

ČESKÝ
HYDROMETEOROLOGICKÝ
ÚSTAV

Výsledky „STUDIE EFEKTIVITY ZAVEDENÍ OPATŘENÍ V DOBĚ SMOGOVÉ SITUACE NA ÚZEMÍ HLAVNÍHO MĚSTA PRAHY“

Objednatel studie: Hlavní město Praha

Zhotovitel: Český hydrometeorologický ústav

Nina Benešová, Jana Ďoubalová, Roman Juras, Miloslav Modlík, Ondřej Vlček

Kontaktní osoba: Ondřej Vlček, vlcek@chmi.cz

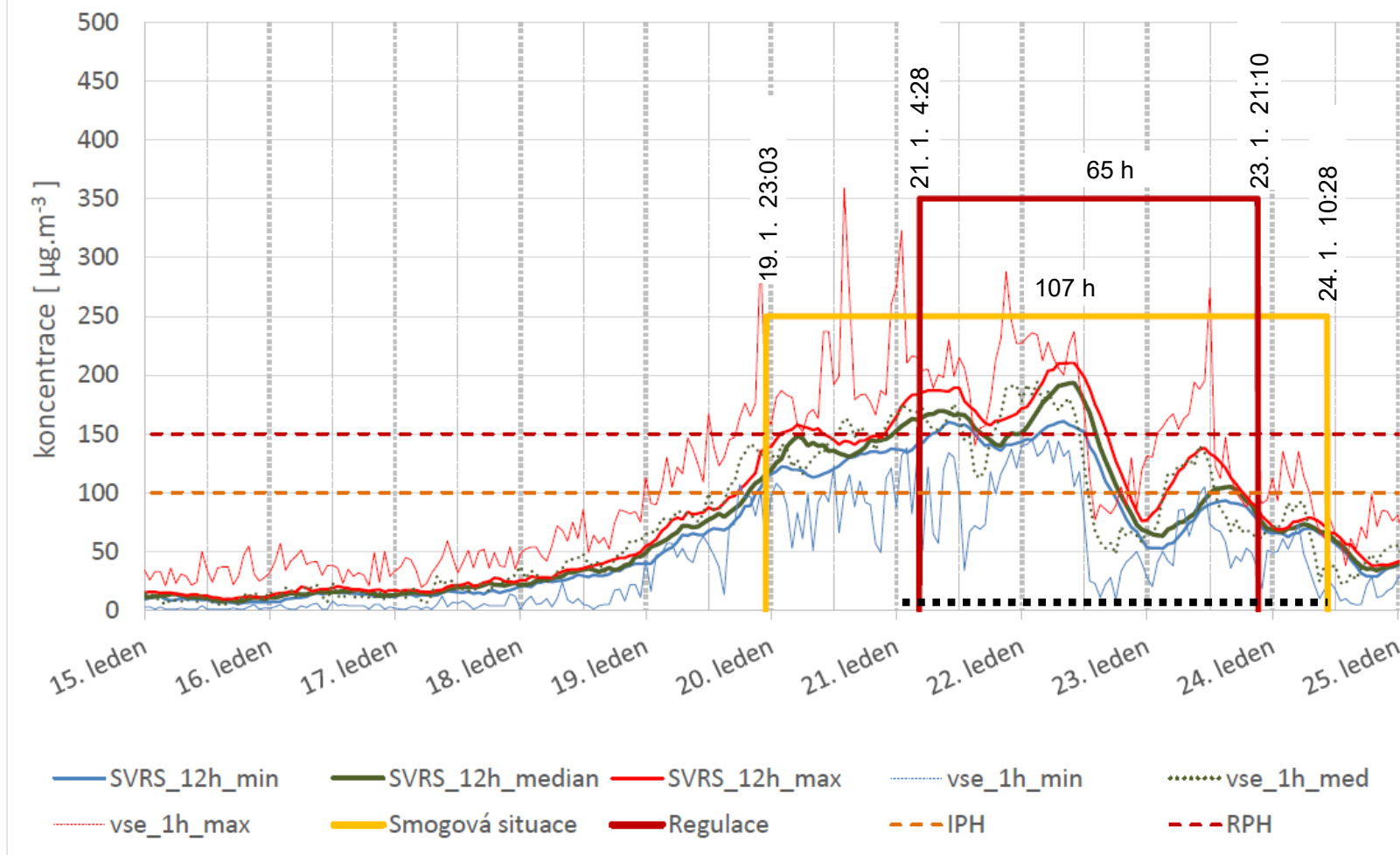
Subdodavatel zhotovitele: ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o.

Radek Jareš, Jan Karel, Robert Polák

Studie byla vypracována na základě smlouvy o dílo

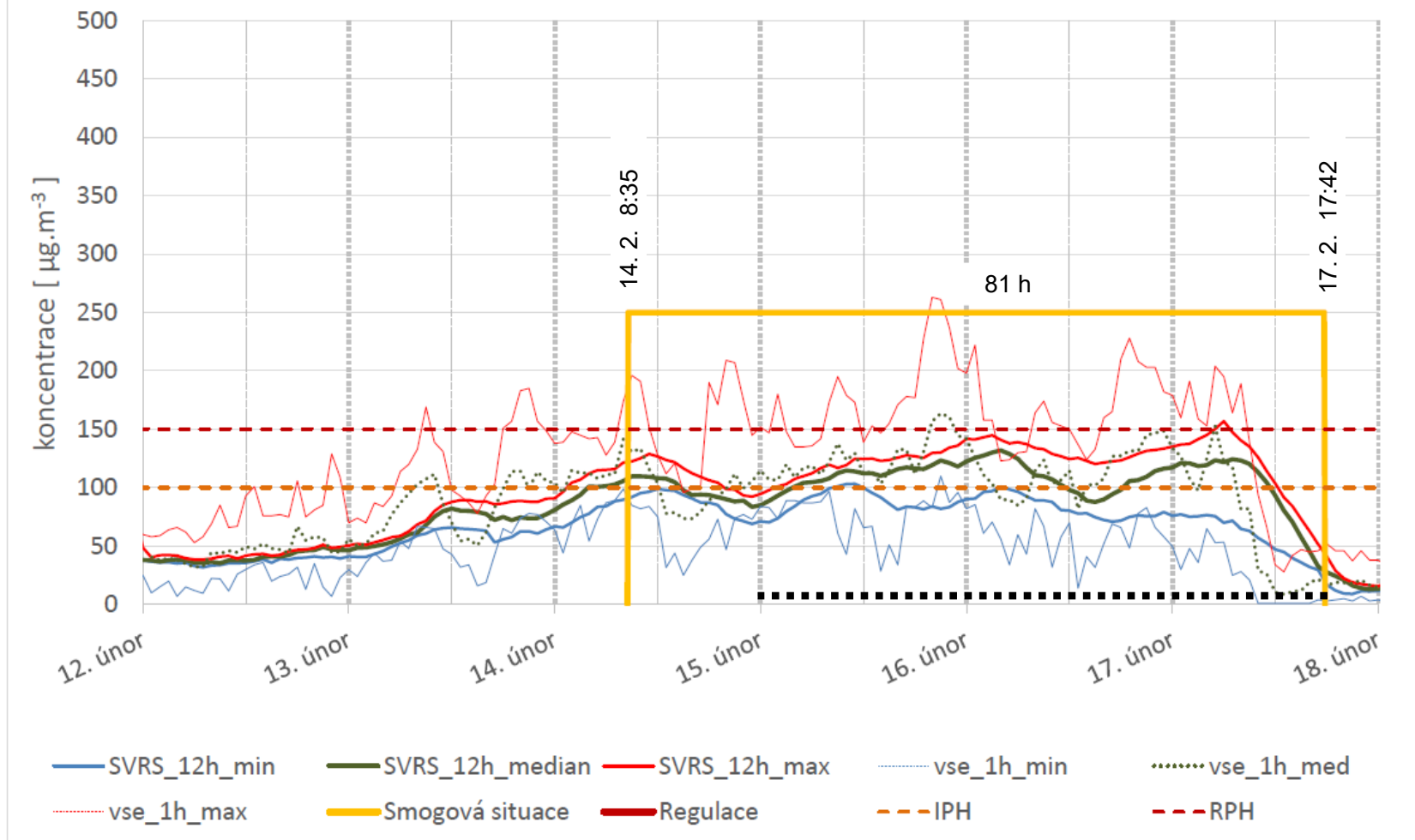
ev. č. objednatele DIL/54/05/011957/2017 a ev. č. zhotovitele 4000/43/2017.



