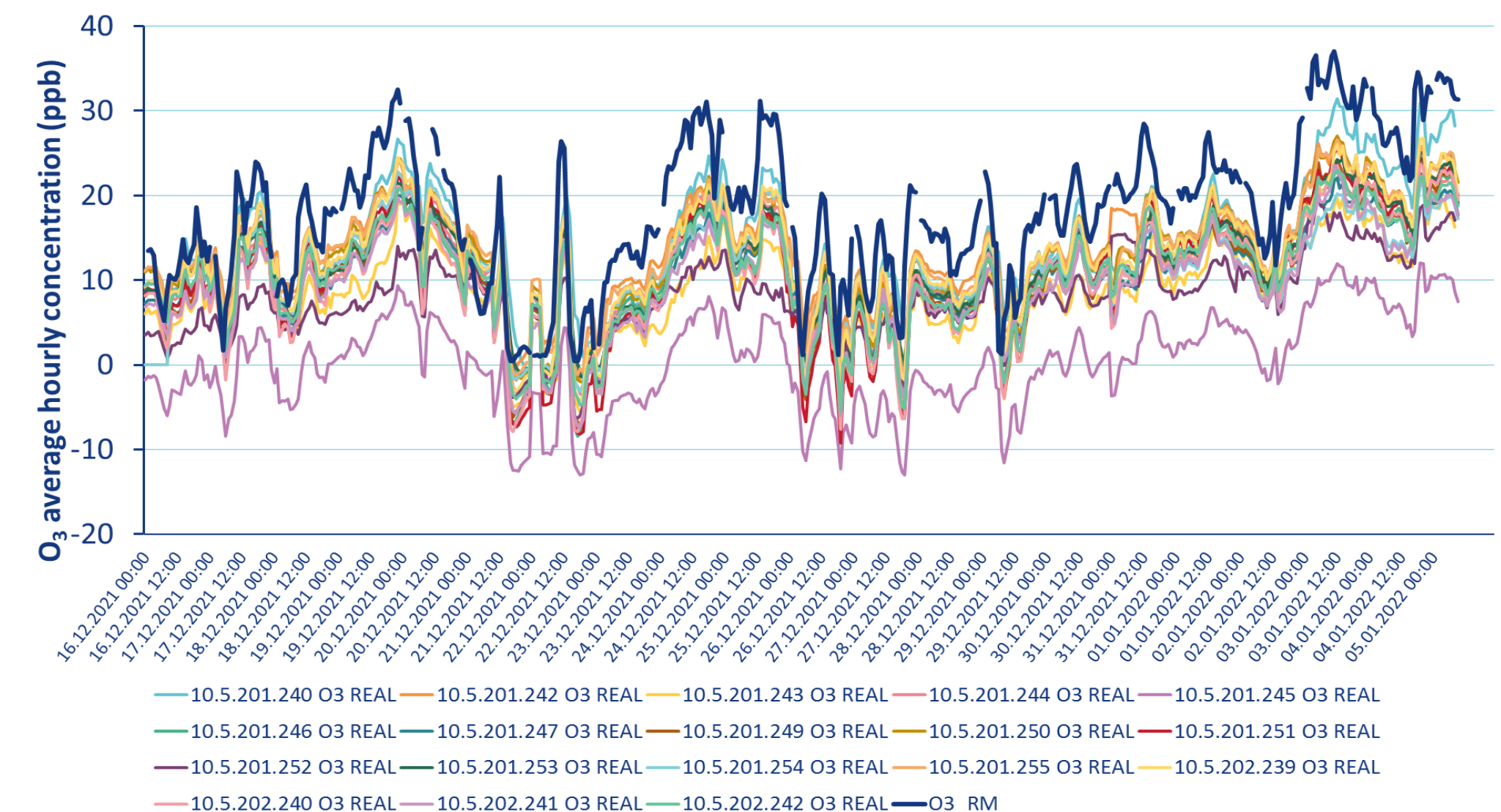
PLNÉ KOLEČKO	 	na lokalitě 2 senzory v různých výškách
KRUH	 	na lokalitě 1 senzor
HVĚZDA	 	měření jinými metodami (MWR, lidar, meteostožár, AIM)

Ověřování kvality senzorového měření – srovnávací měření ve venkovních podmínkách

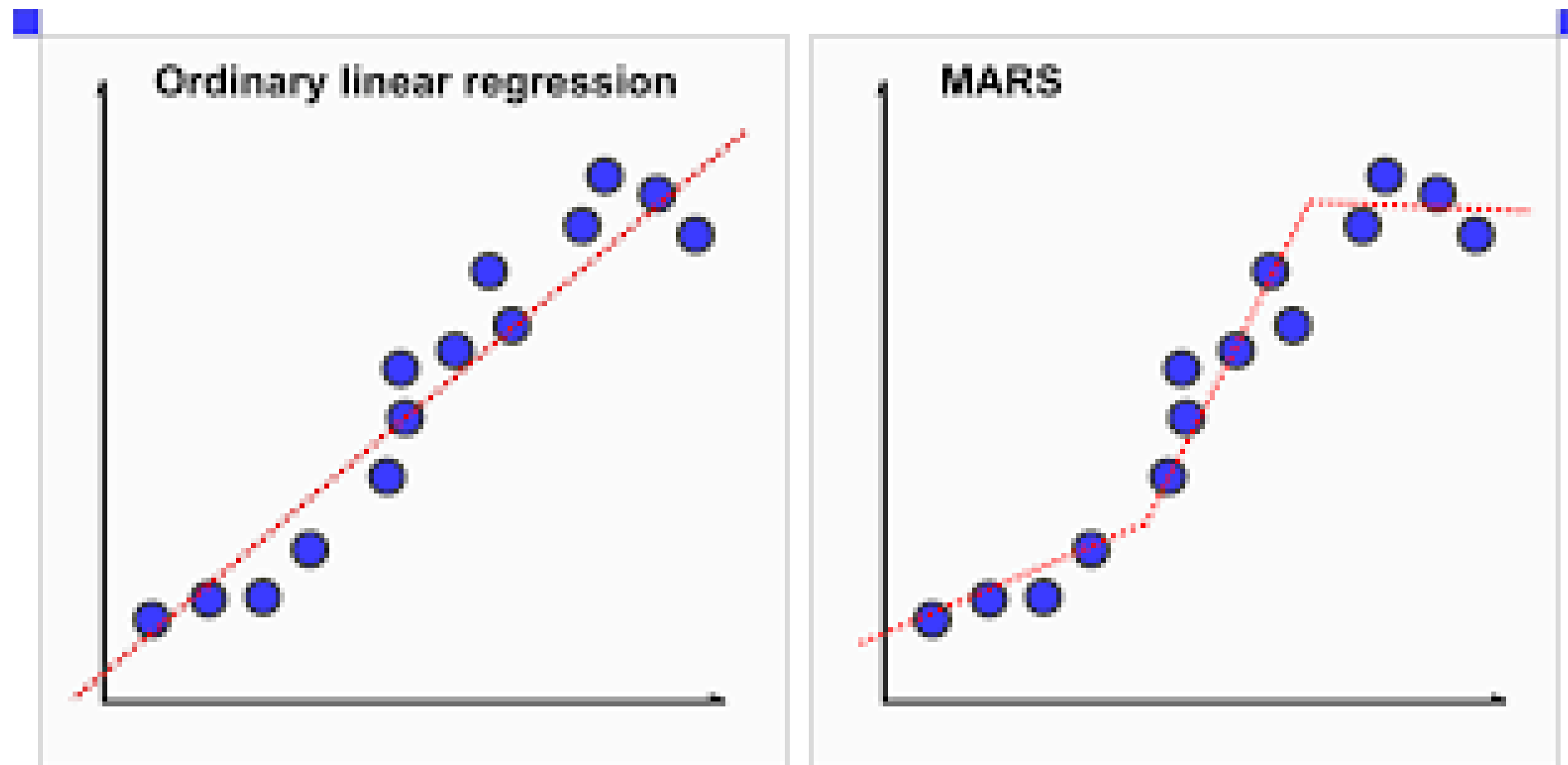
- původně nastaveno na 40 dní (doporučovaný standard)
- poté prodlouženo na dobu téměř 6 měsíců (využití časové prodlevy z přípravných prací pro rozvoj korekční metody)
- zaznamenání variability meteorologických podmínek v rámci roku

PROČ DĚLAT SROVNÁVACÍ MĚŘENÍ A PROČ NESTAČÍ KONTROLOVAT POUZE JEDEN SENZOR?

- poruchy – senzor neměří / měří očividně špatně
- smysluplnost dat (např. prohozené vstupy, časové posuny)
- velké rozdíly mezi senzory a referenčním měřením
- **velké rozdíly mezi jednotlivými senzory navzájem !**

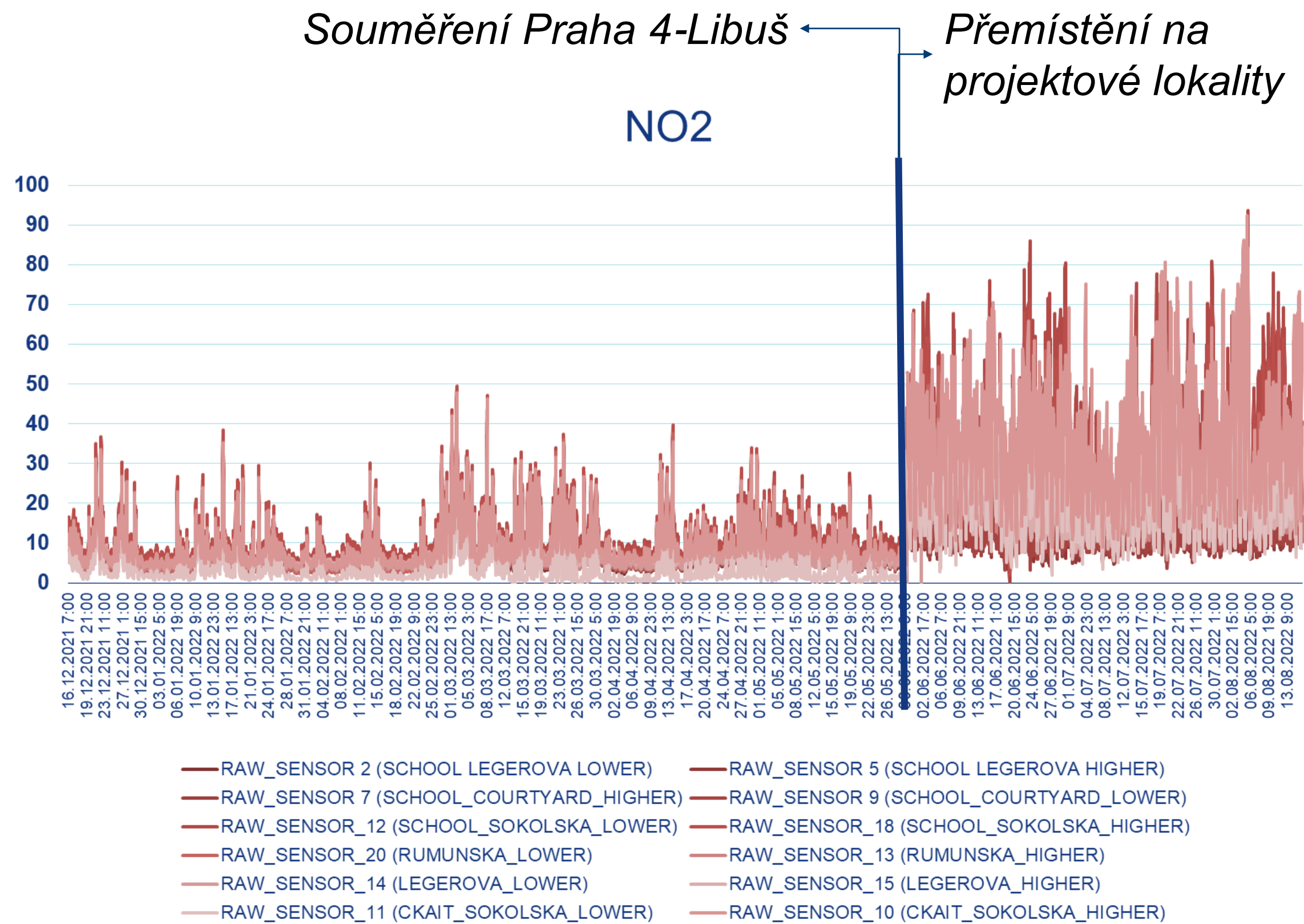


Ověřování kvality senzoričkých měření – nutnost hledání vhodných nových postupů korekce

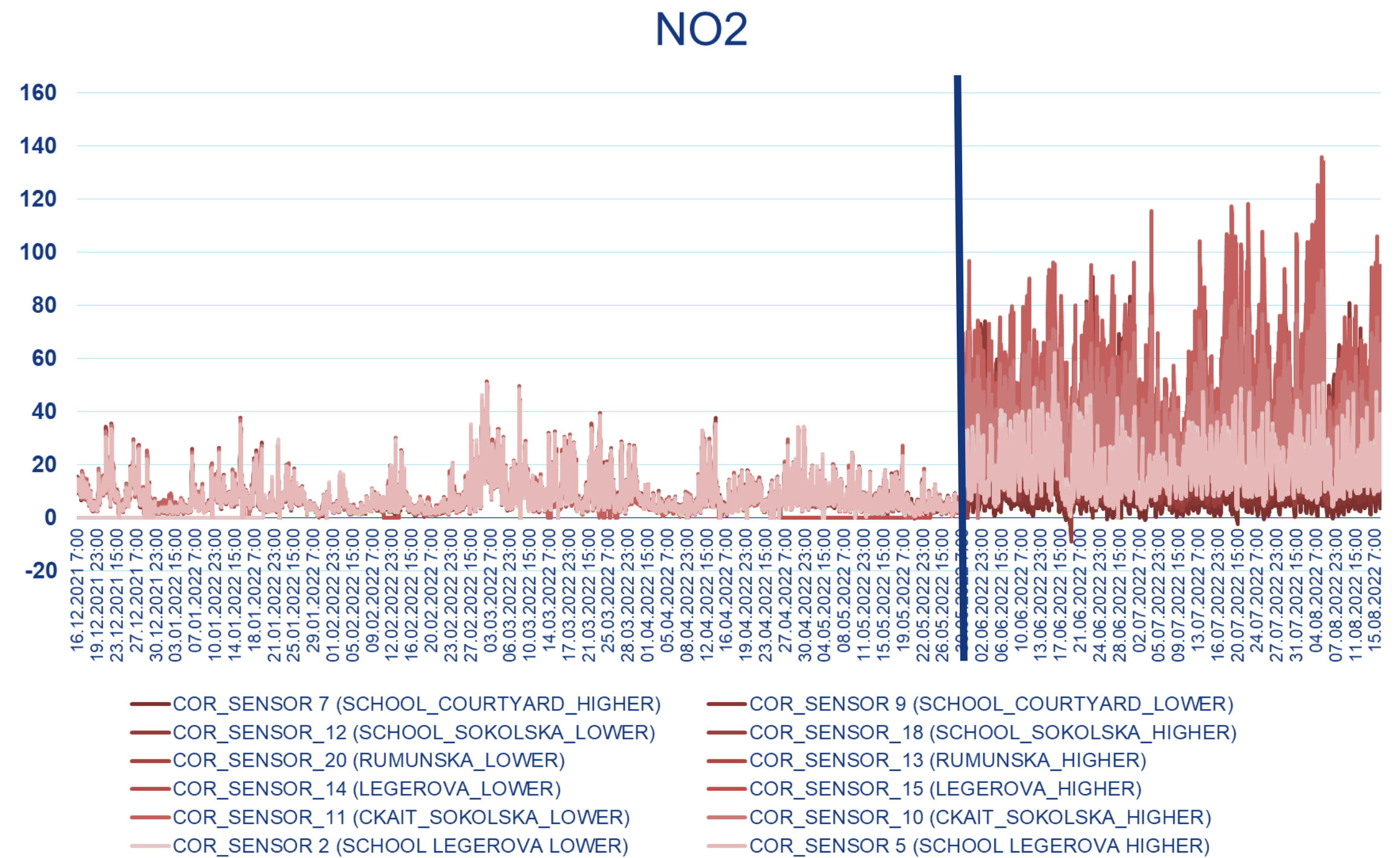


- Během testovacího měření detekovány velké rozdíly mezi jednotlivými senzory i mezi senzory a referenčním měřením => nezbytné aplikovat korekční metody
- **Korekce založené na lineární regeresi nefungovaly dobře (často se objevují nelineární vztahy mezi RM a senzory)**
- **Aktuálně aplikovány korekce založené na vícerozměrné adaptivní regresi – spline metoda**
- Možnost zahrnout do vztahu efekt meteorologických a jiných prvků, které často ovlivňují kvalitu měření senzorů
- **Závislá proměnná:** RM koncentrace; **Vysvětlující proměnné:** Senzor koncentrace, teplota, rel.vlhkost, rychlost větru, intenzita sl. záření, hodina dne