Průběh koncentrací PM₁₀ v Praze během I. epizody

Uvedené časy vyhlášení a odvolání smogové situace a regulace jsou v SEČ. Silnou tečkovanou čarou u vodorovné osy je vyznačeno trvání uvažovaných omezení silniční dopravy. SVRS_12h ... klouzavé 12hodinové průměry na stanicích SVRS; vse_1h ... hodinové koncentrace na všech stanicích v Praze. Zobrazena je minimální, maximální hodnota a medián.

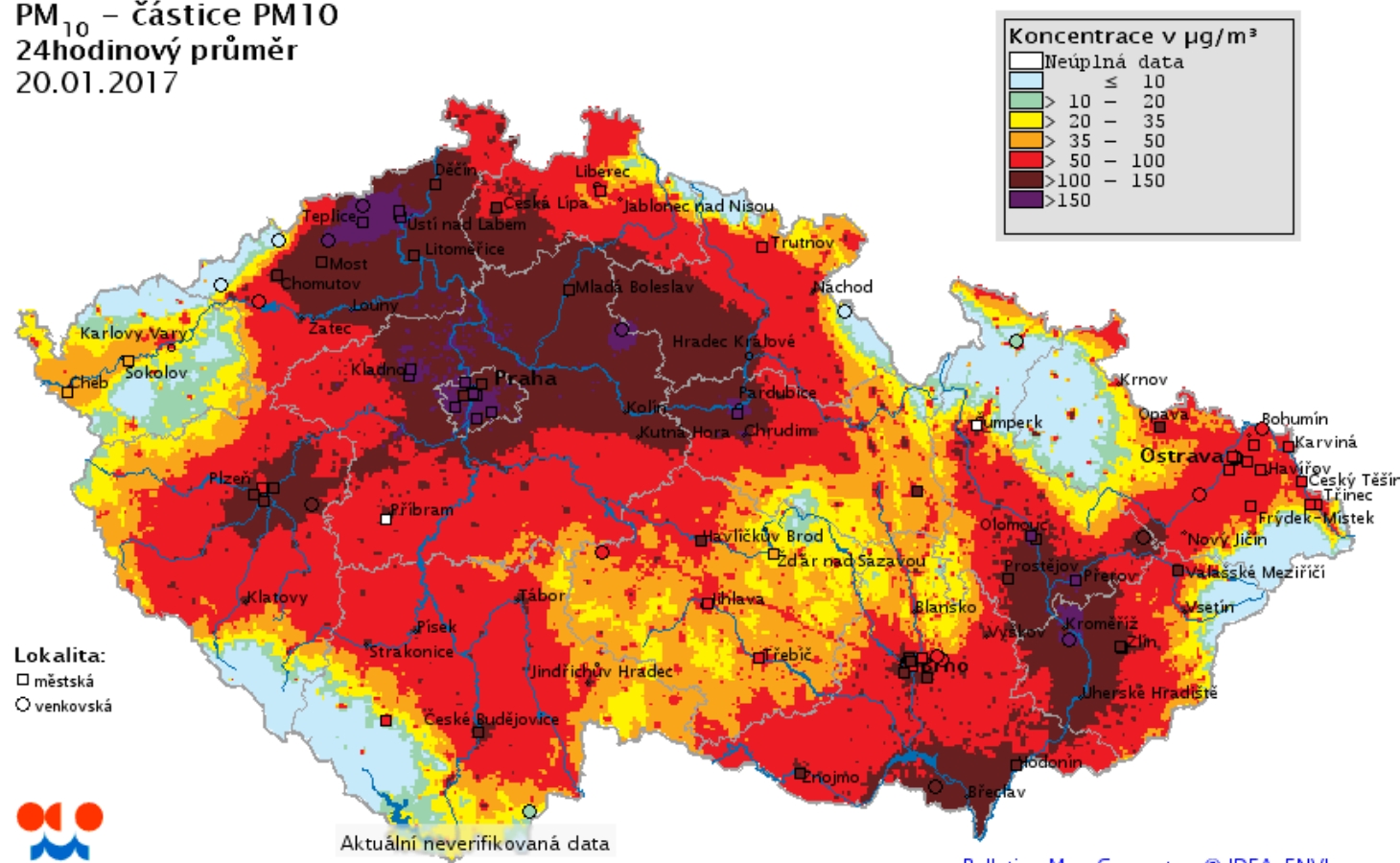
[Zpět](#) na výsledky epizody I.

Průběh koncentrací PM₁₀ v Praze během II. epizody

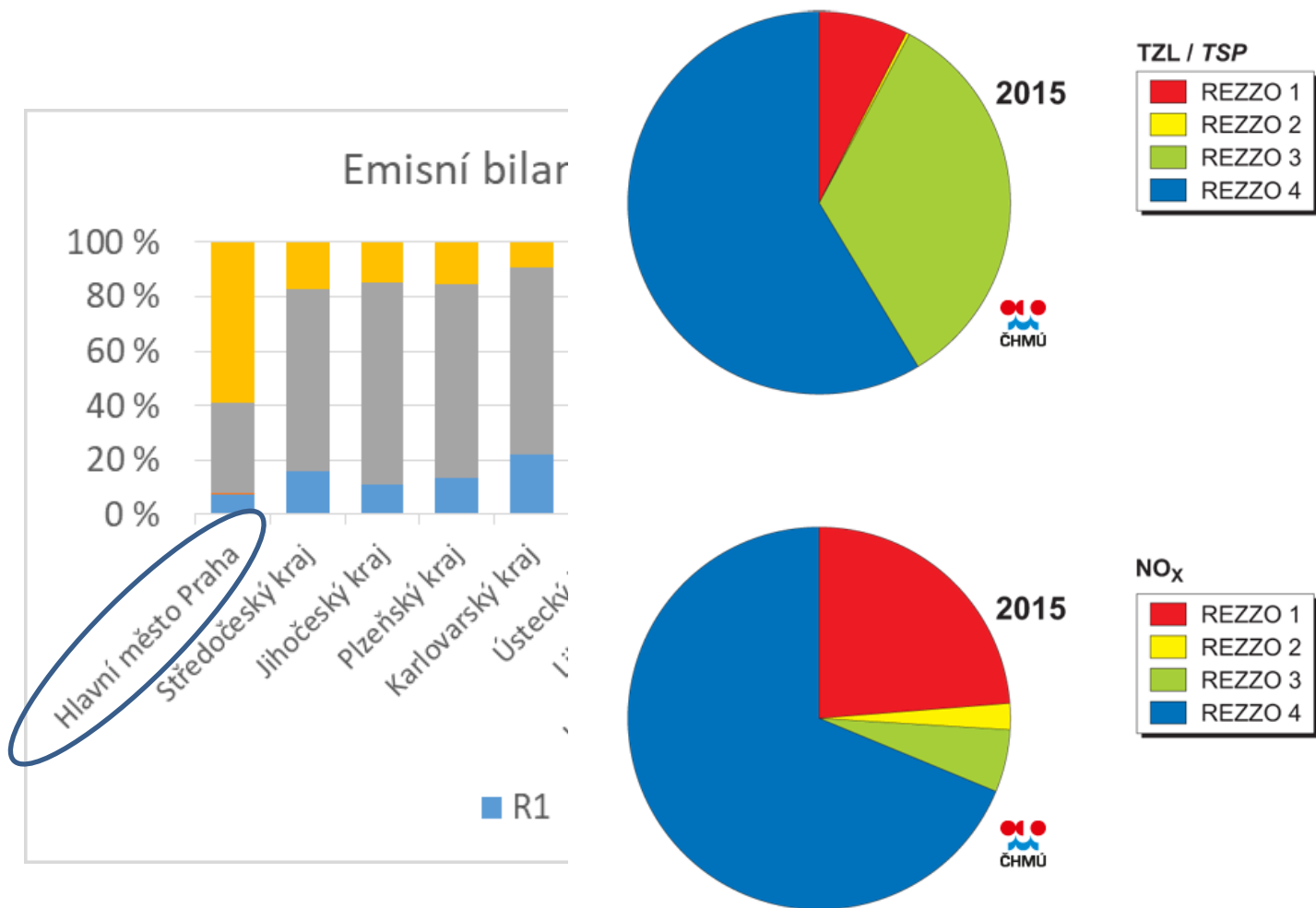
Uvedené časy vyhlášení a odvolání smogové situace jsou v SEČ. Silnou tečkovanou čarou u vodorovné osy je vyznačeno trvání uvažovaných omezení silniční dopravy. SVRS_12h ... klouzavé 12hodinové průměry na stanicích SVRS; vse_1h ... hodinové koncentrace na všech stanicích v Praze. Zobrazena je minimální, maximální hodnota a medián.

Situace na území ČR 20. 1. 2017

PM₁₀ – částice PM10
24hodinový průměr
20.01.2017

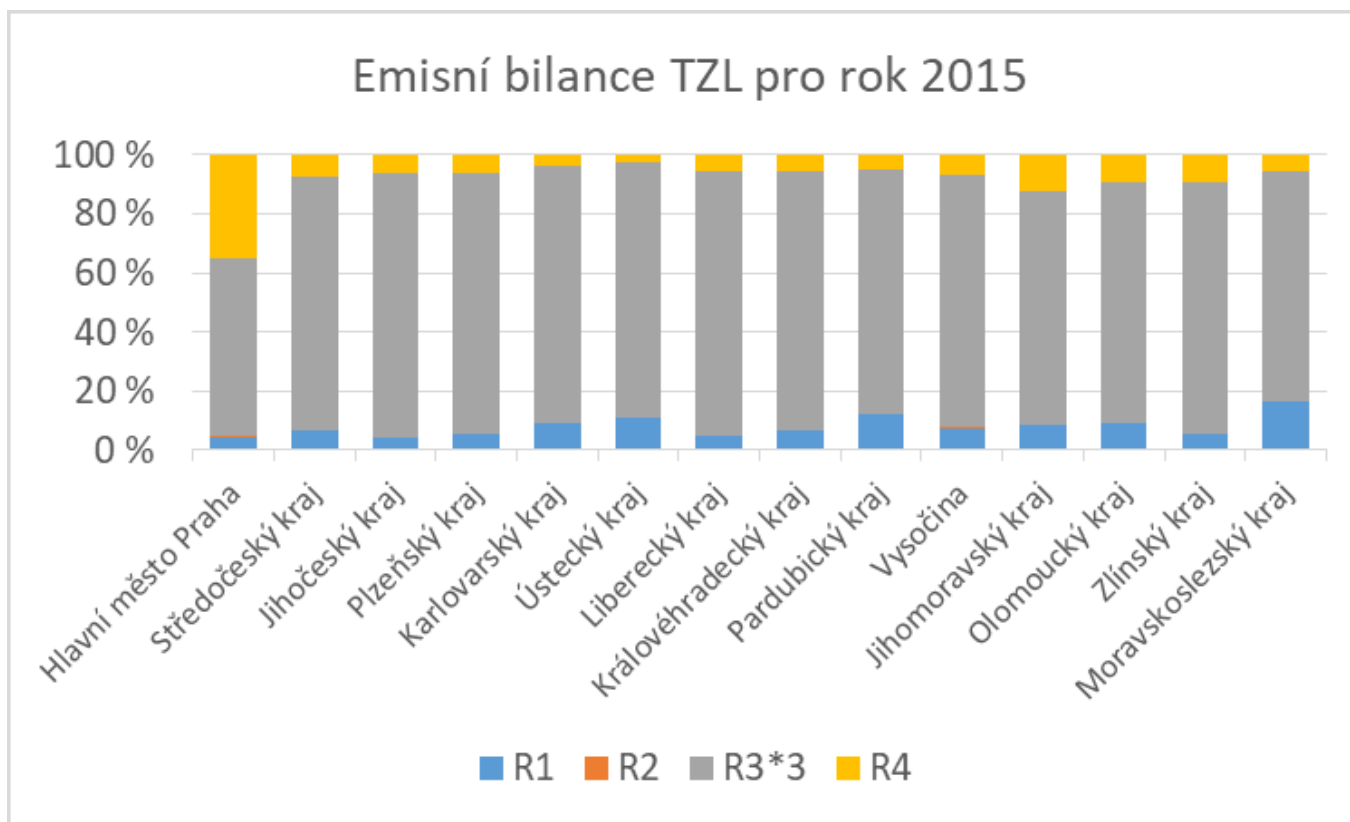


Podíl zdrojů (kat. REZZO) na emisích TZL v r. 2015



Pozn. TZL v emisní bilanci nezahrnují resuspenzi

Podíl zdrojů (kateg. REZZO) na emisích TZL se zohledněním sezónnosti emisí z lokálního vytápění



Pozn. TZL v emisní bilanci nezahrnují resuspenzi

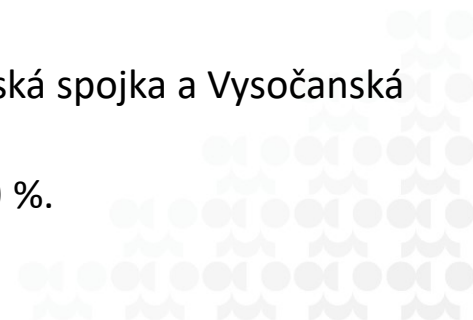
Cíl studie

- Posoudit dopad omezení automobilové dopravy na koncentrace oxidu dusičitého (NO₂) a suspendovaných částic PM₁₀.
- Hodnoceny smogové epizody ve dnech 18.–25. 1. 2017 (epizoda I) a 13.–18. 2. 2017 (epizoda II).
- Opatření začnou platit následující den po vyhlášení smogové situace, pokud k němu dojde do 16:00 h, jinak se platnost o den posune.



Uvažované varianty

- 1. Výchozí stav** – bez aplikace opatření.
- 2. MHD zdarma** – navýšení počtu cestujících v MHD o 5 % a pokles intenzit vozidel do 3,5 t o 4 %. Vzhledem k předpokládanému nárůstu počtu cestujících se neuvažovalo s navyšováním spojů MHD.
- 3. ZPS – jen rezidenti** – zákaz parkování nerezidentů v zónách placeného stání (ZPS): pokles intenzit vozidel do 3,5 t v ZPS o 5 %.
- 4. Režim sudá/lichá** – omezení jízd automobilů v režimu sudá/lichá s uplatněním výjimek pro některá vozidla: snížení intenzit veškeré automobilové dopravy o 30 %.
- 5. Zákaz NA nad 6 t** – úplný zákaz jízd nákladních automobilů nad 6 t s uplatněním výjimek:
 - v území uvnitř dnes platné zóny zákazu vjezdu nákladních automobilů celkové hmotnosti nad 6 t: snížení počtu nákladních vozidel nad 3,5 t o 20 %;
 - dálnice + tranzitní tahy Spořilovská spojka - Jižní spojka - Štěrboholská spojka a Vysočanská radiála - Kbelská: snížení počtu nákladních vozidel nad 3,5 t o 80 %;
 - ostatní komunikace: snížení počtu nákladních vozidel nad 3,5 t o 60 %.
- 6. Souběh opatření** – vliv souběhu variant 2–5.