Data korigovaná metodou vícerozměrné adaptivní spline regrese

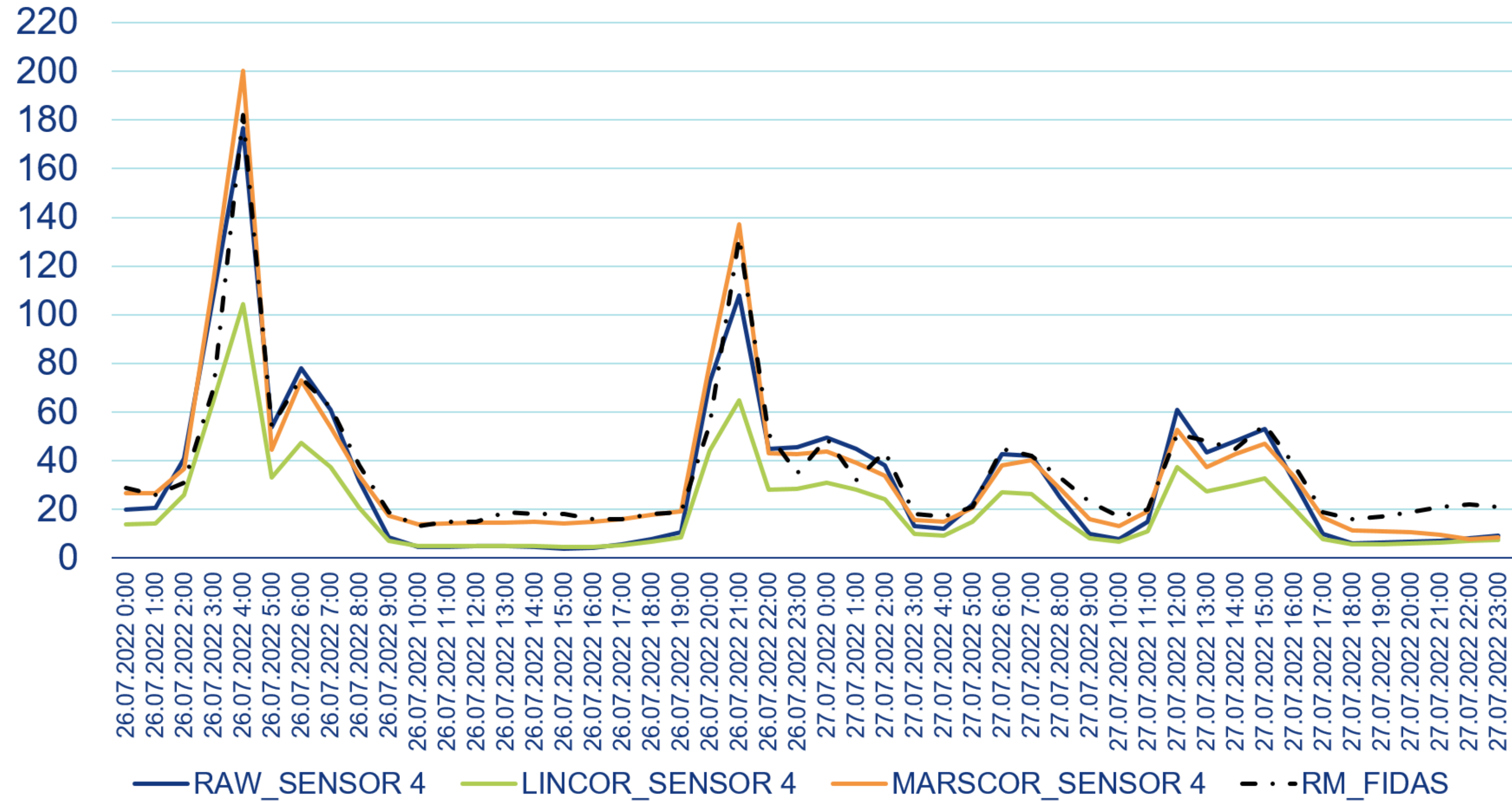


RAW DATA



KORIGOVANÁ DATA

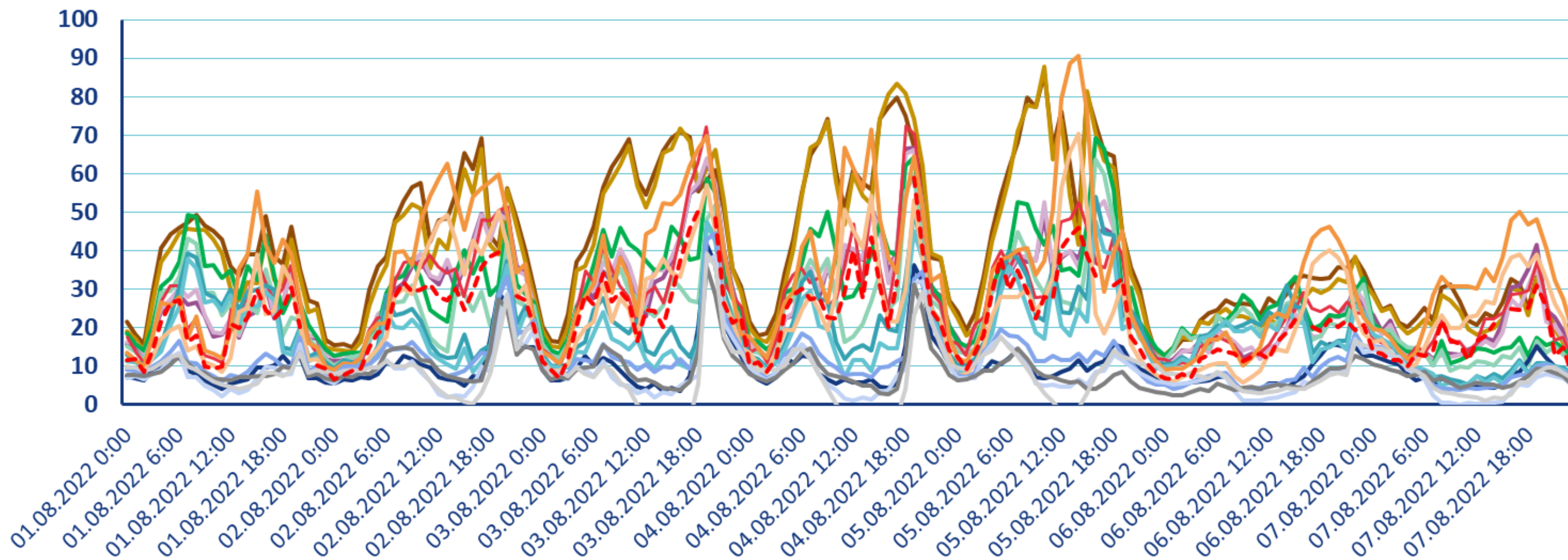
PM10



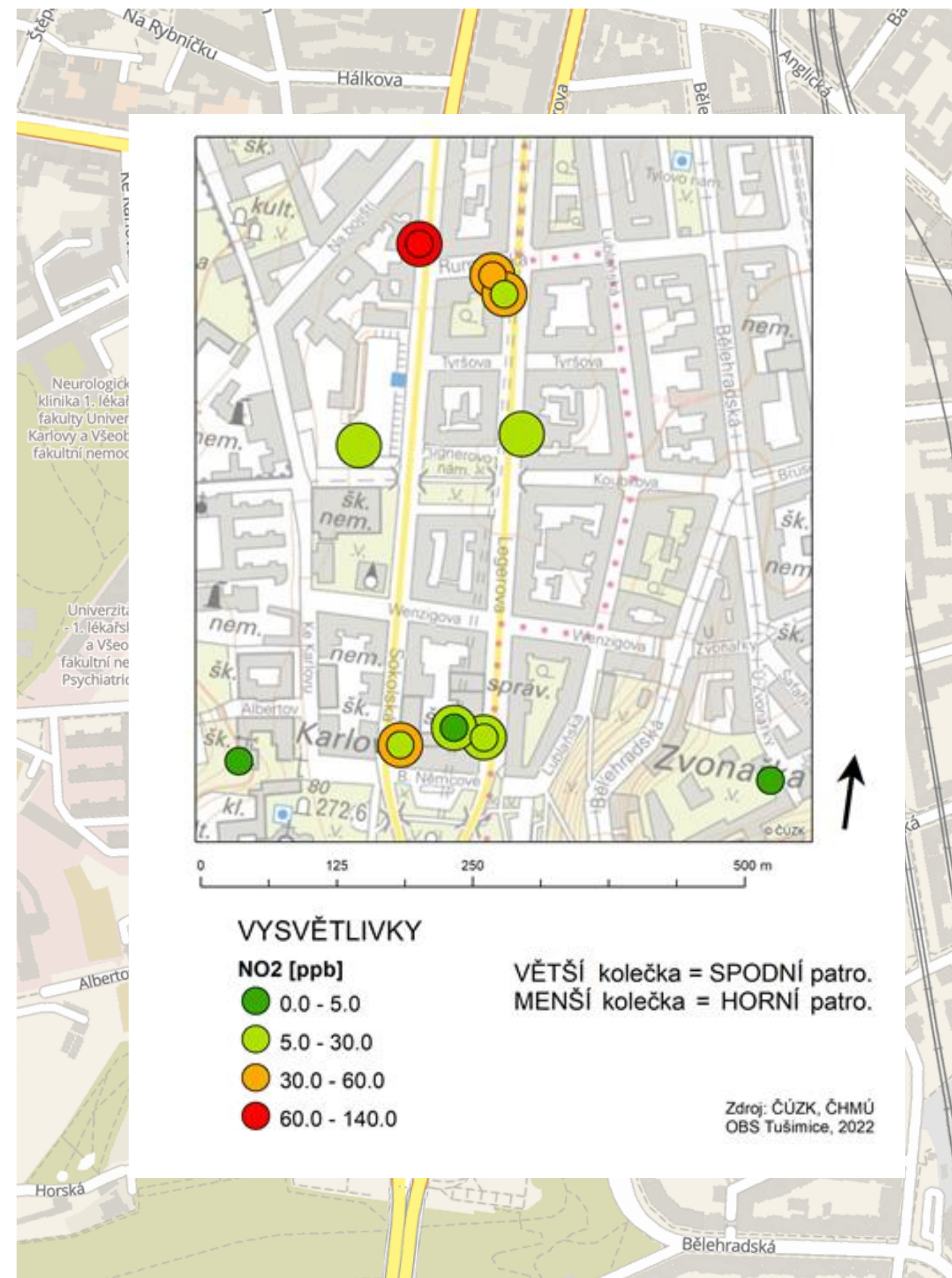
Detail rozdílnosti v korekčních postupech

Léto 2022

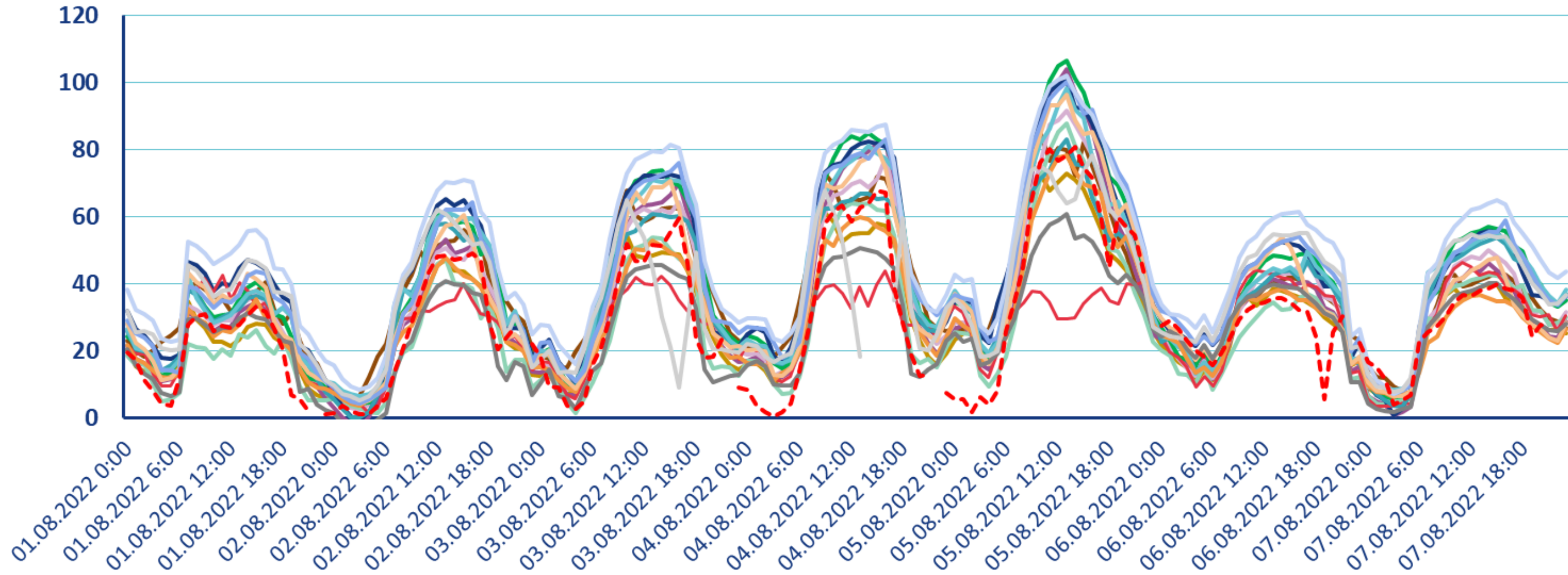
NO₂ (ppb)



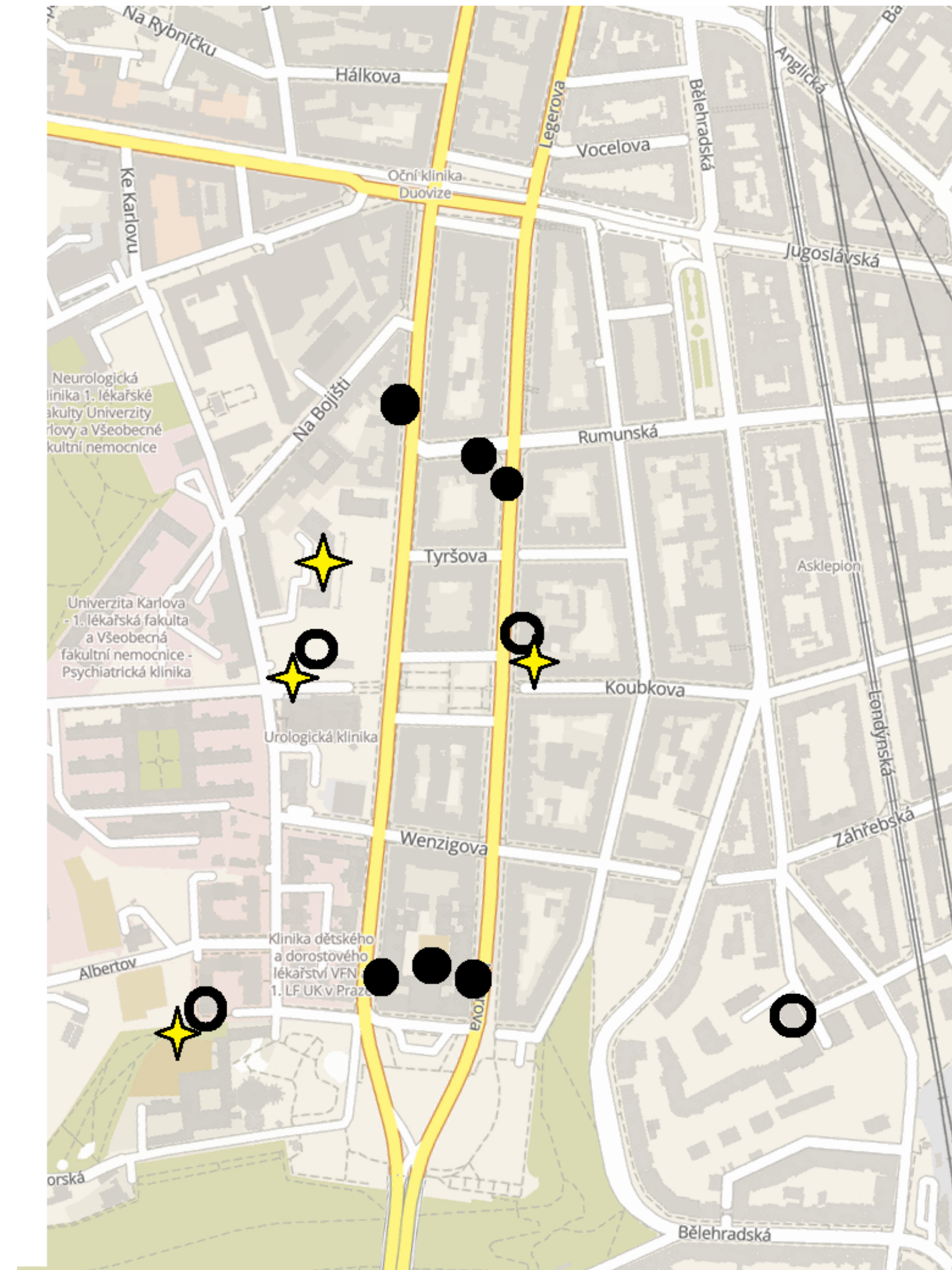
- COR_SENSOR 11 (CKAIT_SOKOLSKA_LOWER)
- COR_SENSOR 20 (RUMUNSKA_LOWER)
- COR_SENSOR 14 (LEGEROVA_LOWER)
- COR_SENSOR 19 (PVK_SOKOLSKA)
- COR_SENSOR 2 (SCHOOL_LEGEROVA_LOWER)
- COR_SENSOR 12 (SCHOOL_SOKOLSKA_LOWER)
- COR_SENSOR 9 (SCHOOL_COURTYARD_LOWER)
- COR_SENSOR 3 (KARLOV)
- - - NO2_RM
- COR_SENSOR 10 (CKAIT_SOKOLSKA_HIGHER)
- COR_SENSOR 13 (RUMUNSKA_HIGHER)
- COR_SENSOR 15 (LEGEROVA_HIGHER)
- COR_SENSOR 4 (AIM_LEGEROVA)
- COR_SENSOR 5 (SCHOOL_LEGEROVA_HIGHER)
- COR_SENSOR 18 (SCHOOL_SOKOLSKA_HIGHER)
- COR_SENSOR 7 (SCHOOL_COURTYARD_HIGHER)
- COR_SENSOR 16 (HOTEL_ZVONARKA)



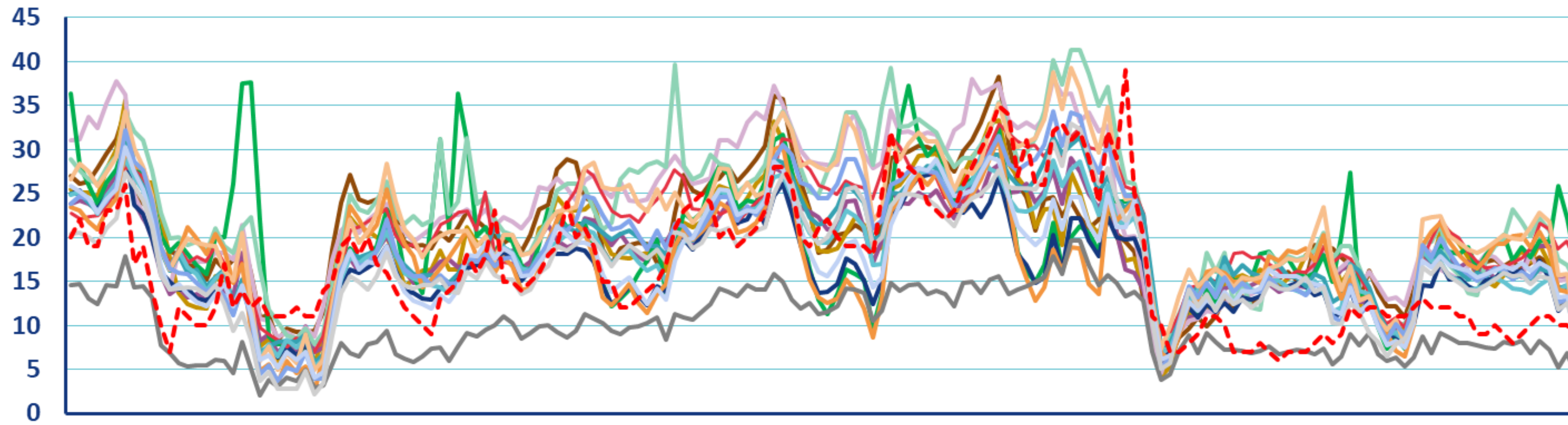
O₃ (ppb)



- | | |
|---|--|
| — COR_SENSOR 11 (CKAIT_SOKOLSKA_LOWER) | — COR_SENSOR 10 (CKAIT_SOKOLSKA_HIGHER) |
| — COR_SENSOR 20 (RUMUNSKA_LOWER) | — COR_SENSOR 13 (RUMUNSKA_HIGHER) |
| — COR_SENSOR 14 (LEGEROVA_LOWER) | — COR_SENSOR 15 (LEGEROVA_HIGHER) |
| — COR_SENSOR 19 (PVK_SOKOLSKA) | — COR_SENSOR 4 (AIM_LEGEROVA) |
| — COR_SENSOR 2 (SCHOOL_LEGEROVA_LOWER) | — COR_SENSOR 5 (SCHOOL_LEGEROVA_HIGHER) |
| — COR_SENSOR 12 (SCHOOL_SOKOLSKA_LOWER) | — COR_SENSOR 18 (SCHOOL_SOKOLSKA_HIGHER) |
| — COR_SENSOR 9 (SCHOOL_COURTYARD_LOWER) | — COR_SENSOR 7 (SCHOOL_COURTYARD_HIGHER) |
| — COR_SENSOR 3 (KARLOV) | — COR_SENSOR 16 (HOTEL_ZVONARKA) |
| - - - O3_RM | |

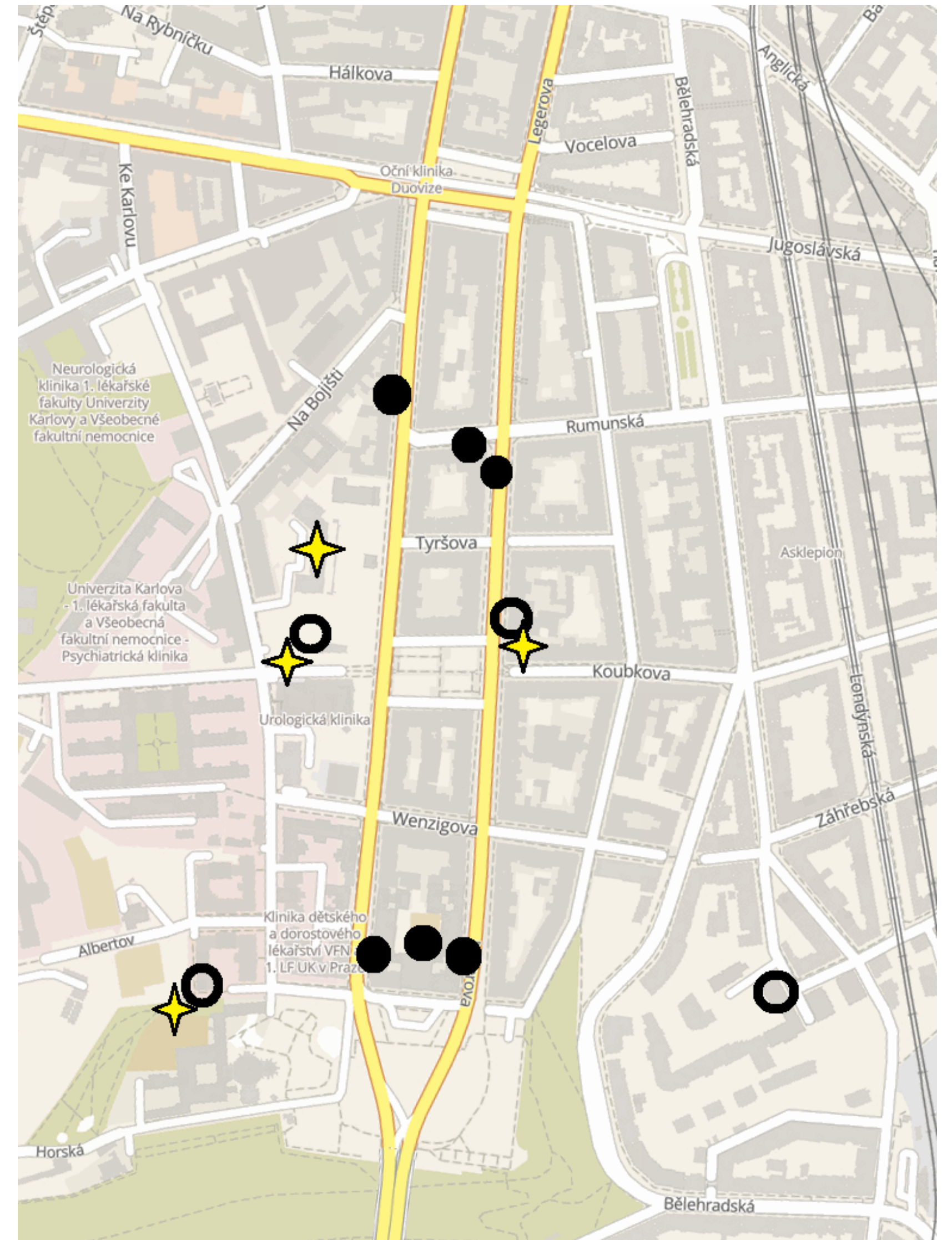


PM₁₀ (µg*m³)