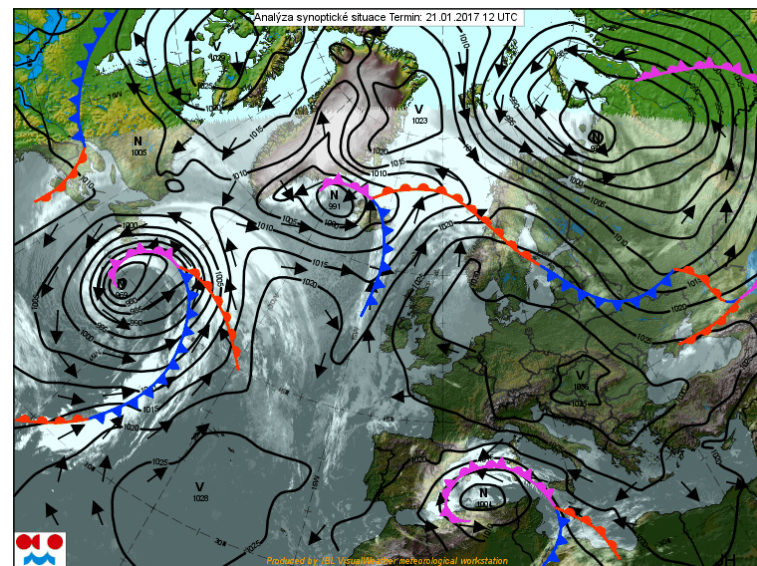
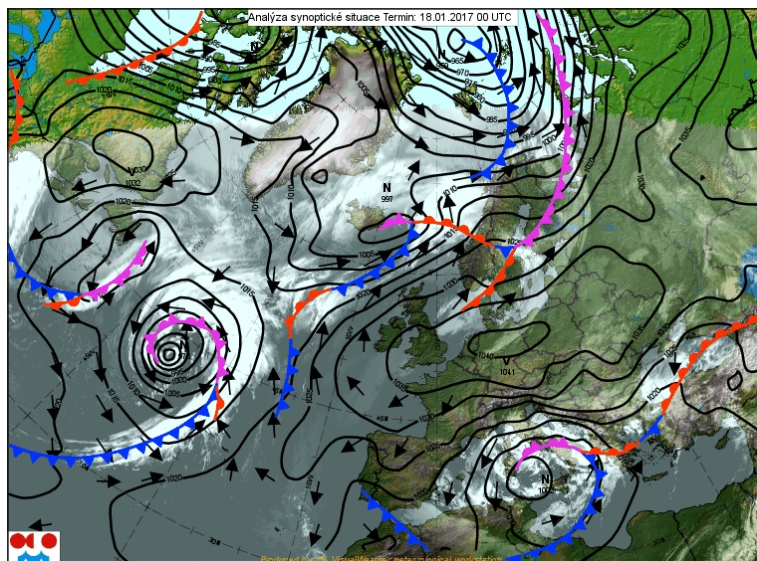


Meteorologické příčiny

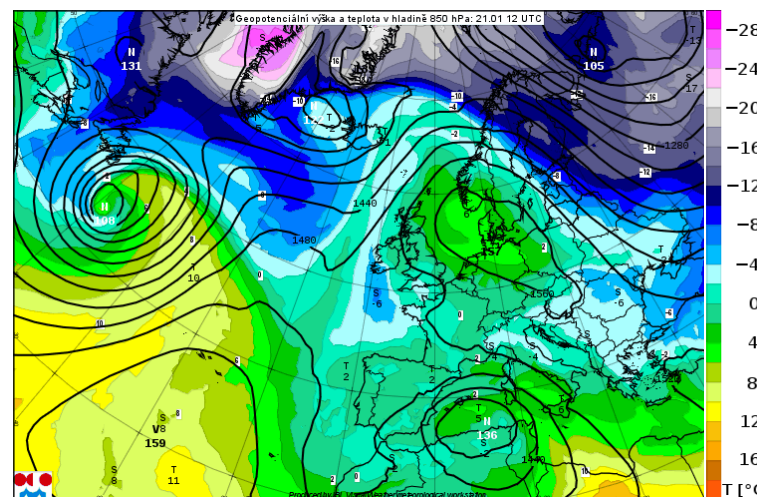
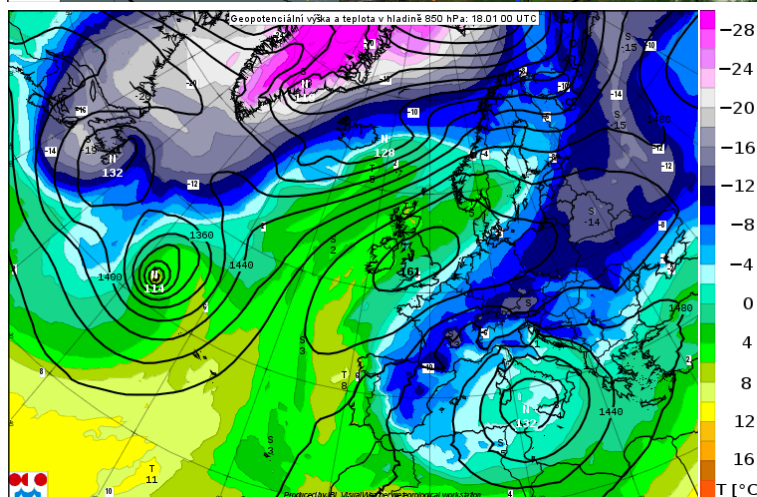
18. ledna 2017 0:00 UTC