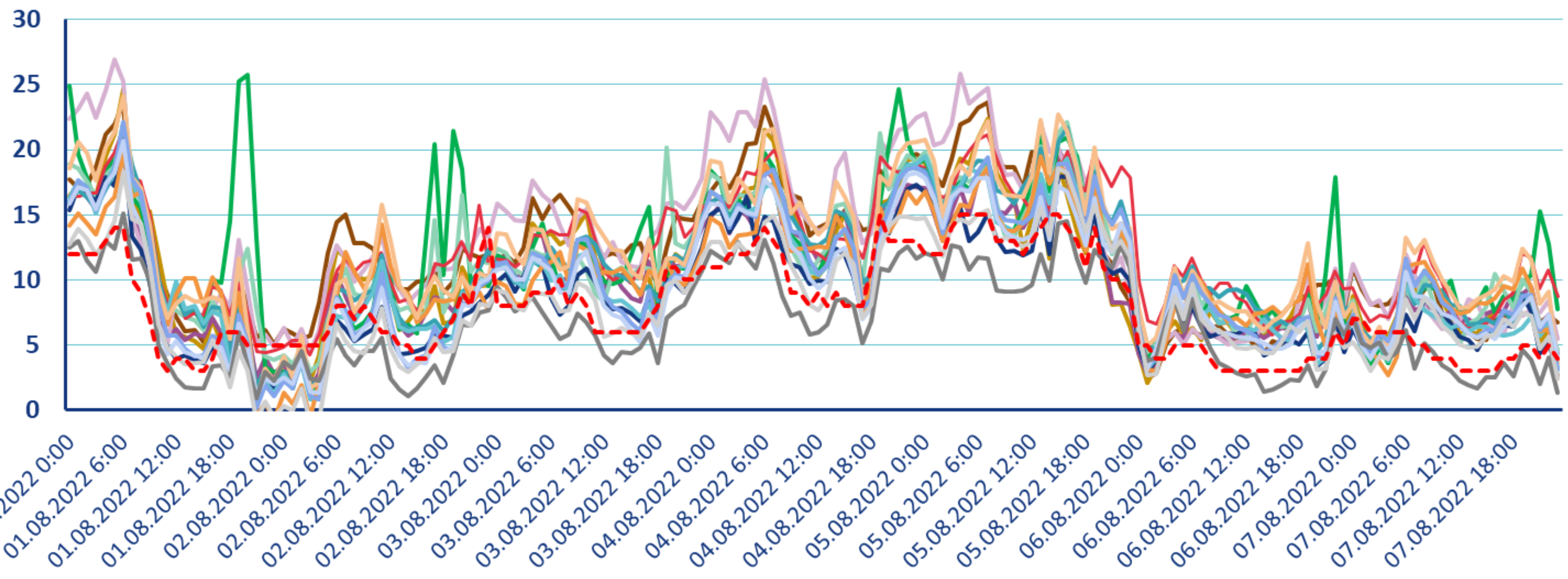


01.08.2022 0:00 01.08.2022 6:00 01.08.2022 12:00 01.08.2022 18:00 02.08.2022 0:00 02.08.2022 6:00 02.08.2022 12:00 02.08.2022 18:00 03.08.2022 0:00 03.08.2022 6:00 03.08.2022 12:00 03.08.2022 18:00 04.08.2022 0:00 04.08.2022 6:00 04.08.2022 12:00 04.08.2022 18:00 05.08.2022 0:00 05.08.2022 6:00 05.08.2022 12:00 05.08.2022 18:00 06.08.2022 0:00 06.08.2022 6:00 06.08.2022 12:00 06.08.2022 18:00 07.08.2022 0:00 07.08.2022 6:00 07.08.2022 12:00 07.08.2022 18:00

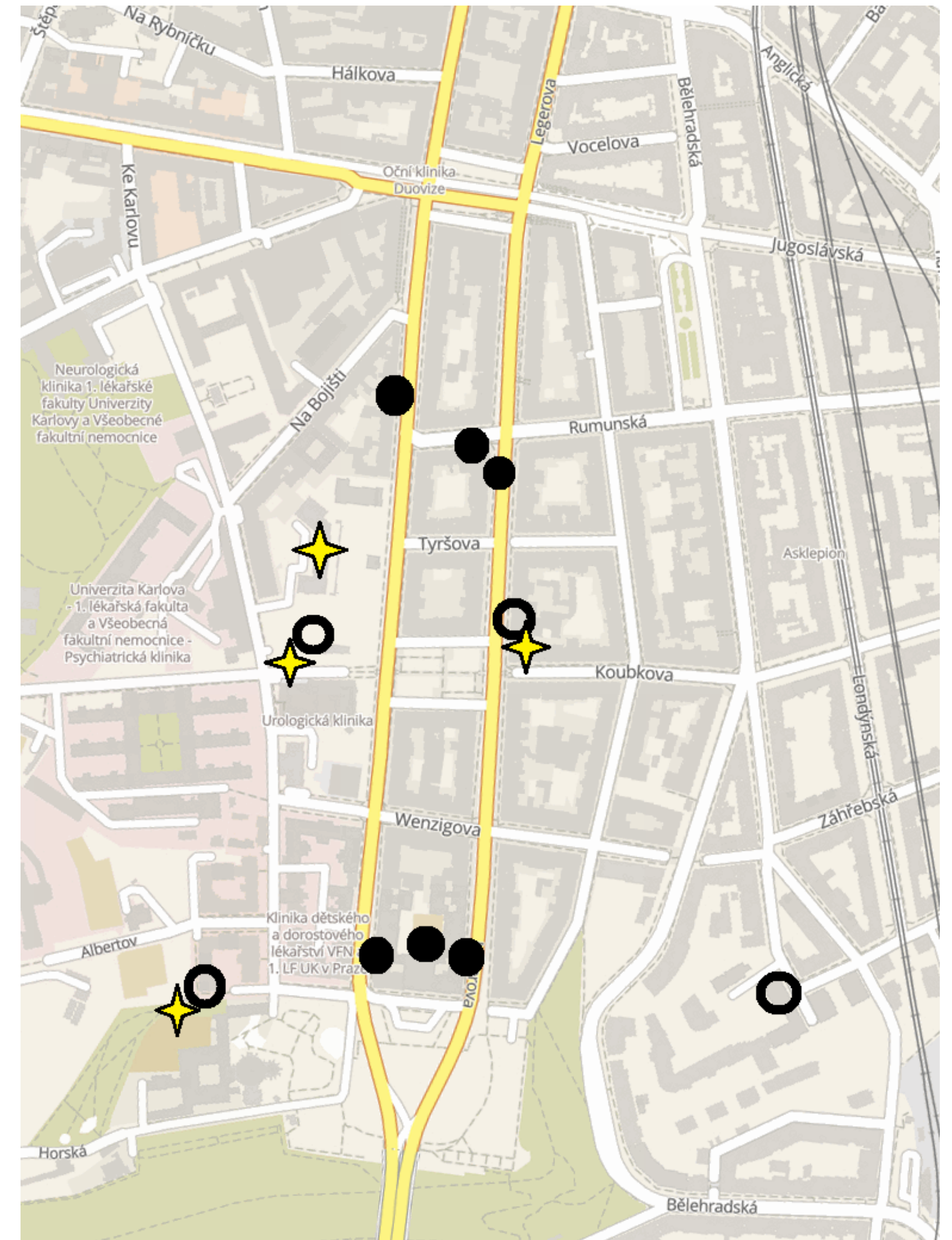
- COR_SENSOR 11 (CKAIT_SOKOLSKA_LOWER)
- COR_SENSOR 20 (RUMUNSKA_LOWER)
- COR_SENSOR 14 (LEGEROVA_LOWER)
- COR_SENSOR 19 (PVK_SOKOLSKA)
- COR_SENSOR 2 (SCHOOL_LEGEROVA_LOWER)
- COR_SENSOR 12 (SCHOOL_SOKOLSKA_LOWER)
- COR_SENSOR 9 (SCHOOL_COURTYARD_LOWER)
- COR_SENSOR 3 (KARLOV)
- - - PM10_FIDAS_RM
- COR_SENSOR 10 (CKAIT_SOKOLSKA_HIGHER)
- COR_SENSOR 13 (RUMUNSKA_HIGHER)
- COR_SENSOR 15 (LEGEROVA_HIGHER)
- COR_SENSOR 4 (AIM_LEGEROVA)
- COR_SENSOR 5 (SCHOOL_LEGEROVA_HIGHER)
- COR_SENSOR 18 (SCHOOL_SOKOLSKA_HIGHER)
- COR_SENSOR 7 (SCHOOL_COURTYARD_HIGHER)
- COR_SENSOR 16 (HOTEL_ZVONARKA)



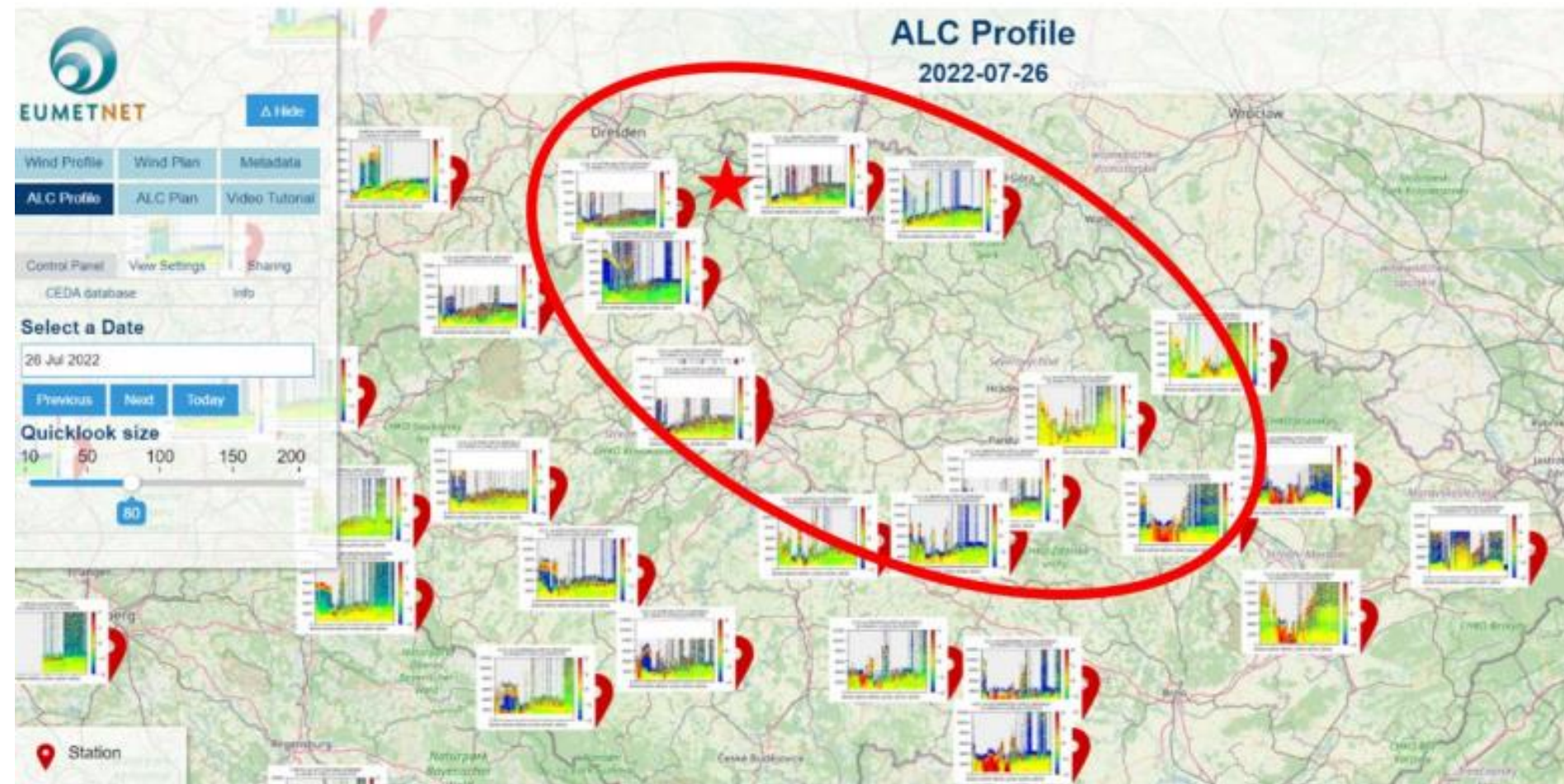
PM_{2.5} (µg*m³)



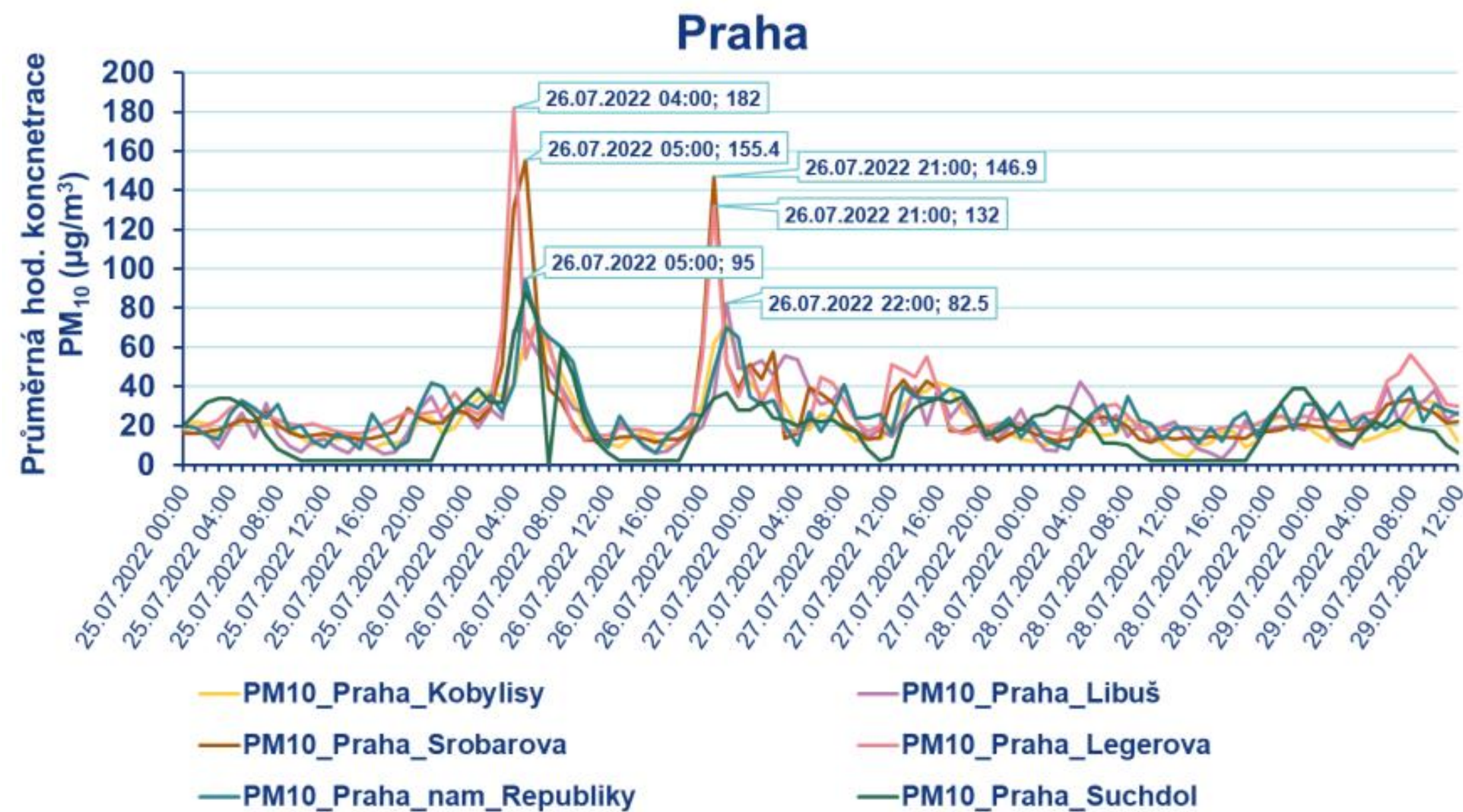
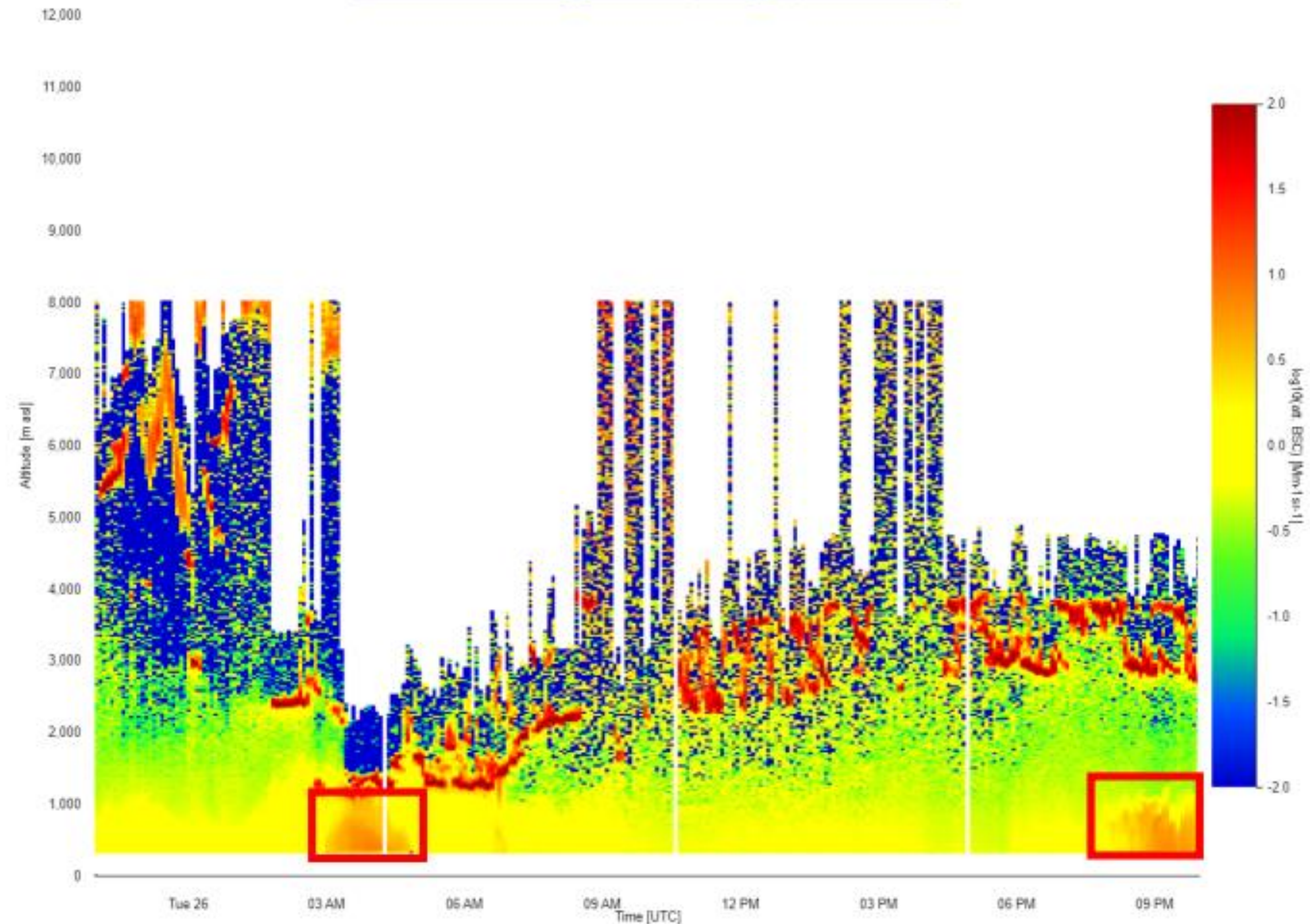
- COR_SENSOR 11 (CKAIT_SOKOLSKA_LOWER)
- COR_SENSOR 20 (RUMUNSKA_LOWER)
- COR_SENSOR 14 (LEGEROVA_LOWER)
- COR_SENSOR 19 (PVK_SOKOLSKA)
- COR_SENSOR 2 (SCHOOL_LEGEROVA_LOWER)
- COR_SENSOR 12 (SCHOOL_SOKOLSKA_LOWER)
- COR_SENSOR 9 (SCHOOL_COURTYARD_LOWER)
- COR_SENSOR 3 (KARLOV)
- - - PM2.5_FIDAS_RM
- COR_SENSOR 10 (CKAIT_SOKOLSKA_HIGHER)
- COR_SENSOR 13 (RUMUNSKA_HIGHER)
- COR_SENSOR 15 (LEGEROVA_HIGHER)
- COR_SENSOR 4 (AIM_LEGEROVA)
- COR_SENSOR 5 (SCHOOL_LEGEROVA_HIGHER)
- COR_SENSOR 18 (SCHOOL_SOKOLSKA_HIGHER)
- COR_SENSOR 7 (SCHOOL_COURTYARD_HIGHER)
- COR_SENSOR 16 (HOTEL_ZVONARKA)