21. ledna 2017 12:00 UTC

Analyza synoptické situace

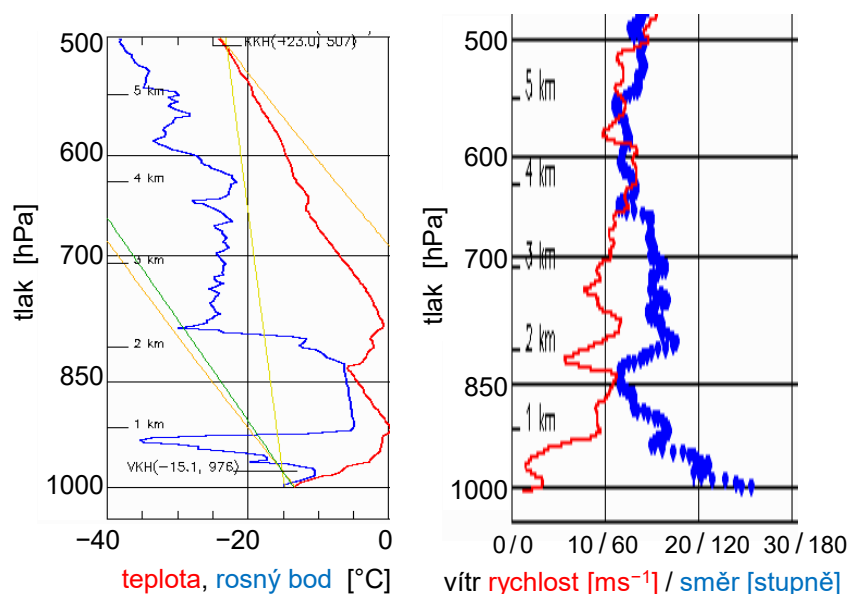


Geopotenciální výška a teplota v hladině 850 hPa

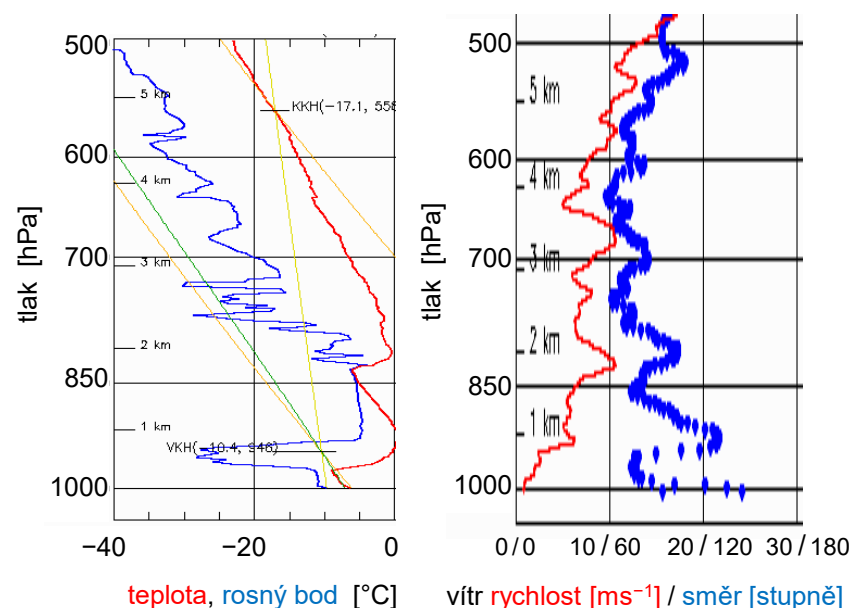


Meteorologické příčiny

Praha, Libuš 20. ledna 2017 6:00 UTC



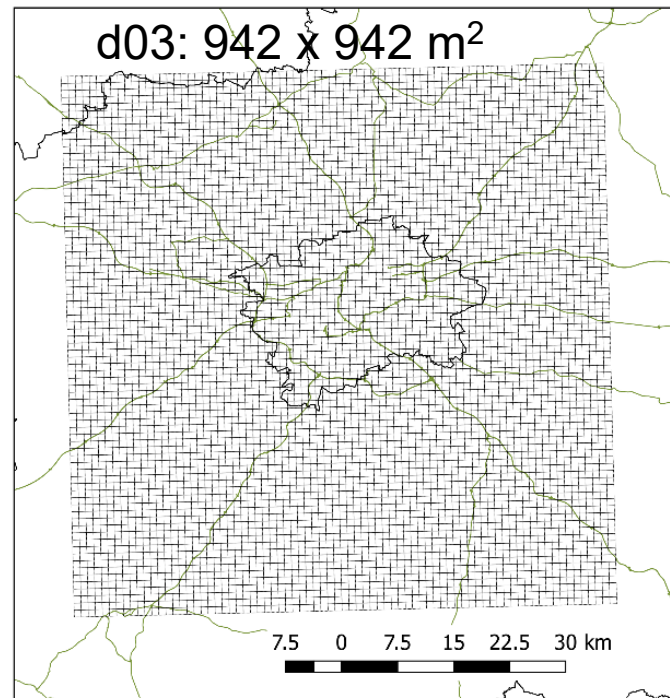
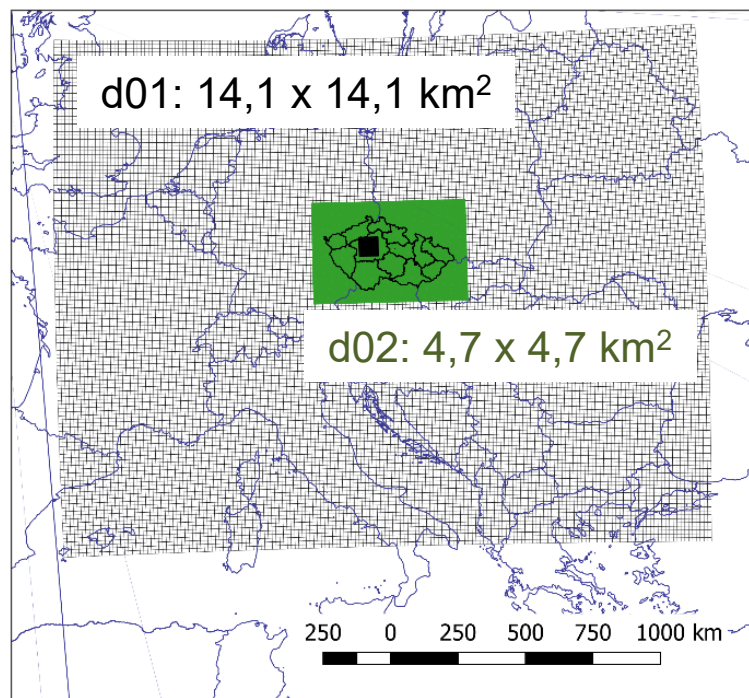
Praha, Libuš 20. ledna 2017 12:00 UTC



Podrobněji se zaměřením na Prahu viz Šopko a kol. 2017. Meteorologická analýza rozsáhlých smogových situací v ČR v lednu a únoru 2017. Vyjde v *Meteorologických zprávách*, roč. 70, č. 4

Způsob řešení

Imisní modelování chemickým transportním modelem CAMx napojeným na model předpovědi počasí ALADIN



Domény d01–d03 modelu CAMx (vlevo). Doména d03 modelu CAMx (vpravo). Zobrazena je Praha, část vnější hranice Středočeského kraje, dálnice, rychlostní silnice a silnice I. třídy.

Způsob řešení

- **Pro všechny varianty byla z neupravených výstupů modelu CAMx vypočtena průměrná a maximální (1h pro NO₂ a denní pro PM₁₀) koncentrace pro celé období smogové situace.**
- **Výchozí stav byl nafitován na staniční měření dle metodiky pro tvorbu map používané v ročence ČHMÚ Znečištění ovzduší na území České republiky (PM₁₀ denní a NO₂ hodinové průměry).**



Způsob řešení

- Varianty 2–6 není možné fitovat na staniční data. Pro odhad absolutní změny koncentrace byly průměrné, resp. maximální koncentrace spočtené z nafitované varianty 1 vynásobeny podílem průměrných, resp. maximálních koncentrací spočtených z neupravených výstupů pro uvažovanou variantu i a variantu 1:

$$X_i^{fit} = X_1^{fit} \cdot \frac{X_i}{X_1}$$



Způsob řešení

- výsledně hodnoceny procentuální změny statistik spočtených z neupravených výstupů a dále
- absolutní změna statistik (nařítovaná varianta 1 přenásobená procentuální změnou)



Meteorologické vstupy

- Operativní cyklus modelu ALADIN
- Řada meteorologických dat s krokem 1 h byla vytvořena z běhů s počátkem v 0, 6, 12 a 18 UTC následovaných předpovědí na následujících 6 hodin
- ALADIN má rozlišení 4,7 x 4,7 km². Meteorologické vstupy pro doménu d03 byly do potřebného rozlišení interpolovány modelem CAMx.