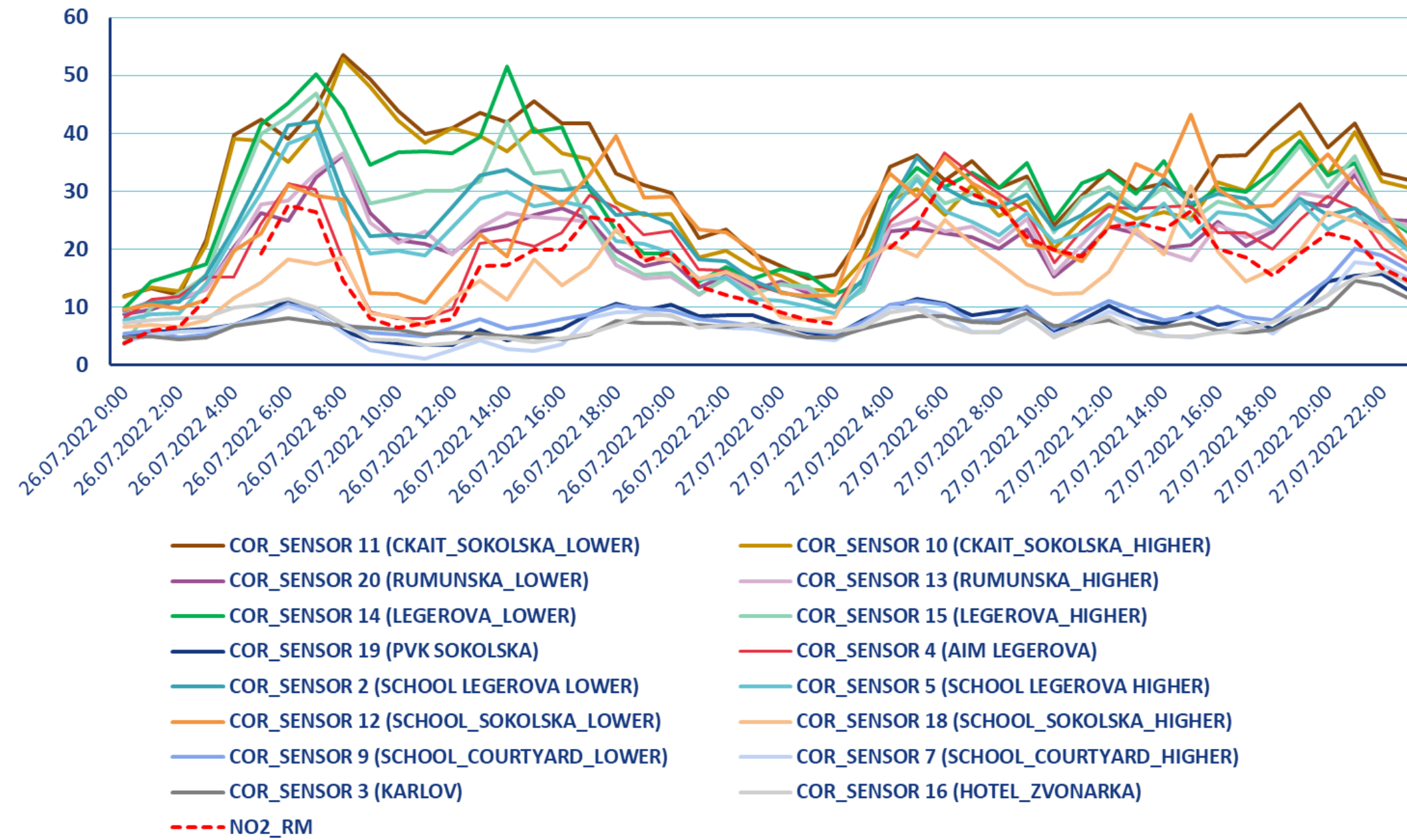
Šíření kouřové vlečky z požáru v Hřensku 26/7/2022



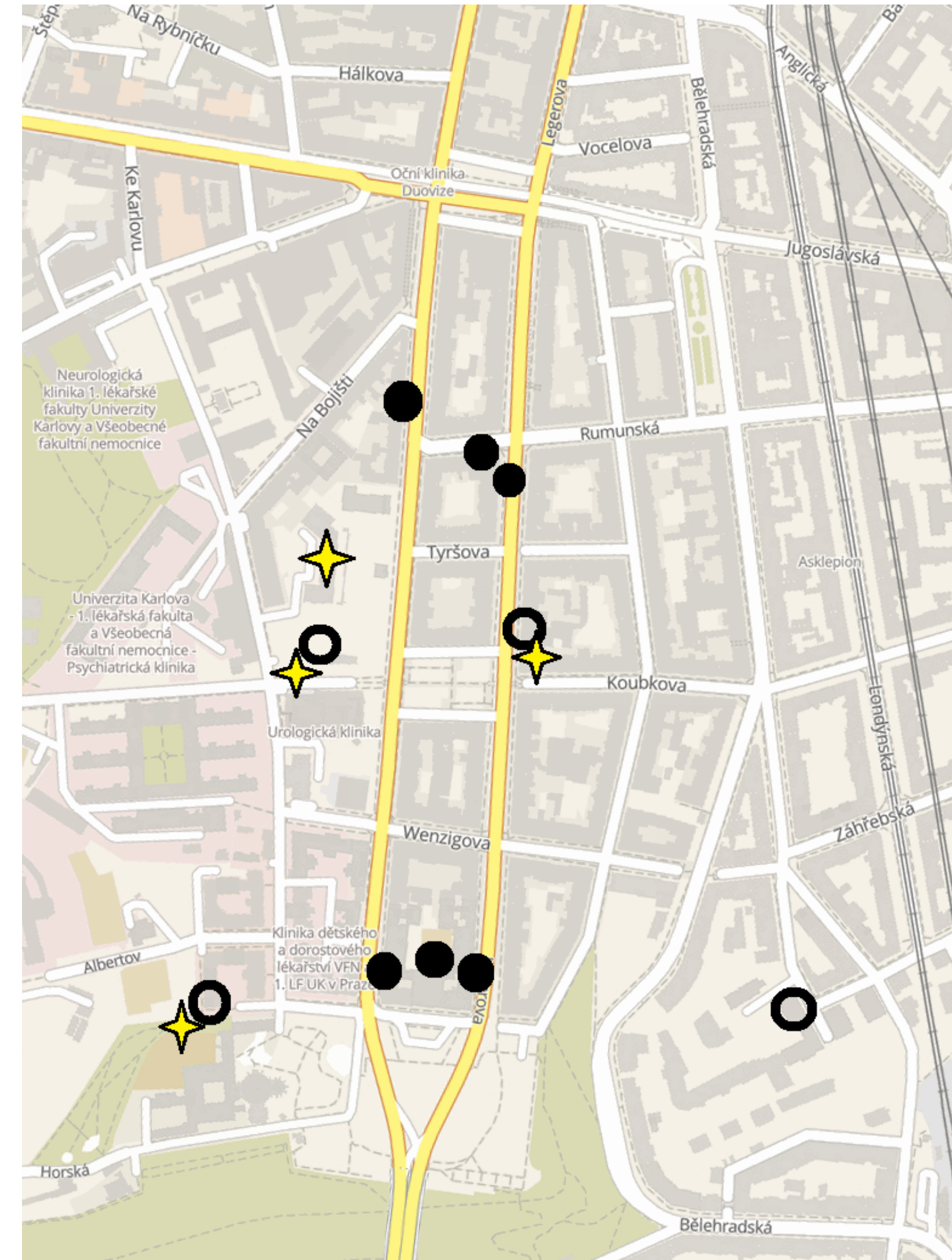
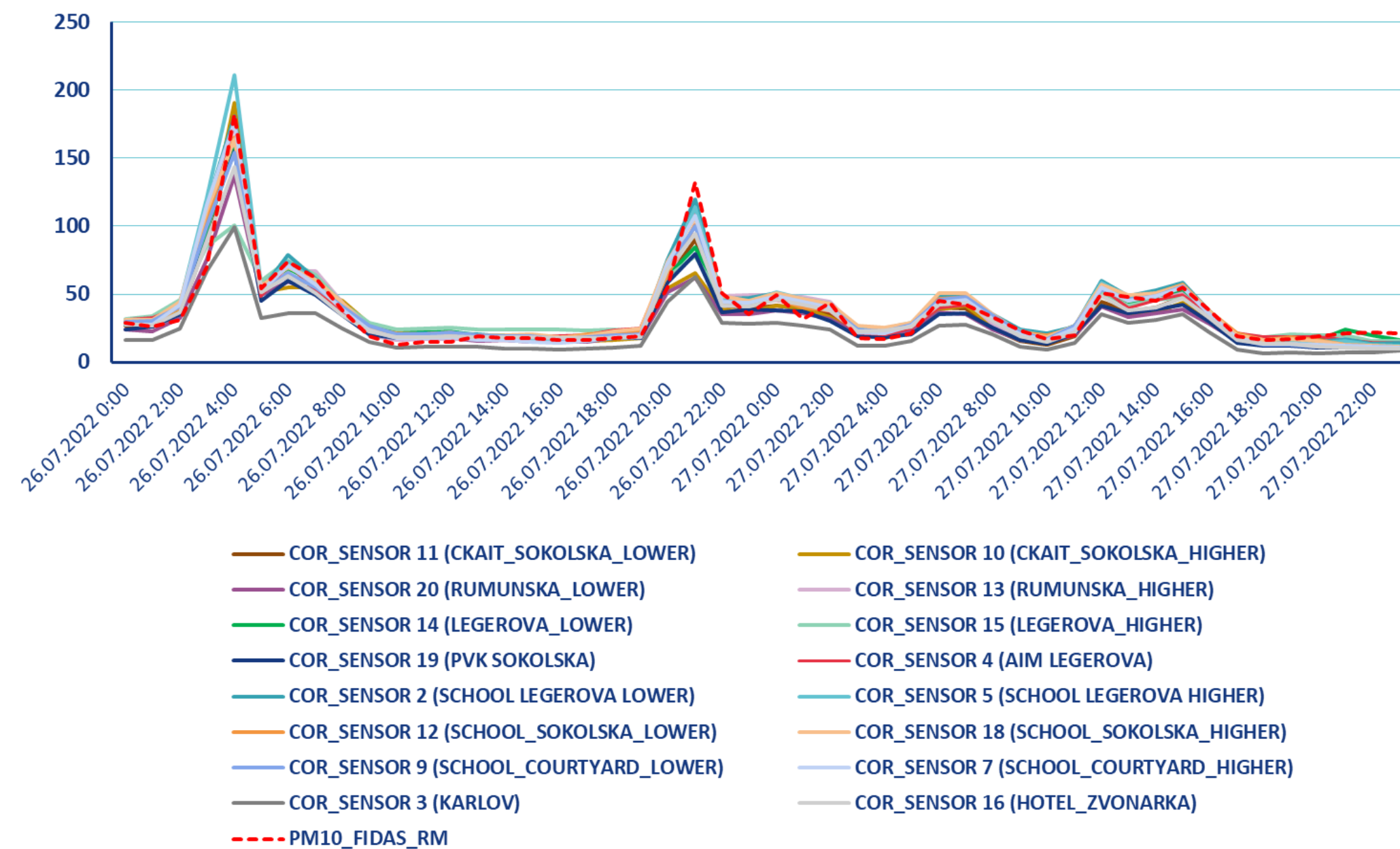
CL31 0-20000-0-11520_A at LIBUS, Czech Republic 2022-07-26



NO₂ (ppb)



PM₁₀ (µg*m³)

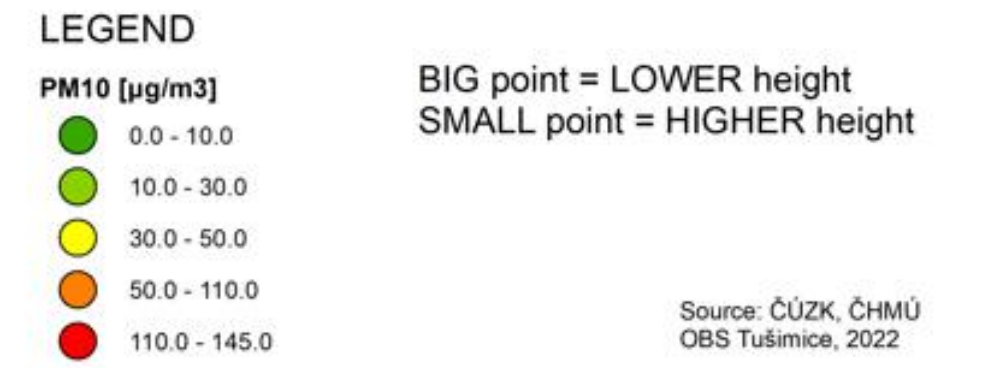
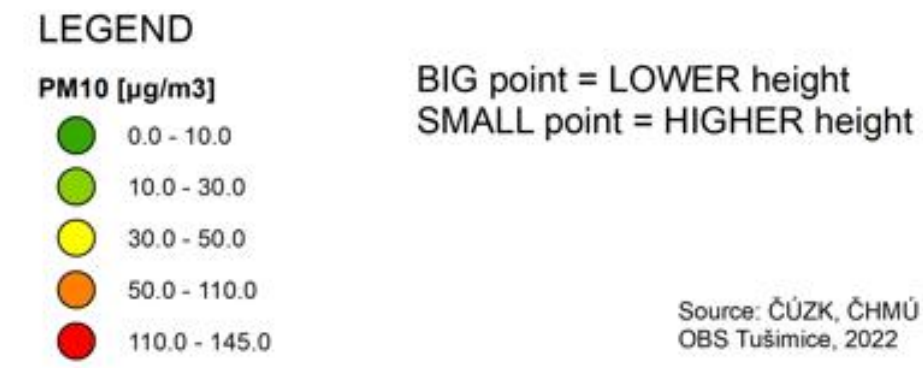
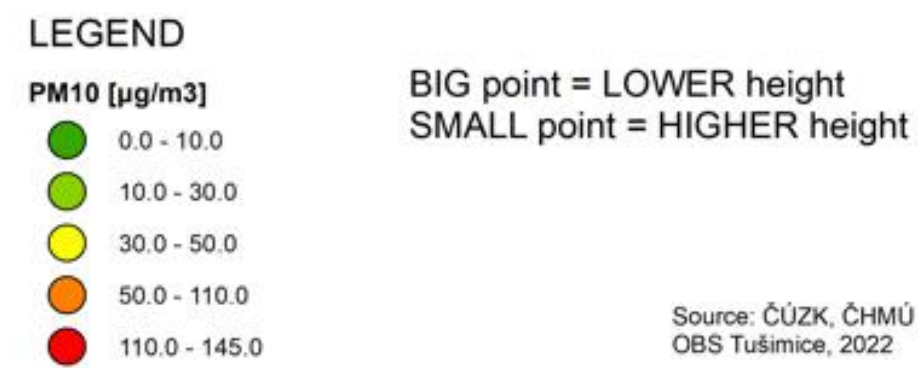
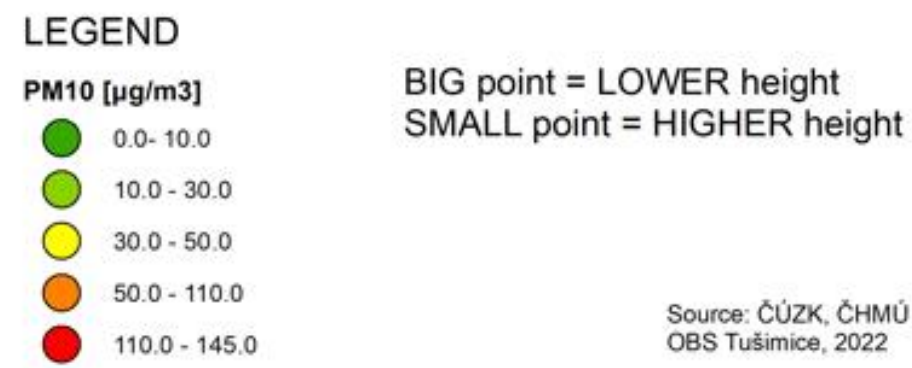
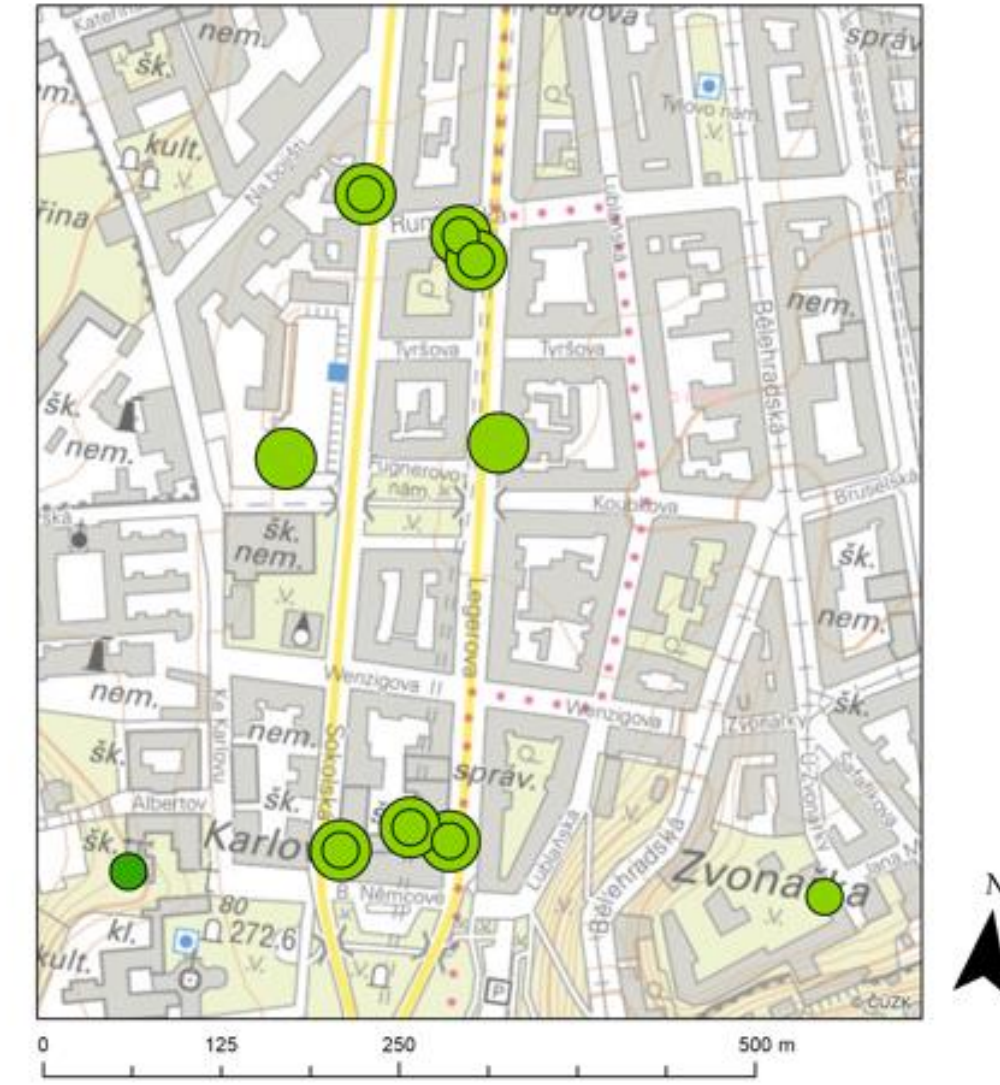
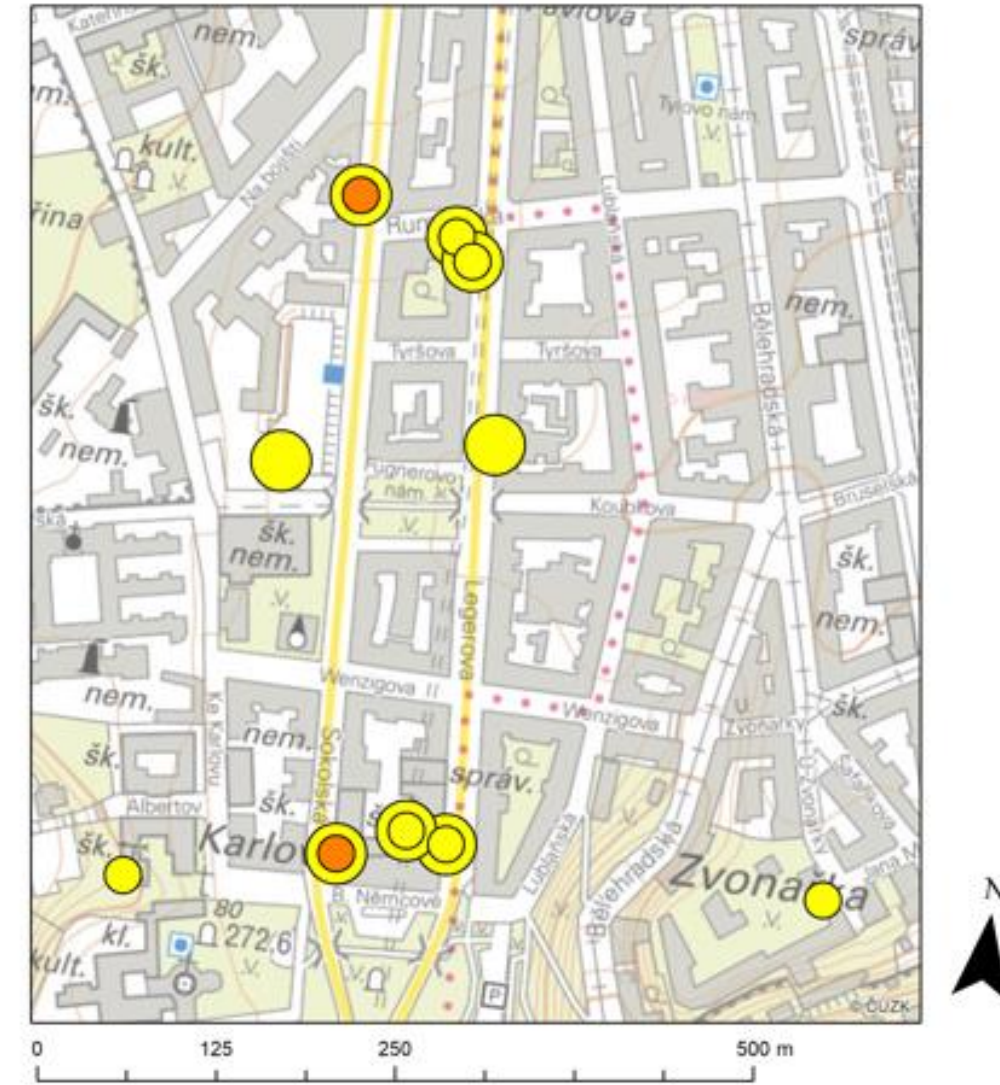
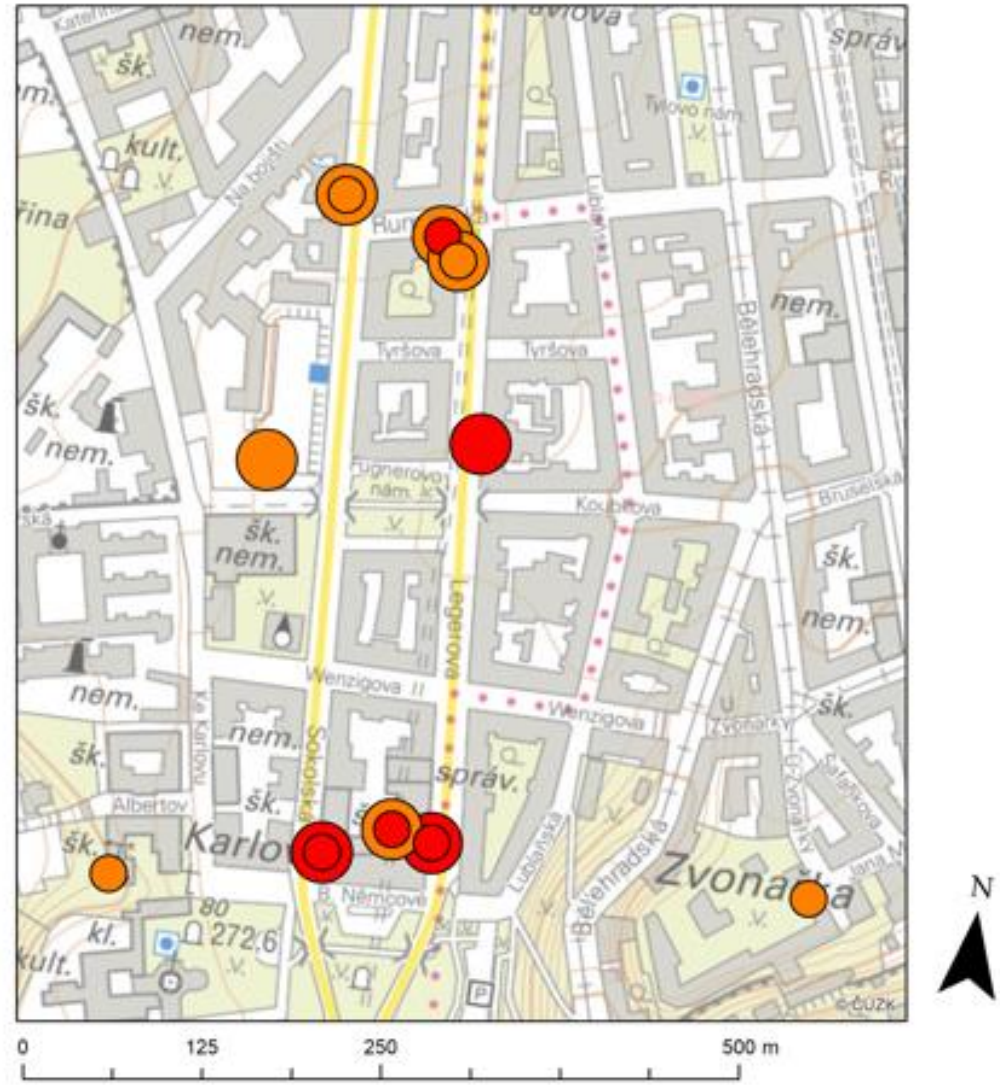


A) The concentration of PM10 on 26. 7. 2022 at 3:00 a.m.

B) The concentration of PM10 on 26. 7. 2022 at 8:00 a.m.

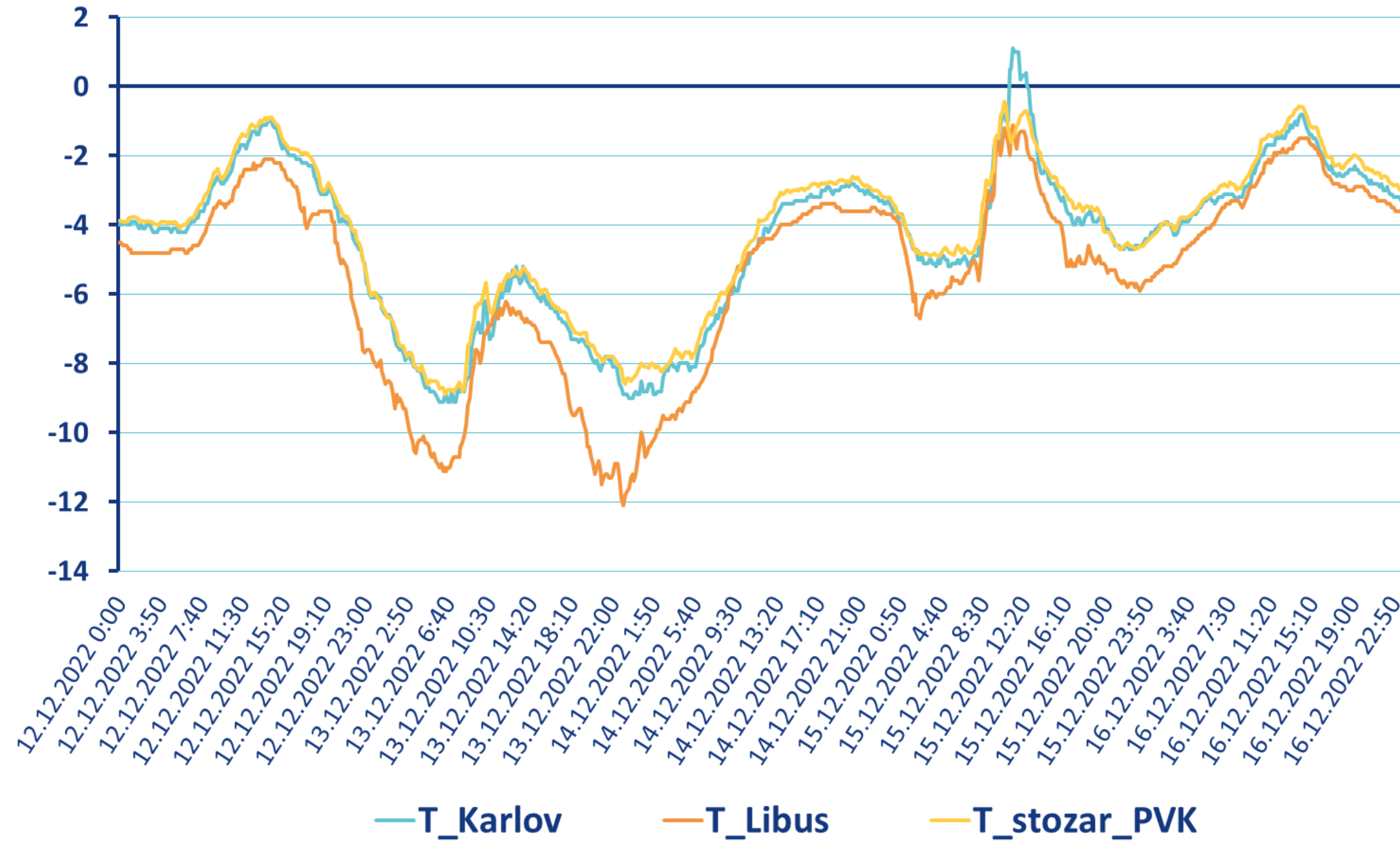
C) The concentration of PM10 on 26. 7. 2022 at 4:00 p.m.

D) The concentration of PM10 on 26. 7. 2022 at 9:00 p.m.



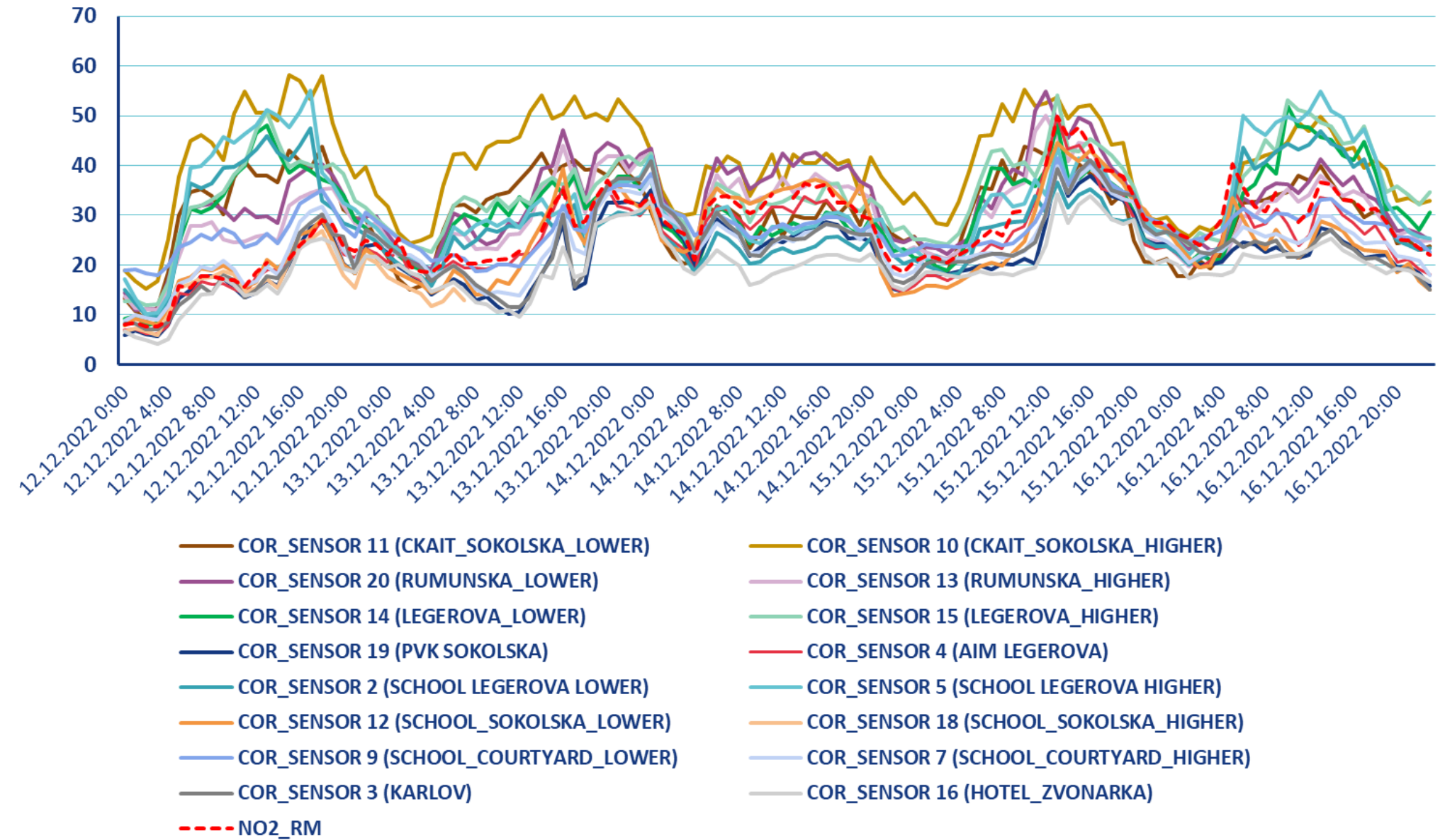
Zima 2022

Temperature 10 min averages

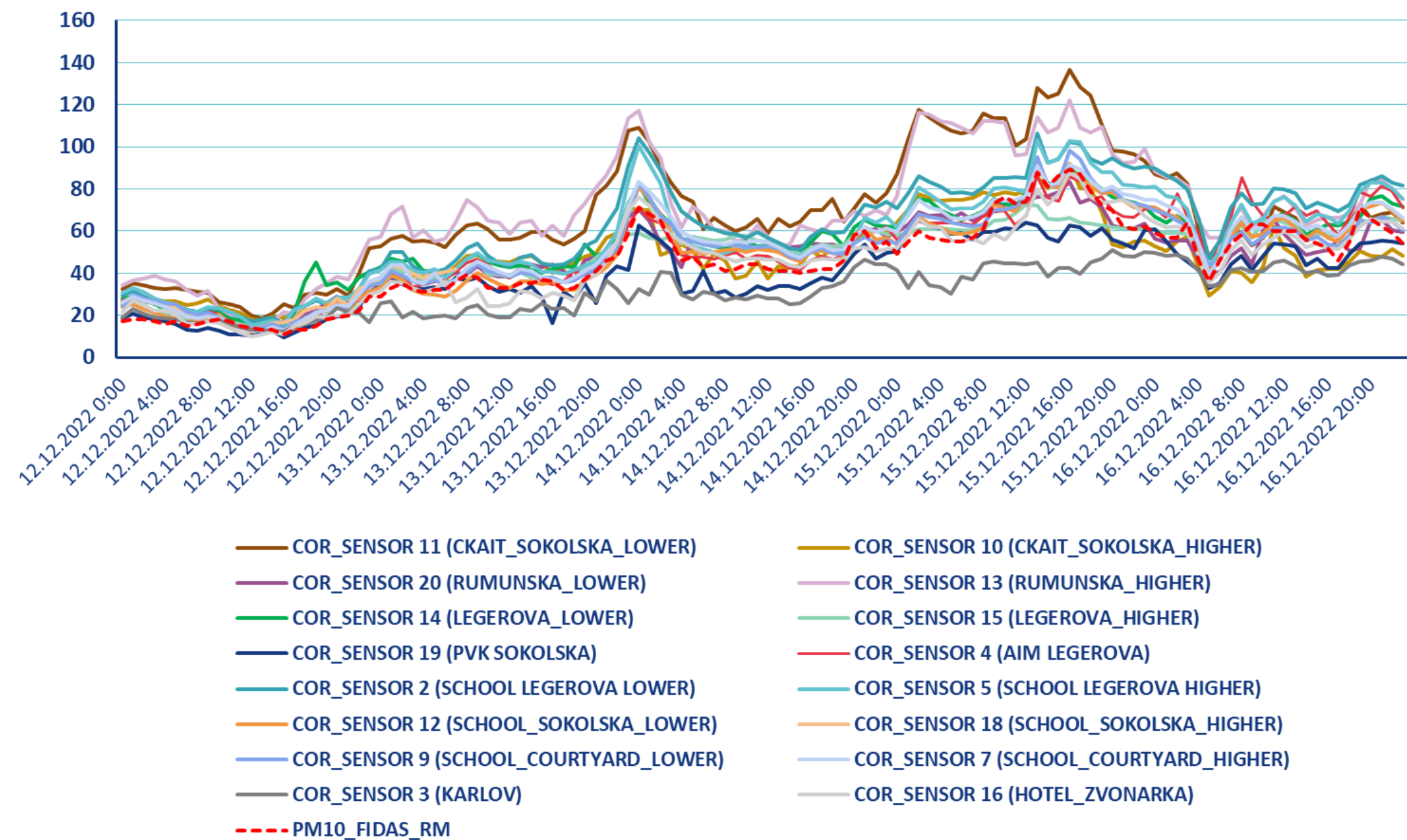


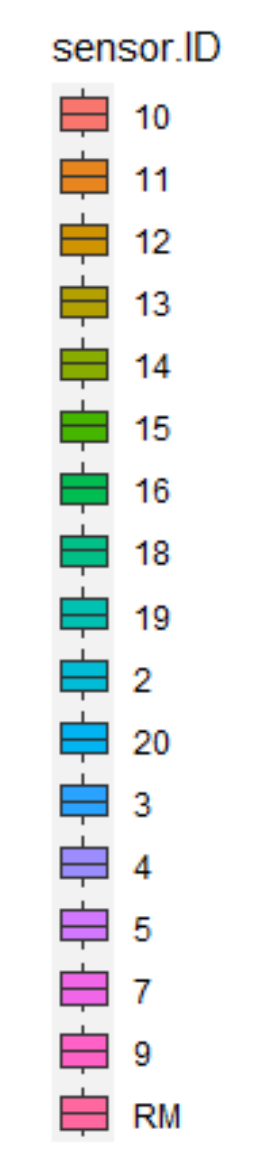
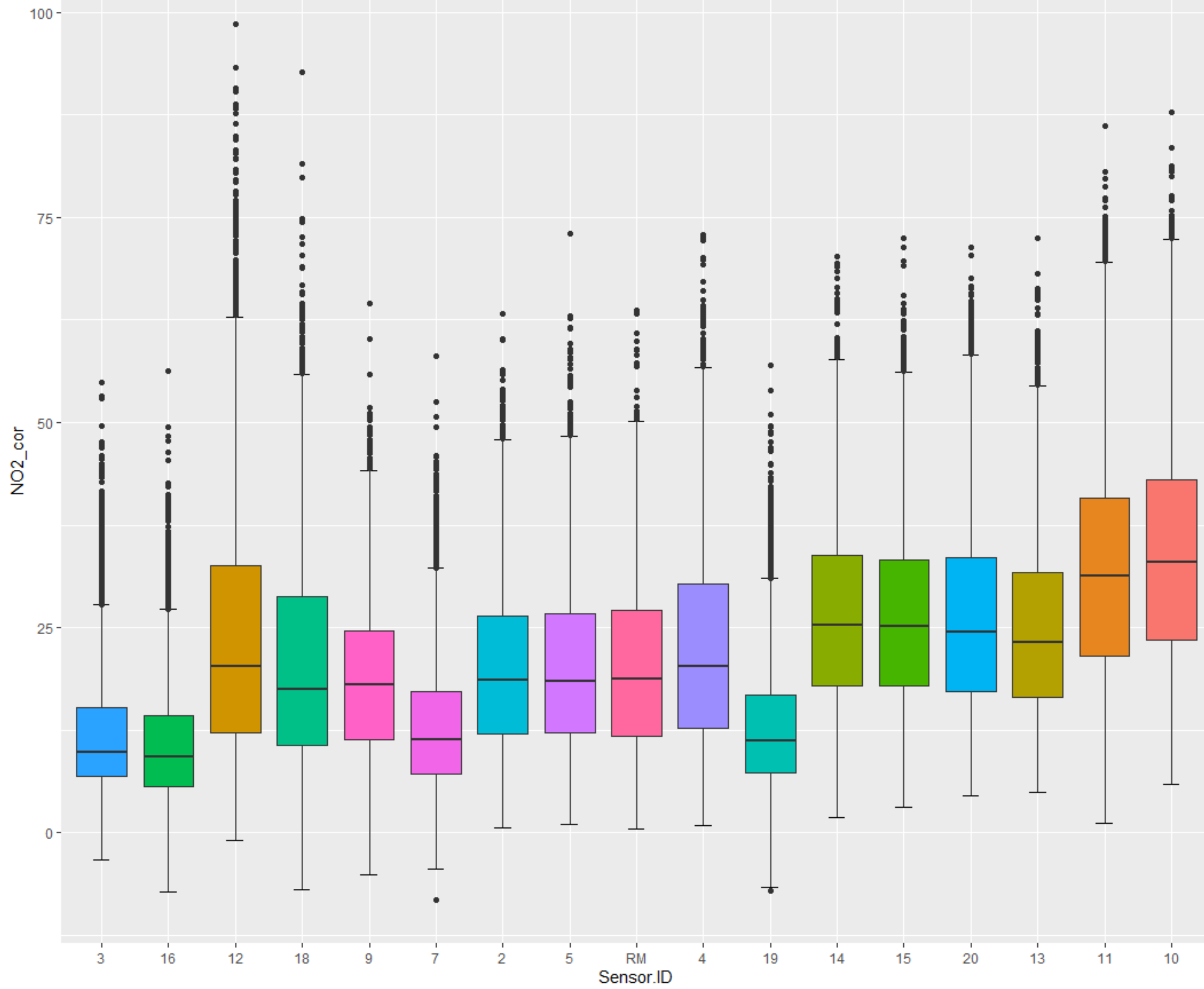
- Nízká spolehlivost senzoričkého měření v nestandardních podmínkách (teploty < 0 °C)
- Evidence 2 porouchaných jednotek v období mrazů