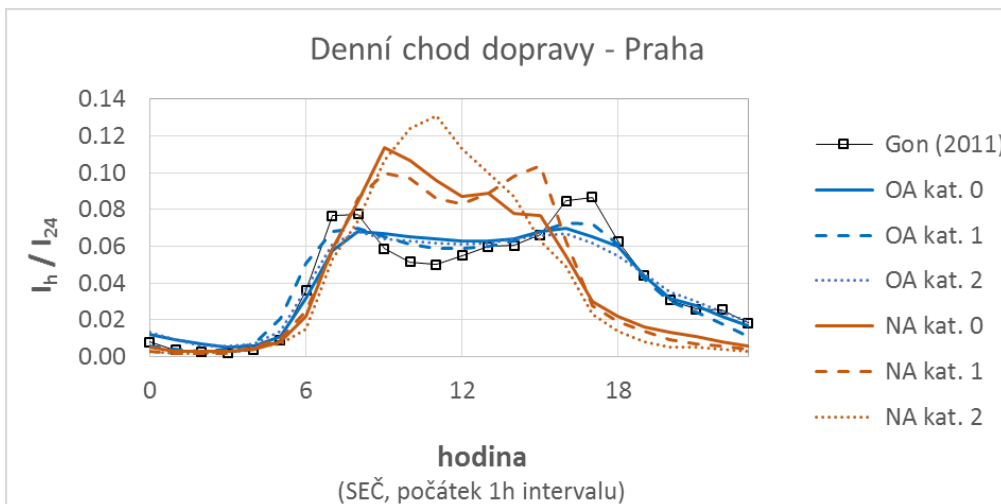
Emisní vstupy – doprava v Praze

- Výpočet ATEM – Ateliér ekologických modelů, s. r. o. modelem MEFA 13
- Výchozí stav založen na sčítání dopravy v roce 2016
- Zohledněny víceemise ze studených startů (na základě průměrných 1h teplot) a resuspenze.

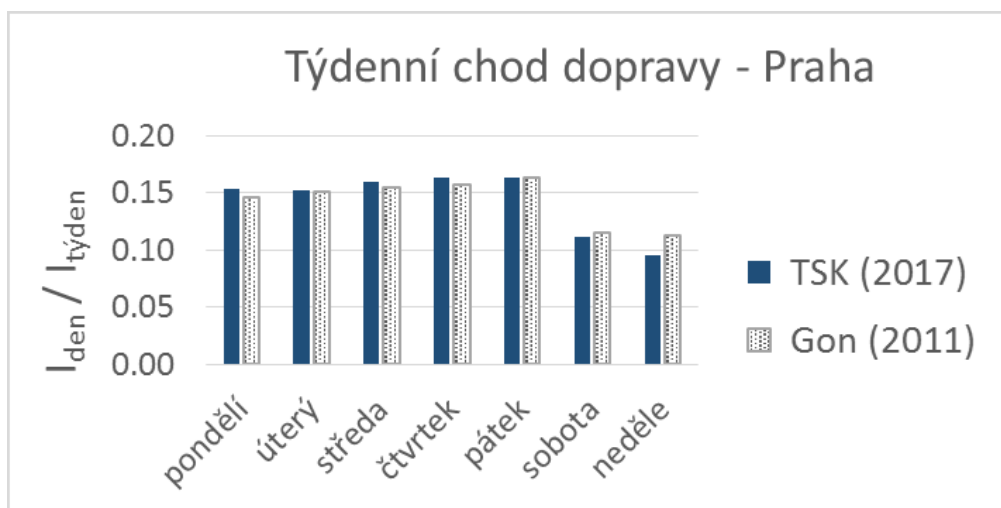
Emise (% var. 1)	NO _x	NO ₂	TZL	PM ₁₀	PM _{2,5}	C _x H _y	SO ₂	BaP
1 Výchozí stav	100	100	100	100	100	100	100	100
2 MHD zdarma	98	97	98	98	98	97	97	98
3 ZPS – jen rezidenti	99	99	100	100	100	99	99	99
4 Režim sudá/lichá	70	70	70	70	70	70	70	70
5 Zákaz NA nad 6 t	74	85	55	58	62	84	91	70
6 Souběh opatření	50	57	38	39	42	57	61	47

Emisní vstupy – doprava v Praze

časové rozpočty



OA – osobní automobily,
NA – nákladní automobily,
kat. 1 – přístupové kapacitní, komunikace ve směru ze Středočeského kraje s výrazným předpokladem ranní a odpolední
kat. 2 – hlavní dopravní tahy v oblasti širšího centra města,
kat. 0 – ostatní komunikace.

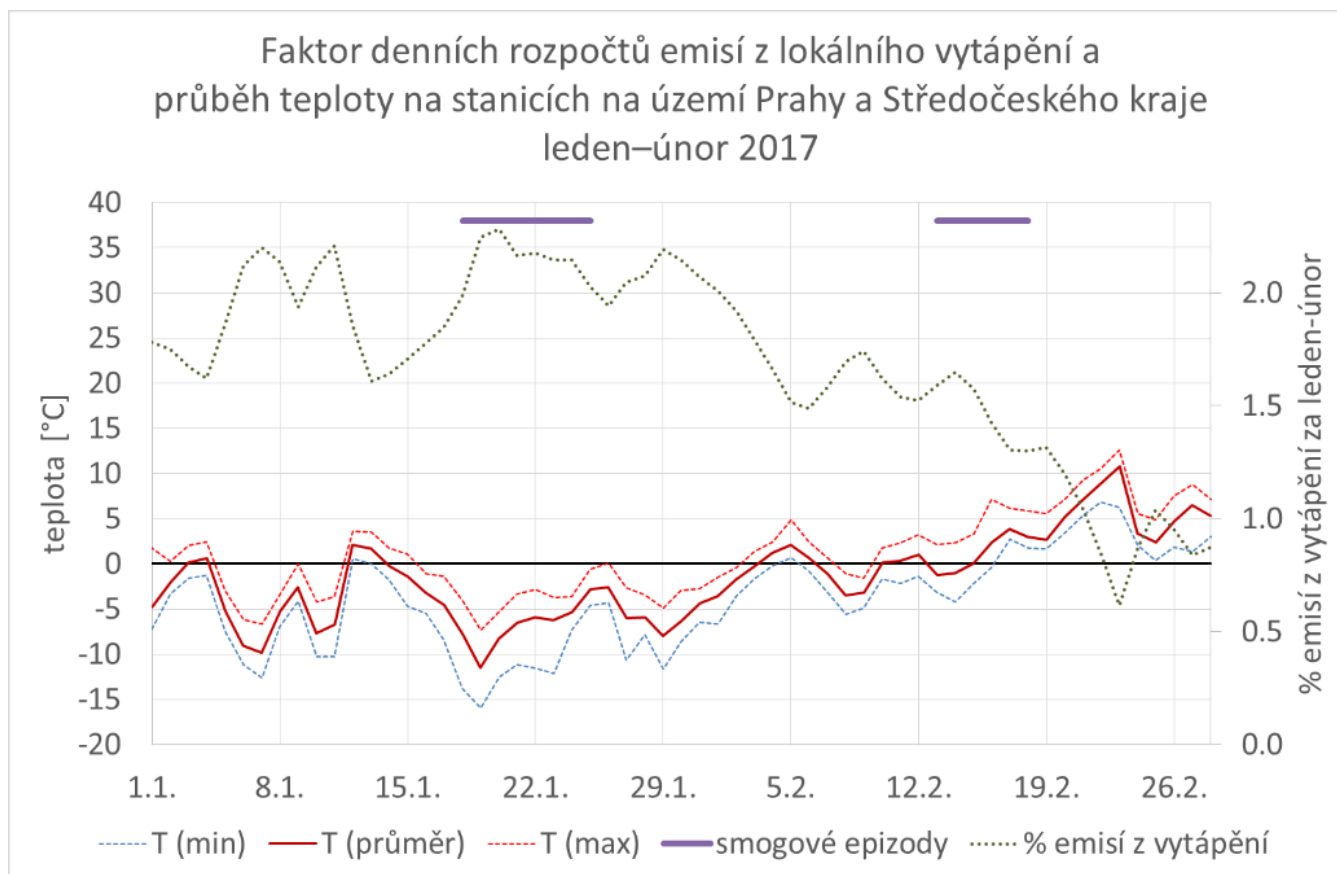


Emisní vstupy – lokální vytápění

- Emise na ZSJ byly pro leden–únor 2017 pro Prahu a Středočeský kraj připraveny OEZ ČHMÚ
- Rozpočet na dny modelem typových dodávek zemního plynu pro vytápění domácností vyvinutého na Ústavu informatiky AV ČR (využita průměrná denní teplota z meteorologických stanic v Praze a Středočeském kraji).



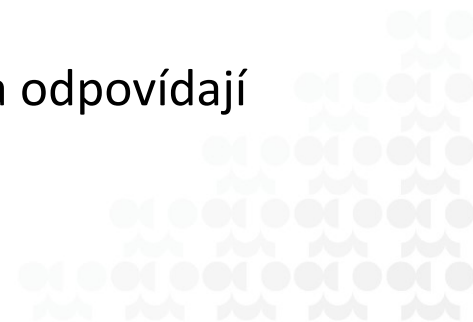
Emisní vstupy – lokální vytápění



Průměrná denní teplota (T) ze stanic v Praze a Středočeském kraji (zobrazeno minimum, průměr a maximum ze souboru stanic) a procento ze sumy emisí z lokálního vytápění pro měsíce leden–únor připadající na jednotlivé dny. Vyznačeny jsou také období smogových situací.

Ostatní emisní vstupy

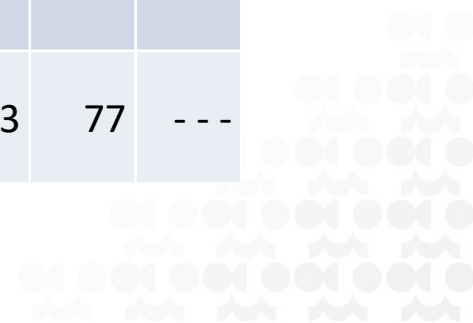
- Doprava ve Středočeském kraji – z celostátního sčítání dopravy v roce 2010.
- d03:
 - Technologické zdroje REZZO 3 za rok 2015.
 - Plošné emise z letiště Praha Ruzyně – projekt UHI (2011). Vzletové dráhy nebyly ve výpočtu uvažovány.
- d01 a d02: pro ČR emise REZZO za rok 2010 a dopravní emise založené na sčítání dopravy z roku 2010 (projekt UHI). Mimo ČR emise z evropského projektu MACC II pro rok 2009 (Kuenen a kol. 2014).
- Bodové emise byly použity stejné pro domény d01–d03 a odpovídají údajům z databázi REZZO 1 a 2 za rok 2010.



Emise pro území Prahy – souhrn

% podíl celkových emisí jednotlivých skupin za leden a únor 2017 na území Prahy.

	NO _x	NO ₂	TZL	PM ₁₀	PM _{2,5}	VOC	SO ₂	BaP
lokální vytápění (leden–únor 2017)	8	3	1	5	13	4	21	60
silniční doprava (varianta 1) (dle sčítání 2016)	66	85	98	89	82	31	3	40
REZZO 3 - technologie (databáze ISKO 2015)	0	0	0	3	1	62	0	0
bodové zdroje REZZO 1 a 2 (databáze ISKO 2010)	26	12	1	3	4	3	77	---

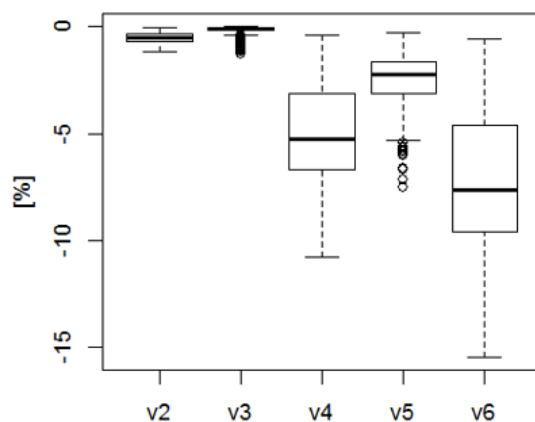


Výsledky – epizoda I

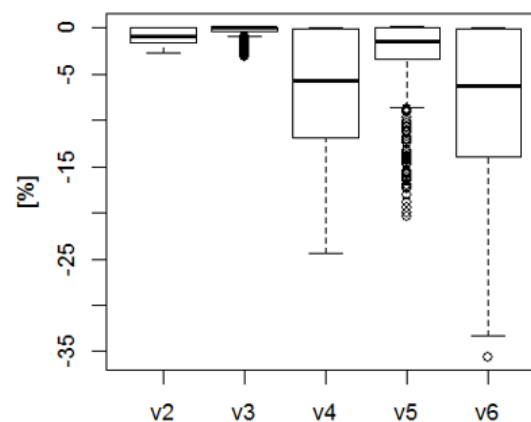
Opatření

vstoupila v platnost až po odeznění maximálních koncentrací – malý vliv zejména na maxima PM_{10} .