NO₂ (ppb)

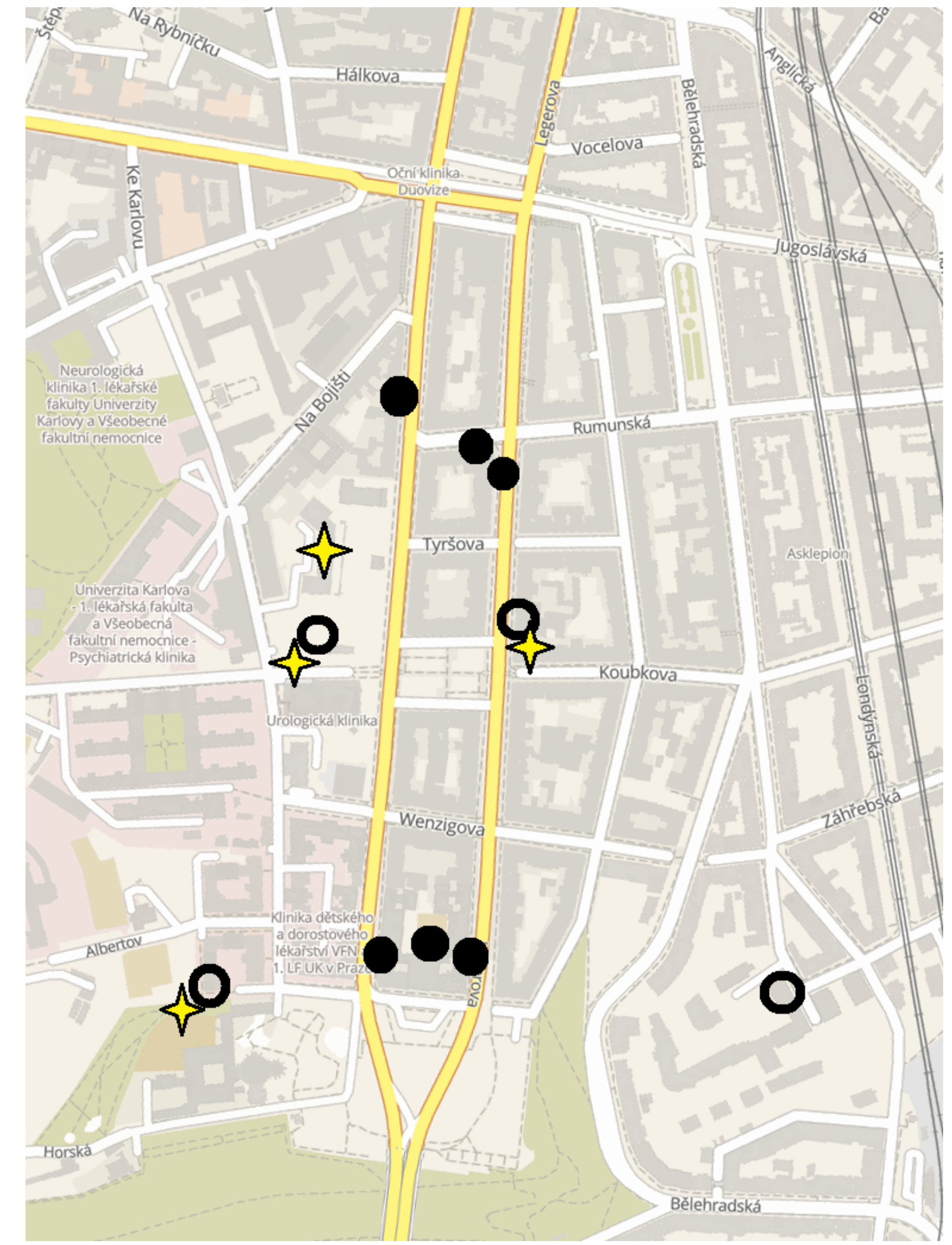


PM₁₀ (μg*m³)



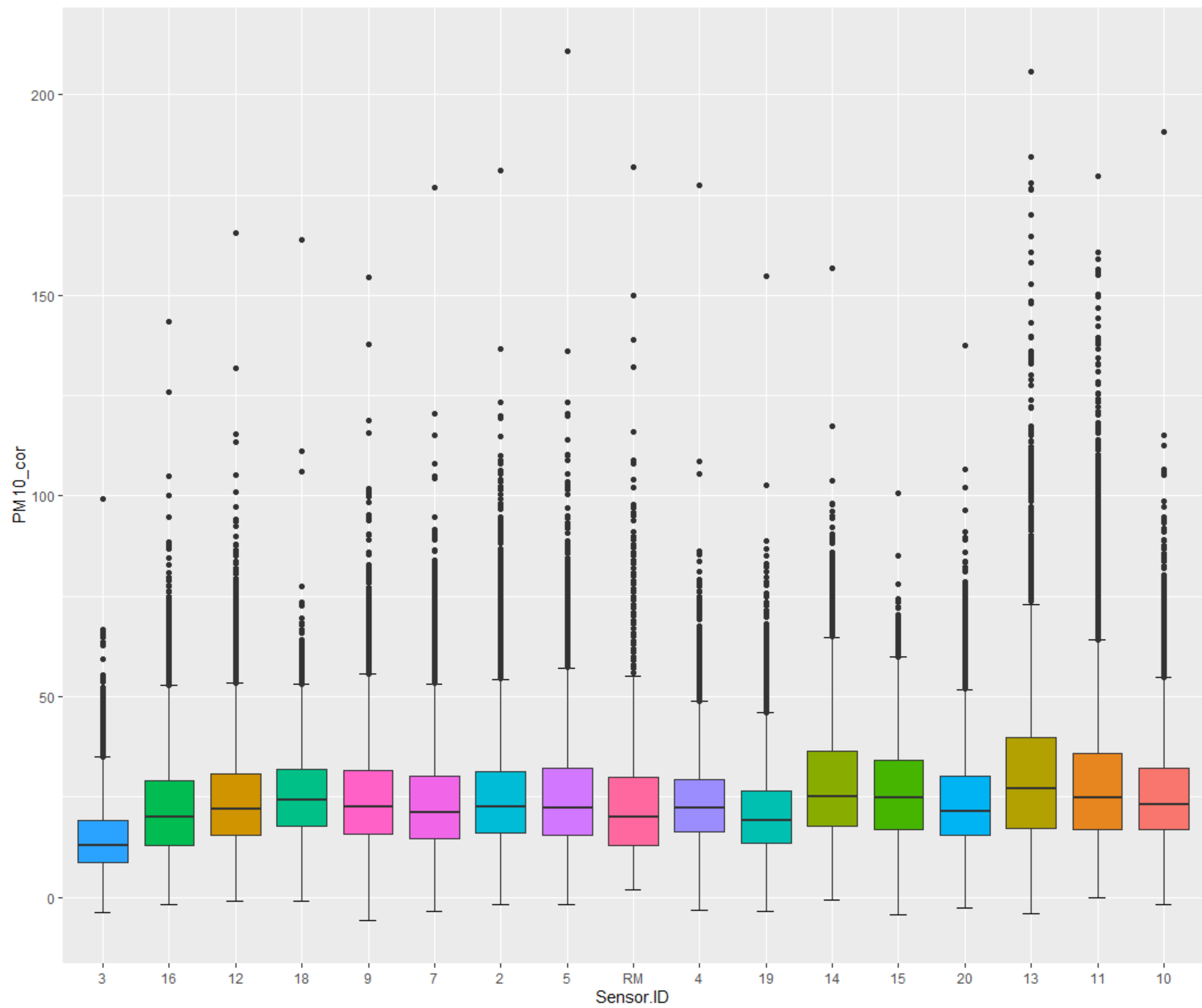


MS Karlov
 Hotel Roof
 School Sokolska lower
 School Sokolska higher
 School courtyard lower
 School courtyard higher
 School Legerova lower
 School Legerova higher
 RM Legerova
 Ref sensor legerova
 PVK Sokolska
 Legerova lower
 Legerova higher
 Rumunska lower
 Rumunska higher
 CKAIT Sokolska lower
 CKAIT Sokolska higher

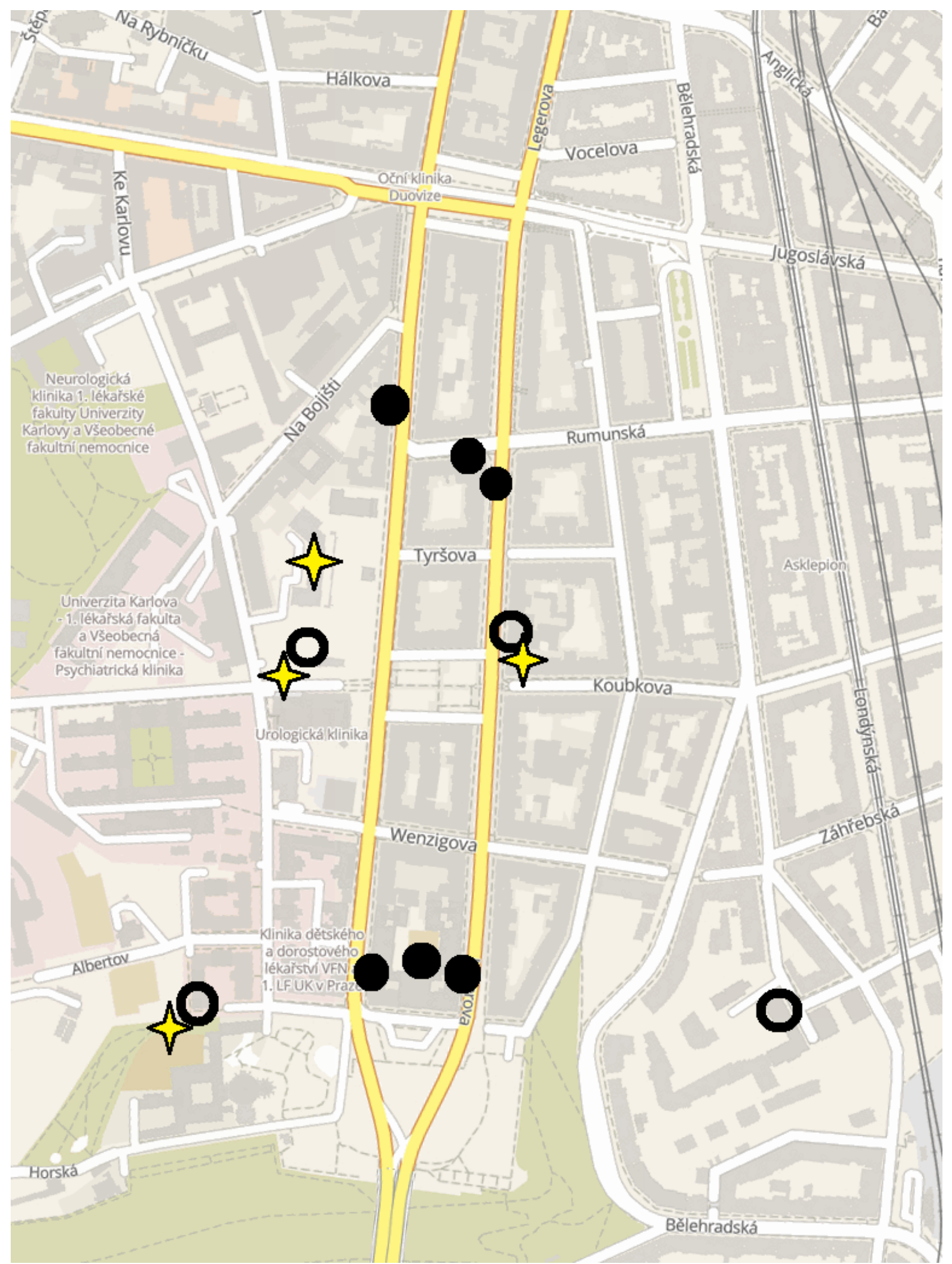
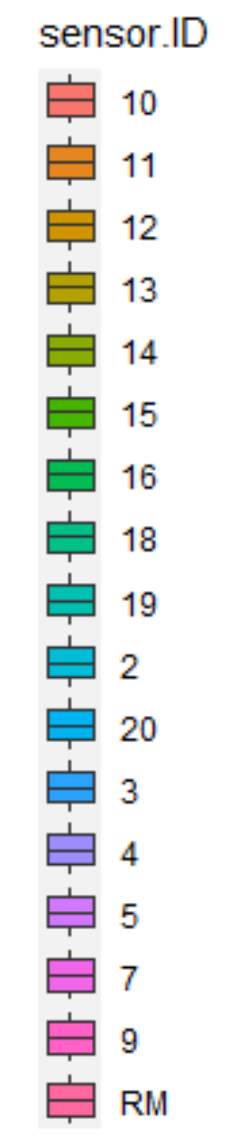


08.06.2023

T A
 C R



MS Karlov
Hotel Roof
School Sokolska lower
School Sokolska higher
School courtyard lower
School courtyard higher
School Legerova lower
School Legerova higher
RM Legerova
Ref sensor legerova
PVK Sokolska
Legerova lower
Legerova higher
Rumunska lower
Rumunska higher
CKAIT Sokolska lower
CKAIT Sokolska higher

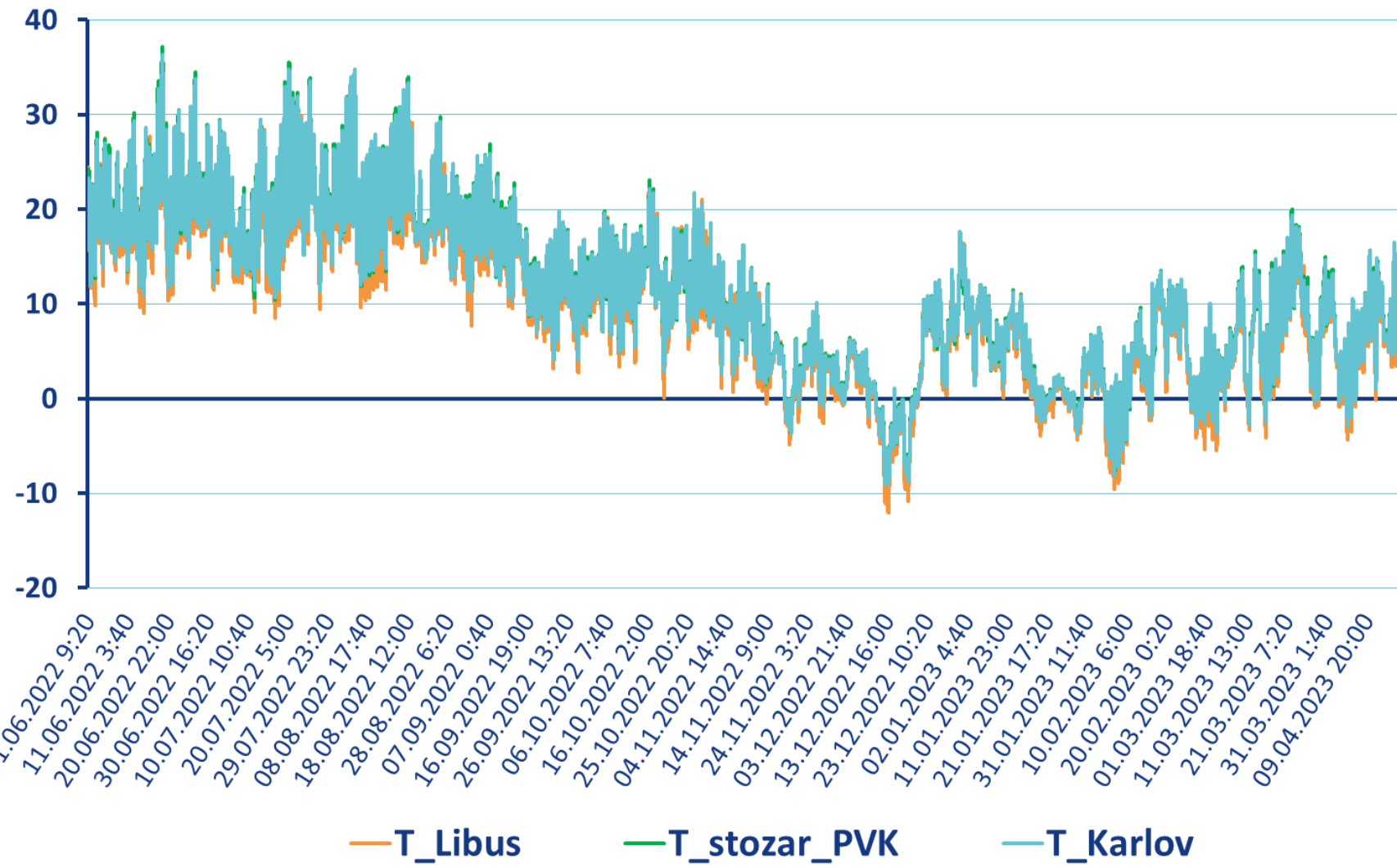


08.06.2023

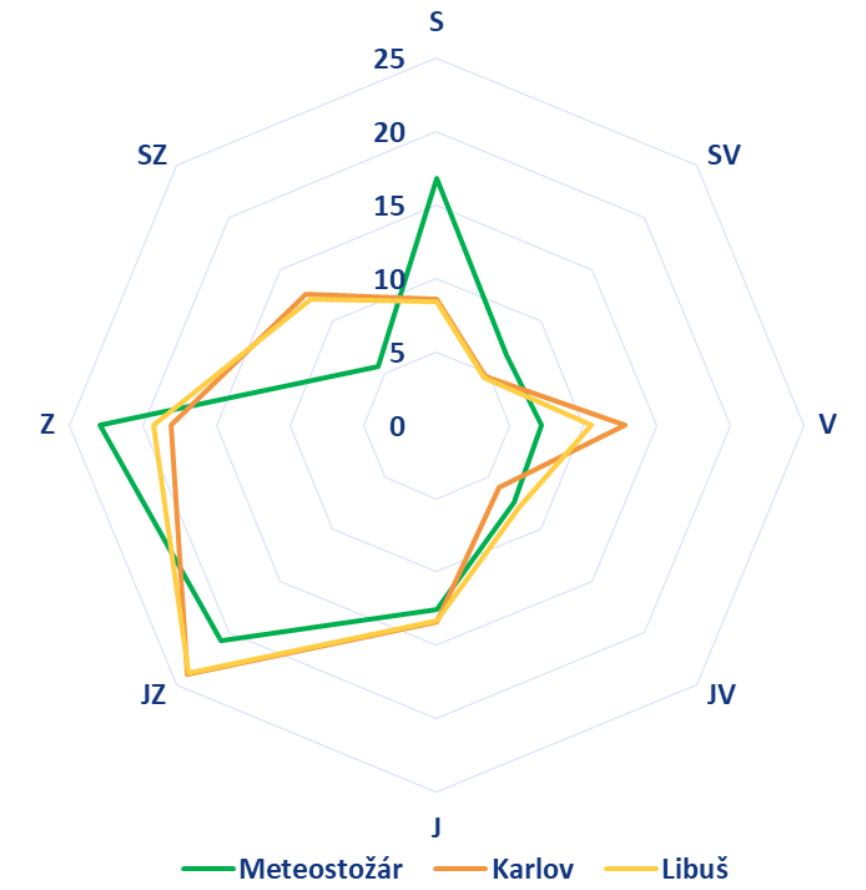
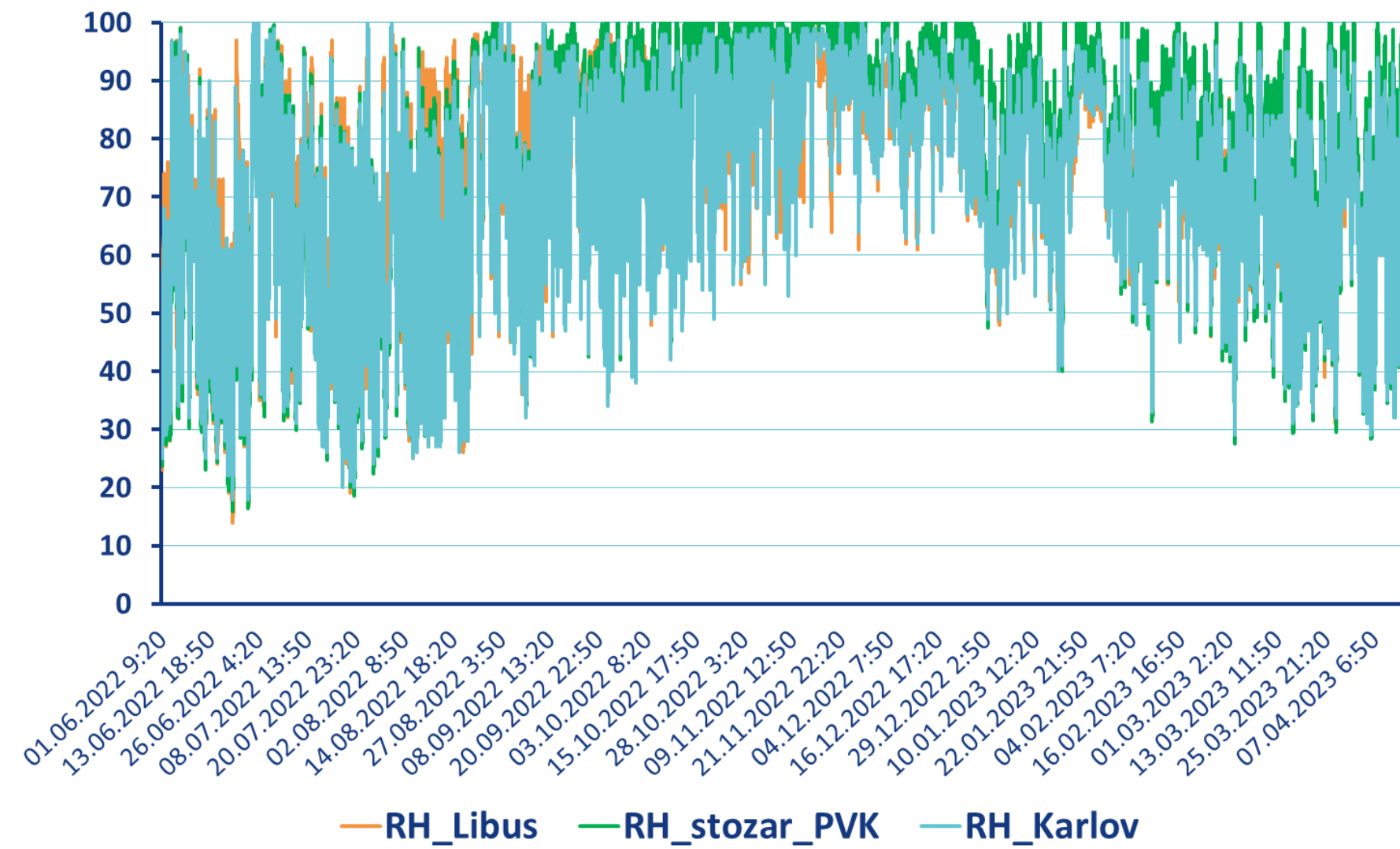
T A
C R

Porovnání meteorologického měření: Meteorologický stožár vodojem PVK vs. MS Karlov (střecha)

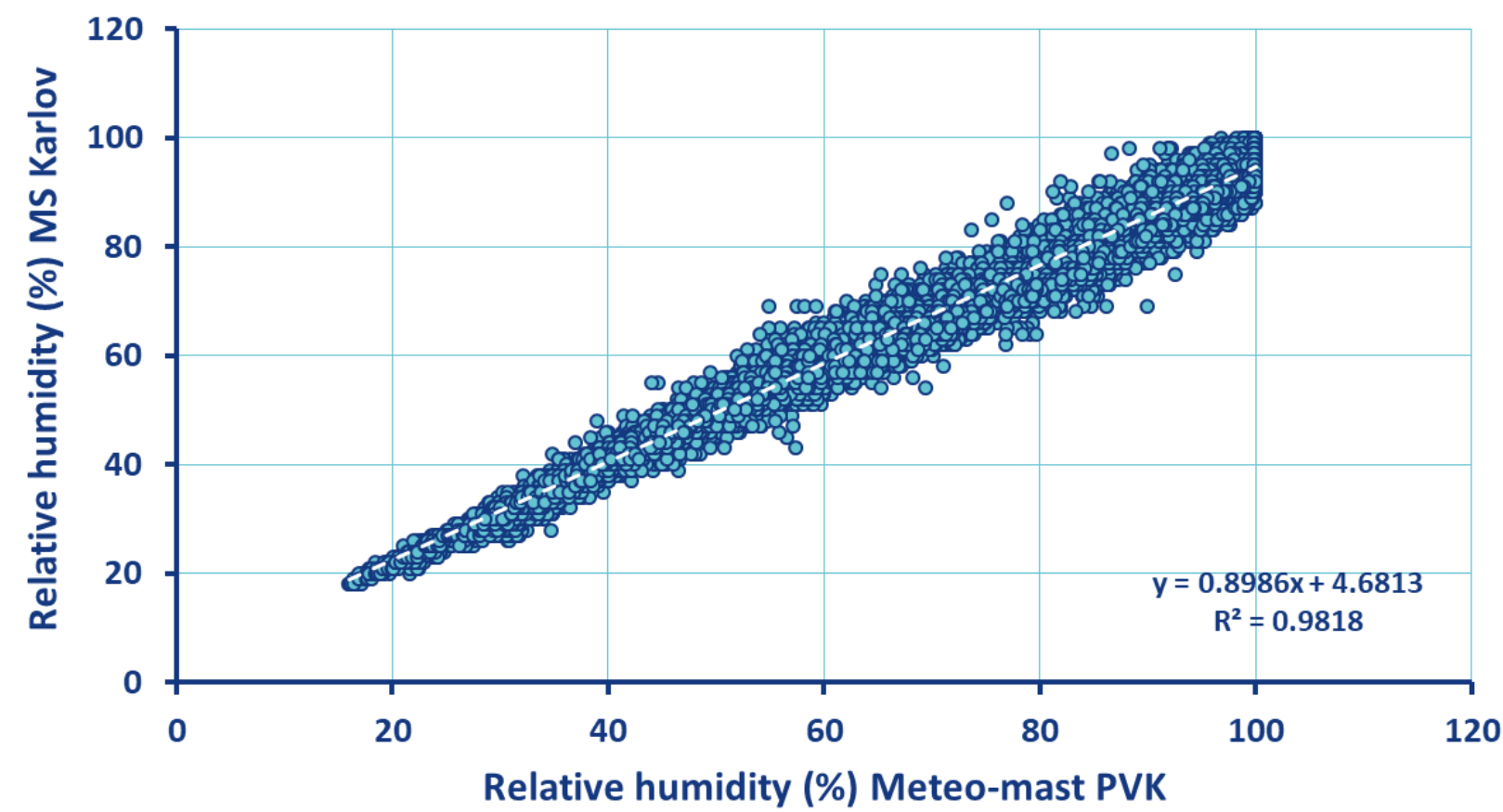
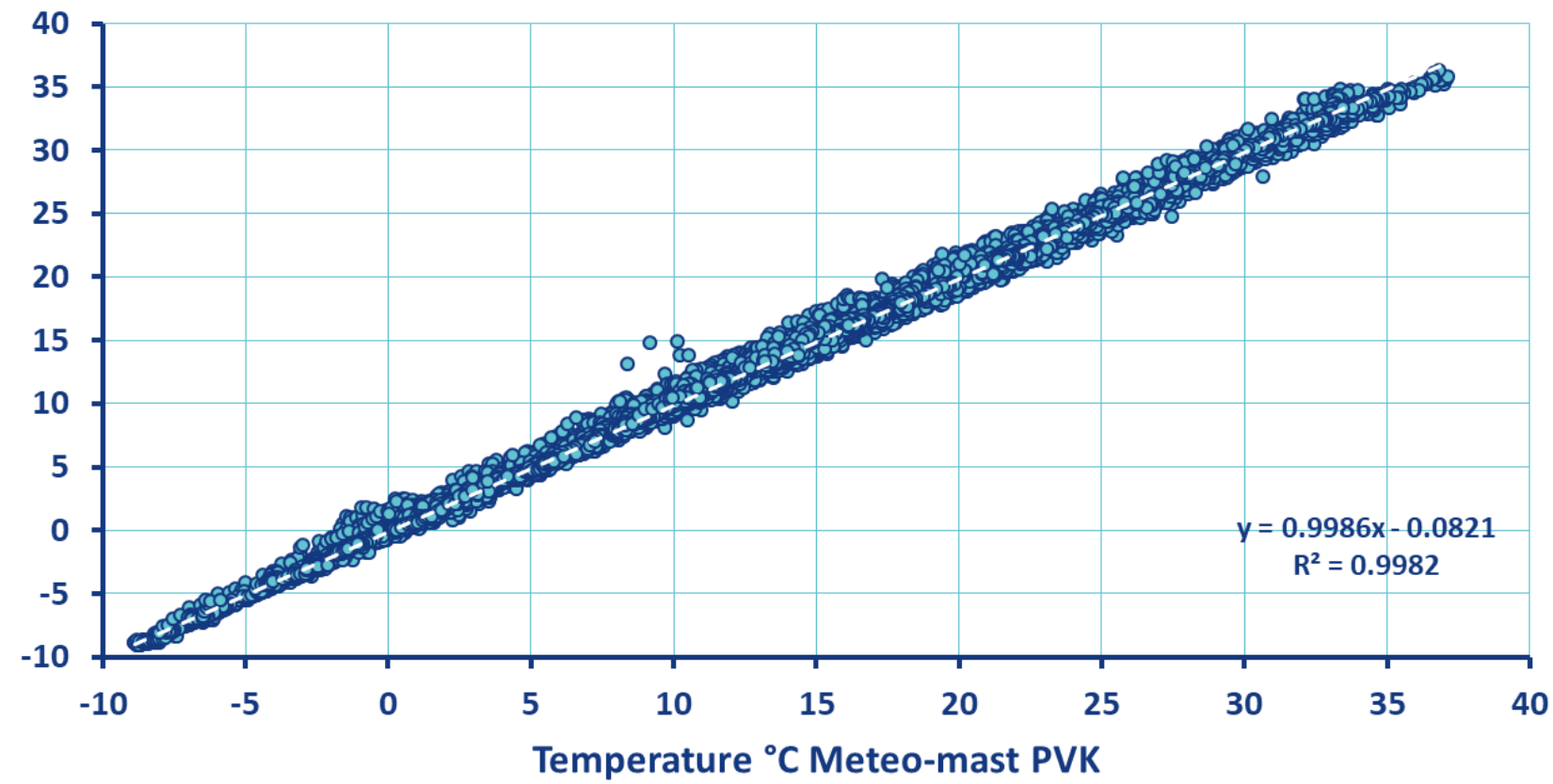
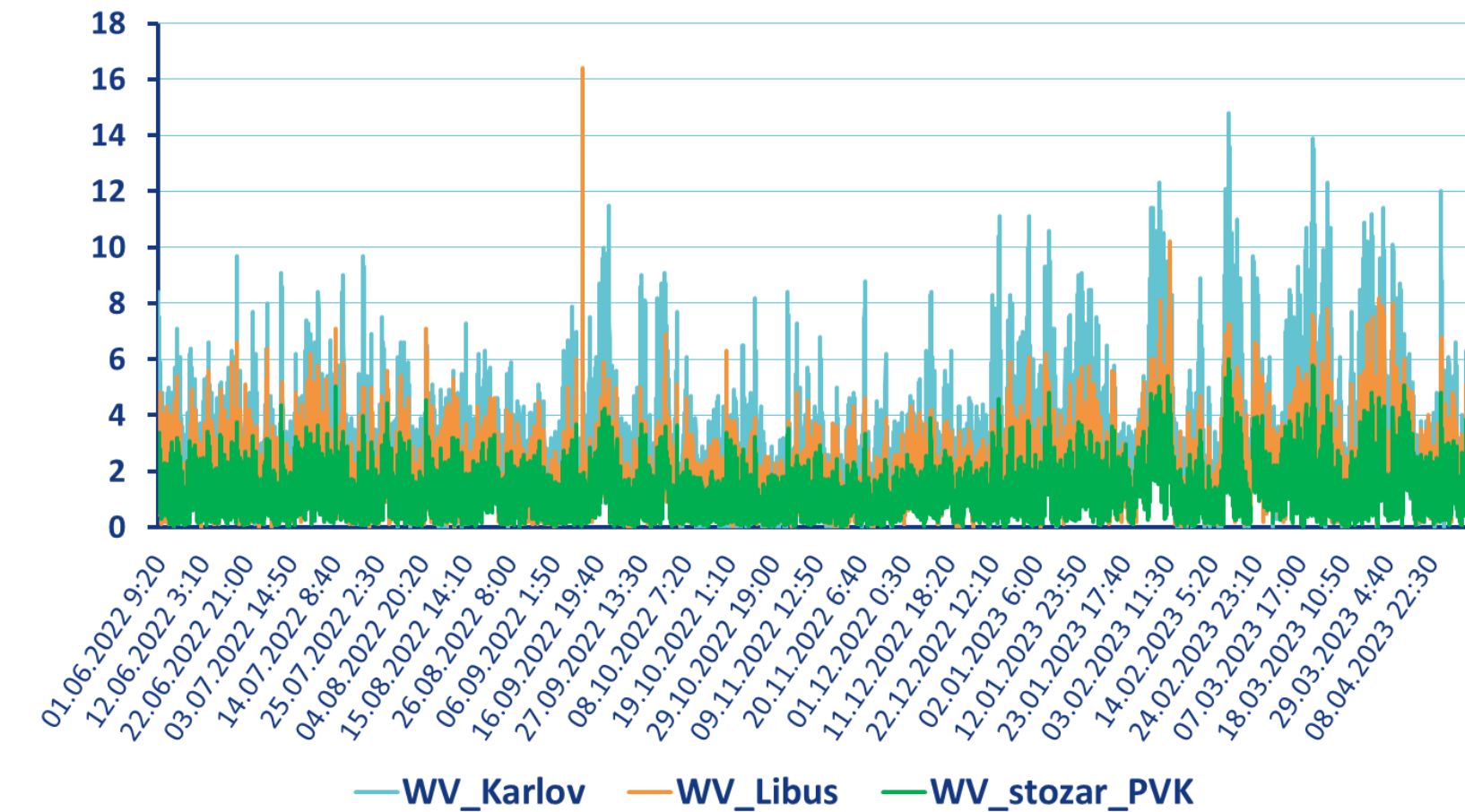
Temperature 10 min averages



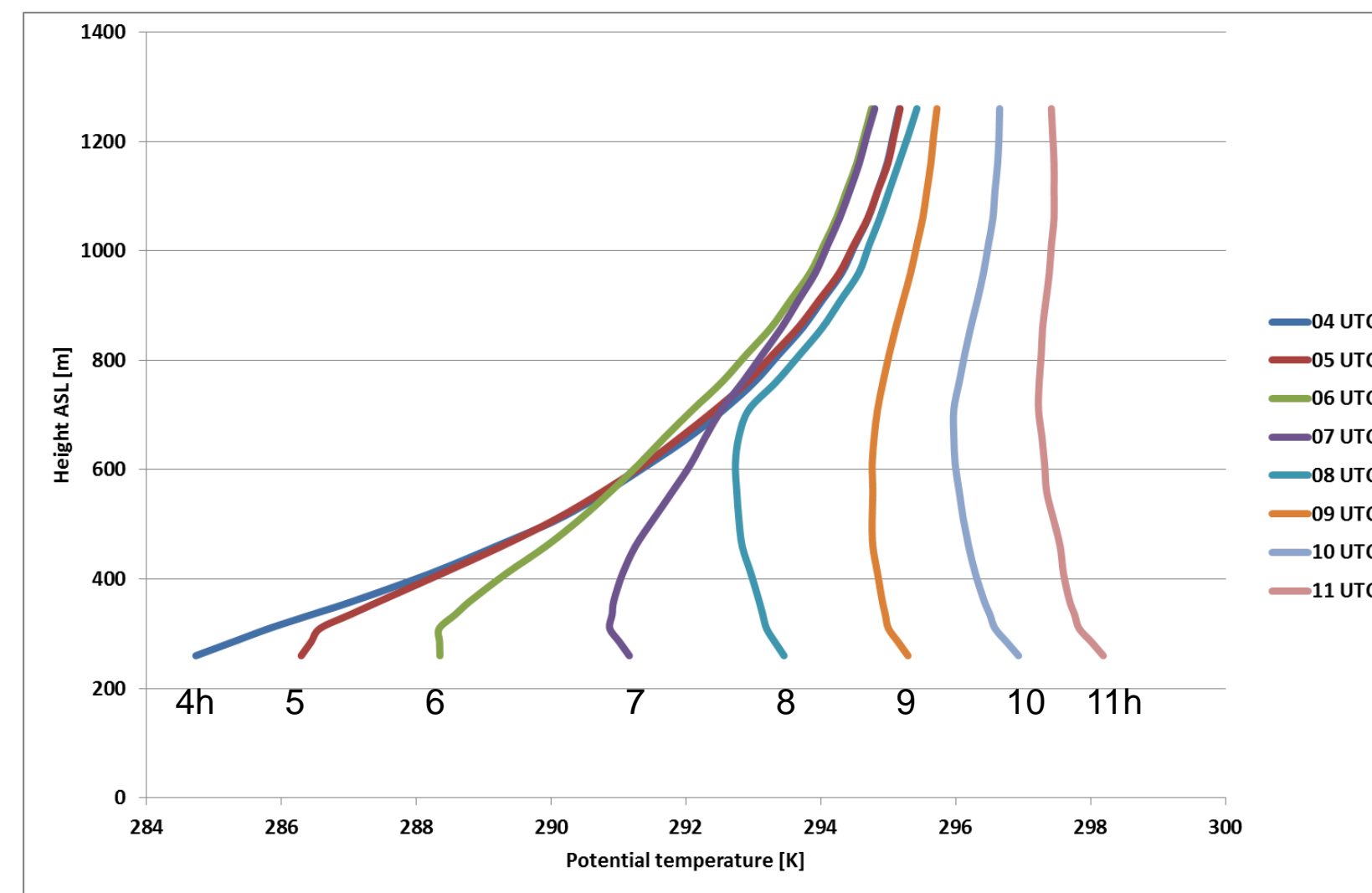
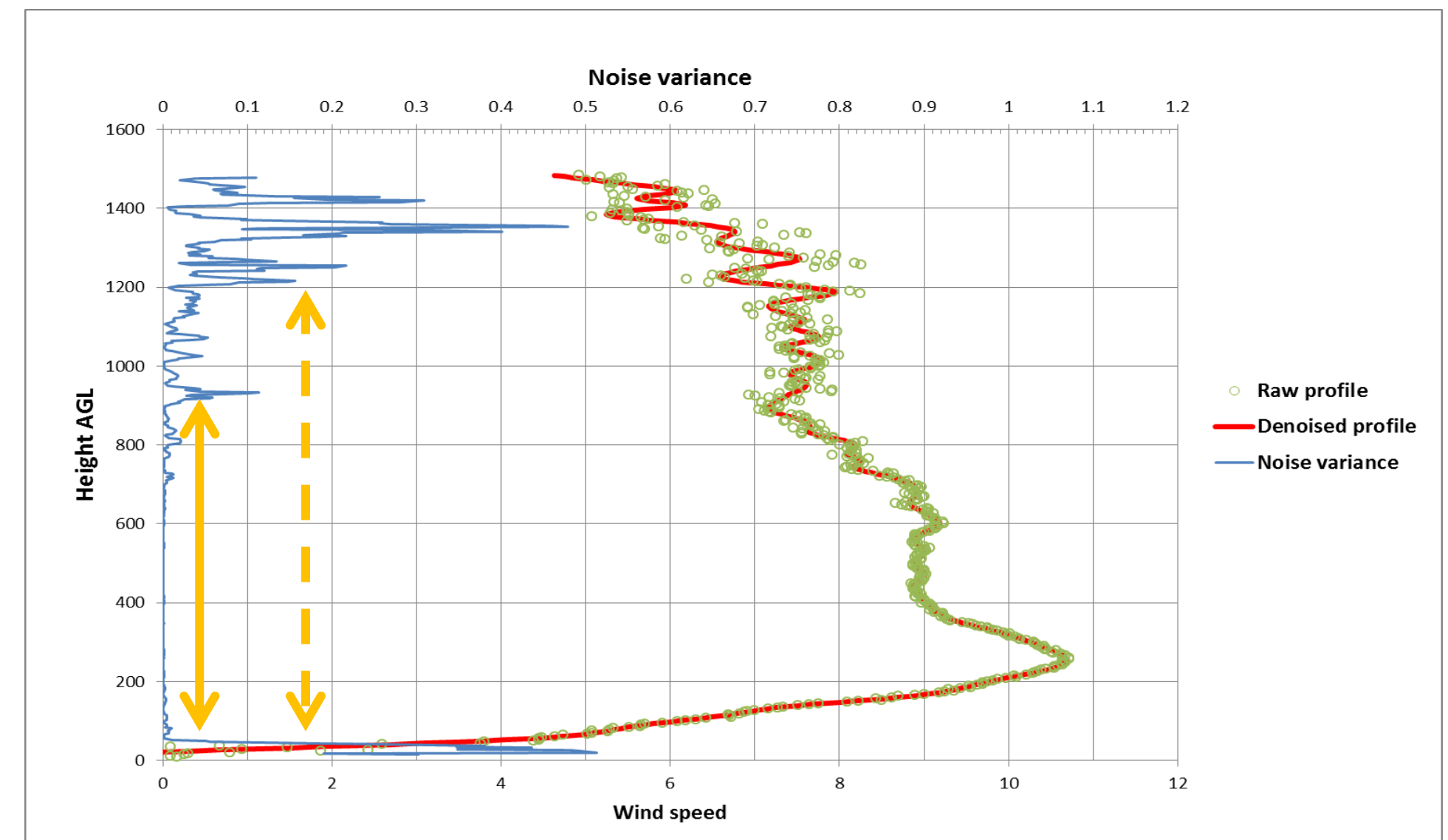
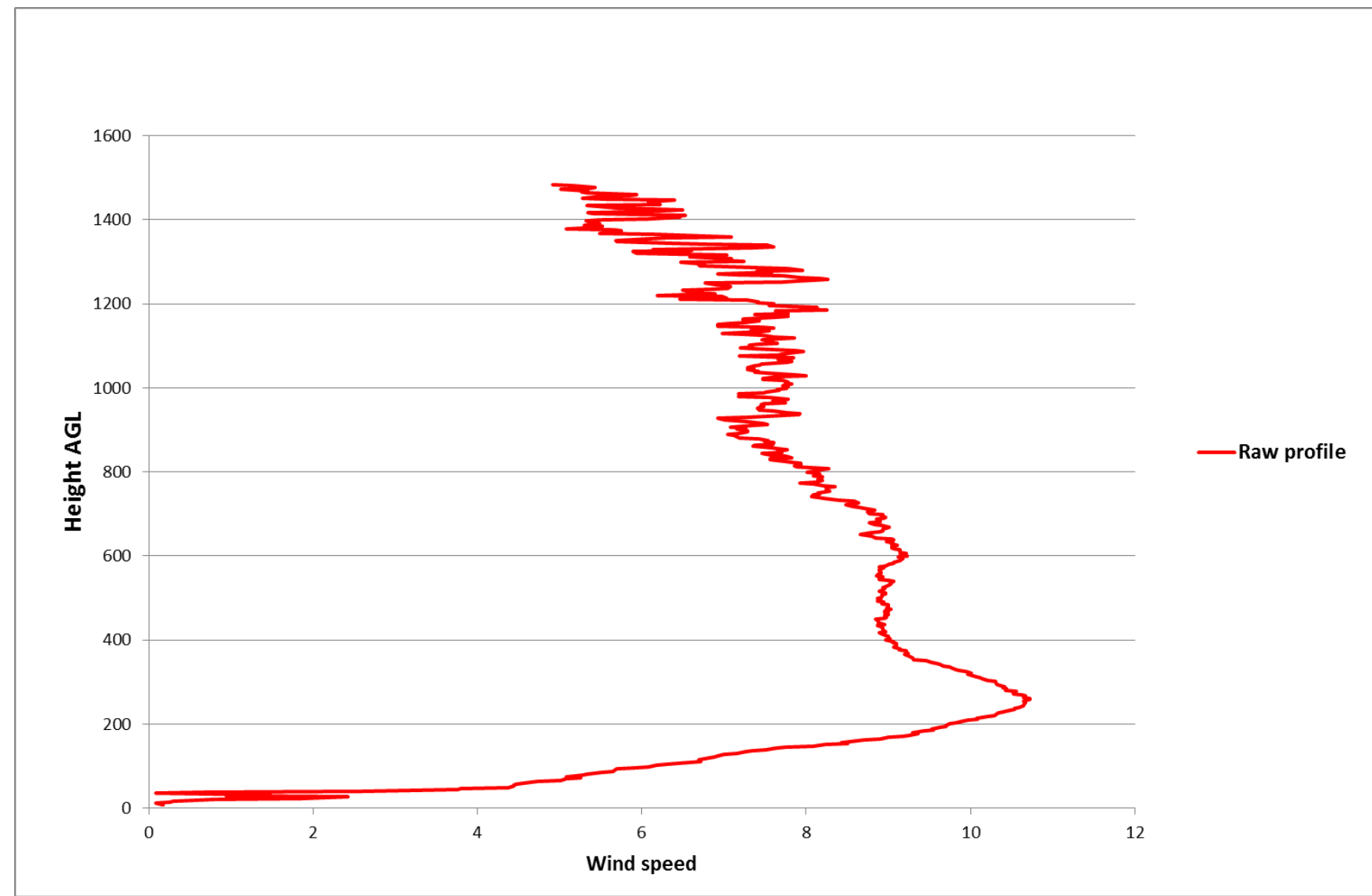
Relative humidity 10 min averages



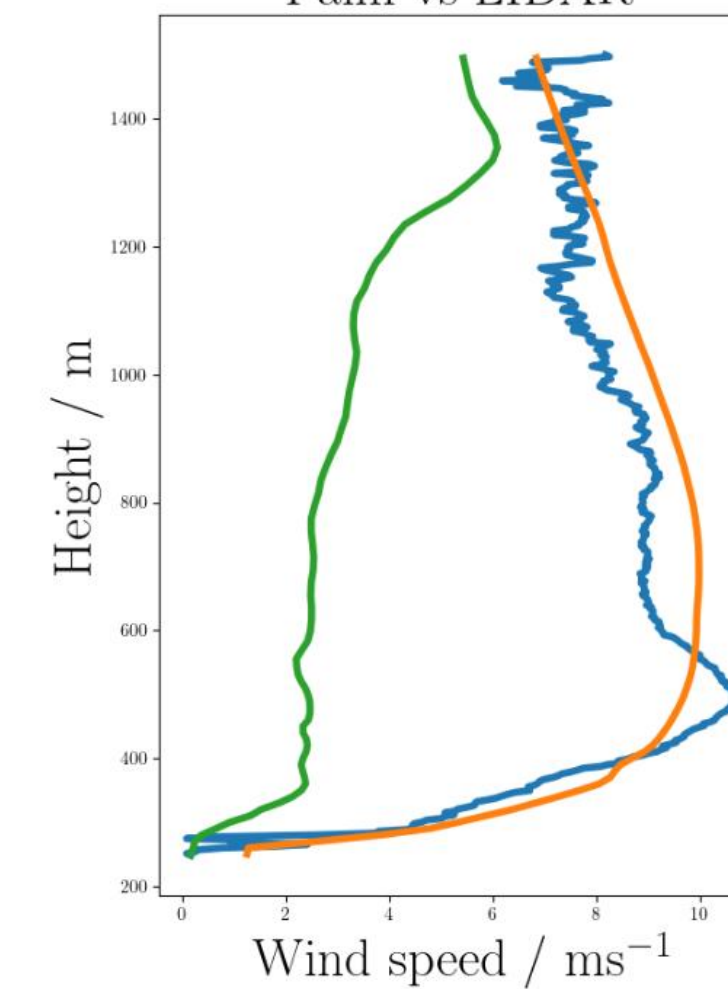
Wind speed 10 min averages



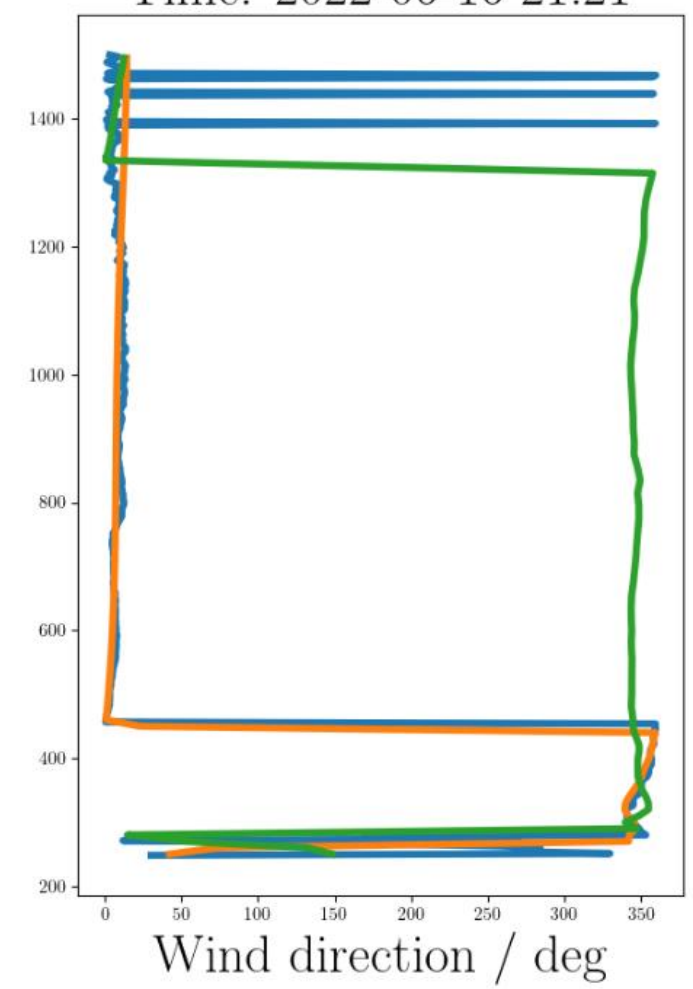
Měření vertikálních profilů teploty a větru pomocí distančních metod



Palm vs LIDAR



Time: 2022-06-16 21:21

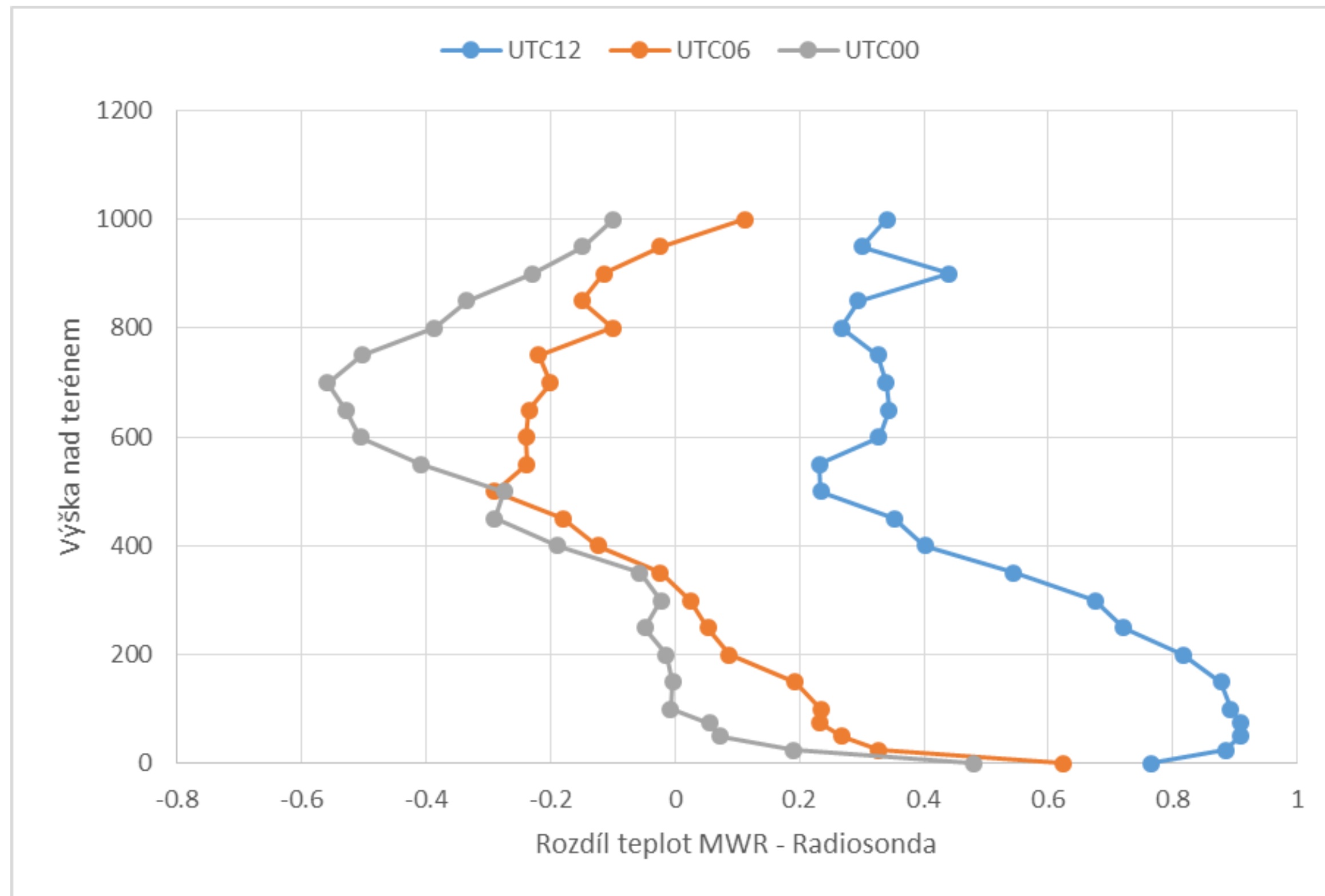


— Measurement — PALM new (Aladin based) — PALM old (Aladin based)

Výškové profily mediánů rozdílů teplot vzduchu měřených radiosondou na OBS Libuš a MWR na MS Praha-Karlov

Prosinec, leden, únor

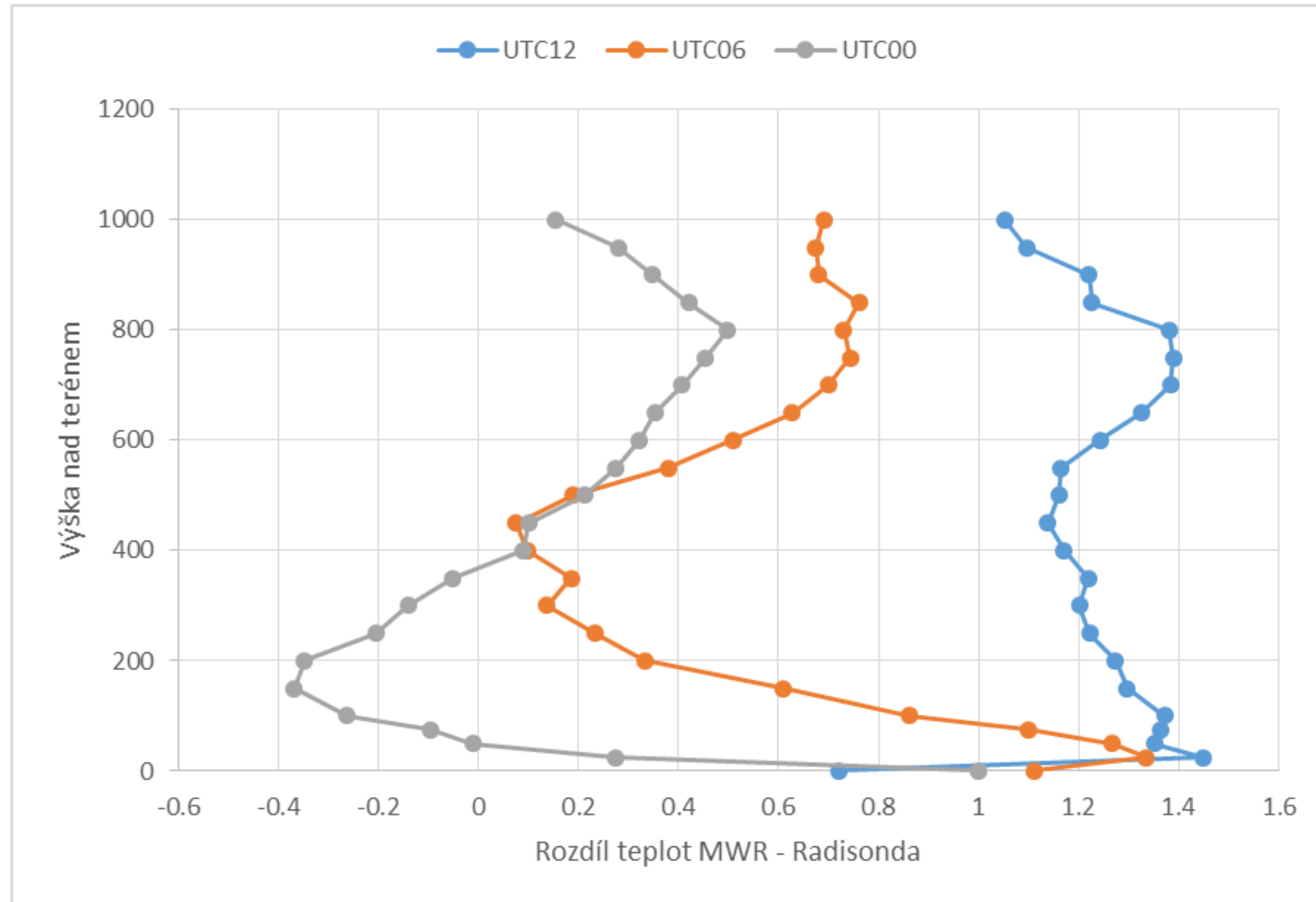
mezi -1 a 1



Height	UTC00	UTC06	UTC12	UTC24
1000	-0.09917	0.111412	0.340336	-0.09917
950	-0.14875	-0.02381	0.300391	-0.14875
900	-0.229	-0.11462	0.440931	-0.229
850	-0.3351	-0.14928	0.294887	-0.3351
800	-0.3863	-0.09973	0.267942	-0.3863
750	-0.50289	-0.21942	0.326415	-0.50289
700	-0.55834	-0.20027	0.338981	-0.55834
650	-0.52865	-0.23449	0.343909	-0.52865
600	-0.50555	-0.23915	0.327305	-0.50555
550	-0.40937	-0.2385	0.231674	-0.40937
500	-0.27394	-0.28977	0.234219	-0.27394
450	-0.28937	-0.18069	0.352557	-0.28937
400	-0.18859	-0.1239	0.401835	-0.18859
350	-0.05681	-0.02387	0.54432	-0.05681
300	-0.02265	0.024862	0.675366	-0.02265
250	-0.04877	0.052562	0.72088	-0.04877
200	-0.01435	0.087166	0.81622	-0.01435
150	-0.00387	0.193671	0.877924	-0.00387
100	-0.00715	0.234168	0.893446	-0.00715
75	0.054863	0.232822	0.910116	0.054863
50	0.073258	0.268428	0.90869	0.073258
25	0.191289	0.327516	0.884899	0.191289
0	0.48	0.625	0.765	0.48

Výškové profily mediánů rozdílů teplot vzduchu měřených radiosondou na OBS Libuš a MWR na MS Praha-Karlov

Červen, červenec, srpen



Height	UTC00	UTC06	UTC12	UTC24
1000	0.241352	0.69087	1.052089	0.241352
950	0.355817	0.674701	1.095571	0.355817
900	0.40437	0.68043	1.221012	0.40437
850	0.454082	0.760704	1.225996	0.454082
800	0.548708	0.72984	1.380998	0.548708
750	0.51198	0.742895	1.389521	0.51198
700	0.566772	0.698863	1.383541	0.566772
650	0.445929	0.627453	1.324686	0.445929
600	0.508995	0.508995	1.242113	0.508995
550	0.379301	0.379301	1.165143	0.379301
500	0.229554	0.188605	1.16032	0.210984
450	0.099608	0.075771	1.13773	0.096379
400	0.089982	0.096906	1.170022	0.089982
350	-0.05193	0.185738	1.218986	-0.05193
300	-0.14137	0.136403	1.201763	-0.14137
250	-0.30129	0.233611	1.222329	-0.30129
200	-0.33037	0.331581	1.273815	-0.33037
150	-0.36805	0.609407	1.296631	-0.36805
100	-0.25821	0.861542	1.371788	-0.25821
75	-0.08005	1.09925	1.362959	-0.08005
50	0.07483	1.267391	1.351003	0.07483
25	0.31028	1.334528	1.448462	0.31028
0	1	1.11	0.72	1.01

mezi -1 a 1

>1

Shrnutí

- V rámci projektu TURBAN jsou získávána unikátní data z městského prostředí a hodnotné zkušenosti s provozem a validací dat z doprovodné měřicí sítě
- V případě senzorů kvality ovzduší jsou dostupná data z období červen 2022 až březen 2023; v období květen a červen 2023 probíhá konečné srovnávací měření všech senzorů na stanici AIM Libuš
- Další informace o cílech celého projektu a průběhu řešení dílčích částí projektu lze najít na webu: <https://project-turban.eu/index.html#intro>
- Se všemi daty se bude i nadále pracovat (porovnání s modelovými výstupy)
- Výstupem měřicí kampaně bude mimo publikace i veřejná databáze naměřených a validovaných dat (uveřejněná na konci období řešení projektu)
- Doprovodná měření na bázi sítě senzorických čidel vyžadují velké úsilí a čas lidí (nejen na zprovoznění, ale zejména na údržbě sítě => QA/QC + aplikace vhodných korekčních metod pro validaci dat)
- Při zvažování realizace měření tohoto typu je vždy zapotřebí zvážit všechny zmíněné aspekty provozu zařízení, včetně životnosti senzorů (max. 1-2 roky)


Poděkování

- Norway grants a TAČR za finanční podporu projektu TO01000219
- Všem spoluřešitelům za kontinuální spolupráci na řešení dílčích cílů projektu
- Spolupracujícím organizacím v případě umístění měřicí techniky:
 - Úřad Městské části Praha 2
 - Pražské vodovody a kanalizace
 - Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě
 - hotel Le Palais Art Prague
 - VĚDA základní škola a jazyková škola
 - Hasičský záchranný sbor Praha 2

Děkujeme za Vaši pozornost!

Ing. Petra Bauerová, Ph.D.
Ing. Adriana Šindelářová
RNDr. Josef Keder, CSc.

Mgr. Ondřej Vlček
Ing. Jan Šilhavý


**Český
hydrometeorologický
ústav**