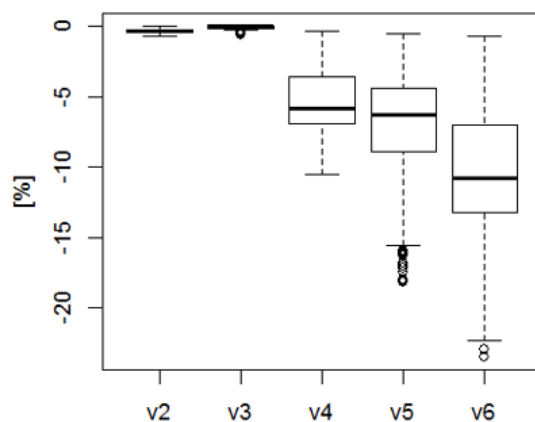
I NO_2 průměr



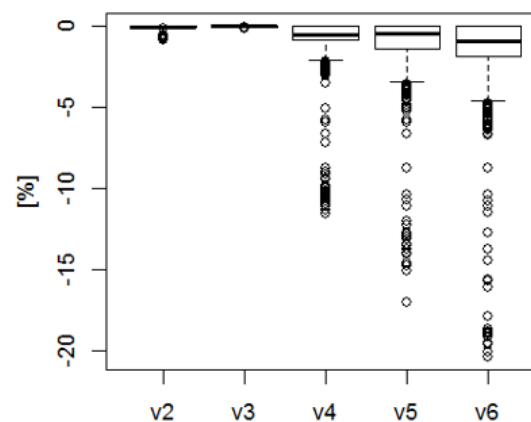
I NO_2 maximální 1h průměr



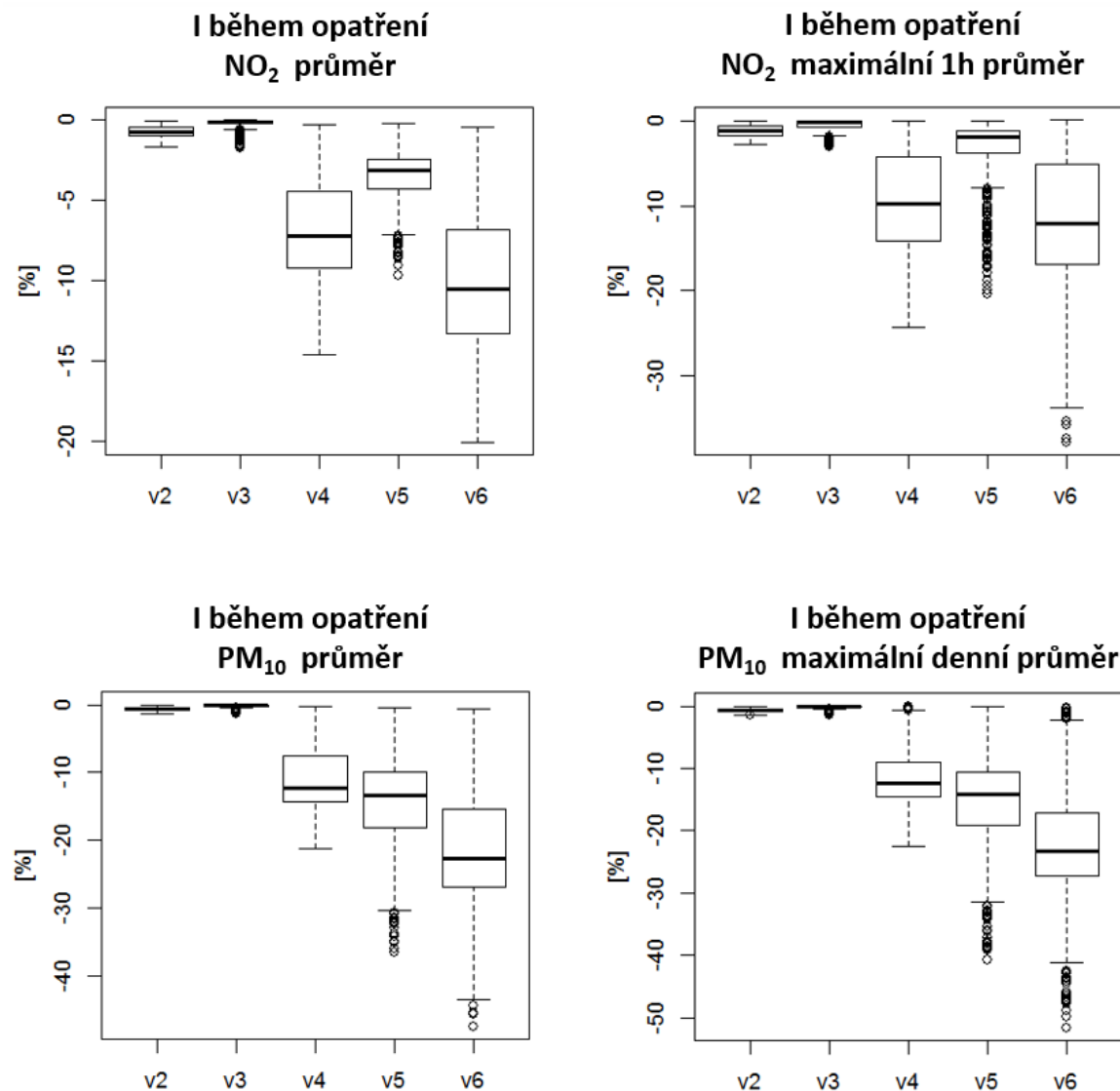
I PM_{10} průměr



I PM_{10} maximální denní průměr

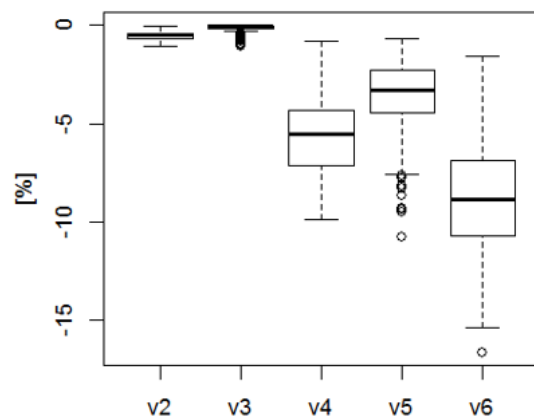


Výsledky – epizoda I během opatření

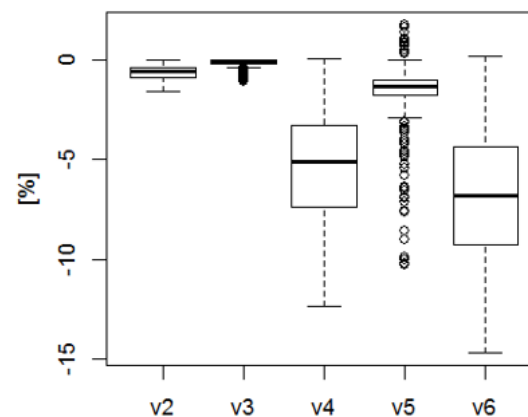


Výsledky – epizoda II

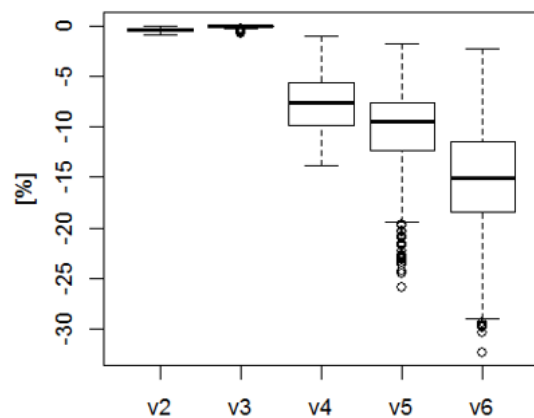
II NO₂ průměr



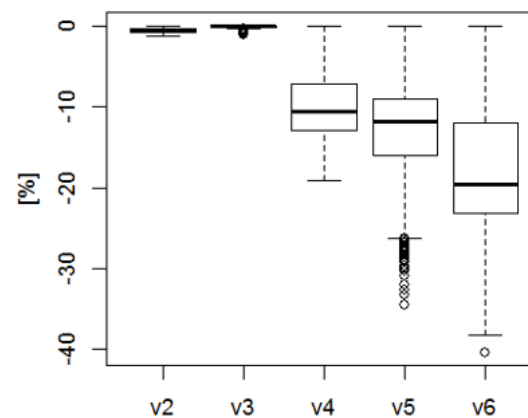
II NO₂ maximální 1h průměr



II PM₁₀ průměr



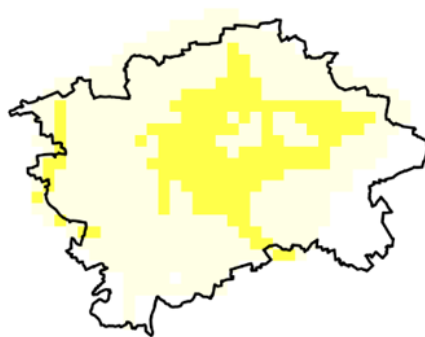
II PM₁₀ maximální denní průměr



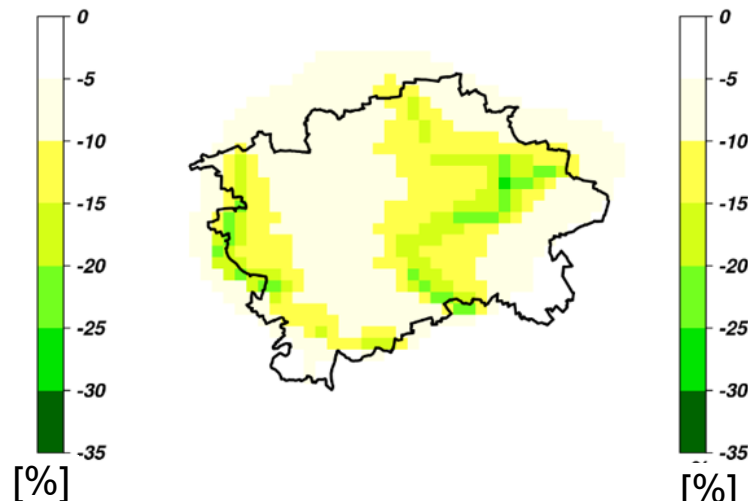
Výsledky – ep. II, průměr PM_{10}

% změna
průměrné
koncentrace
 PM_{10}
a fitovaná
varianta 1
během
únorové
smogové
situace
(epizoda II).

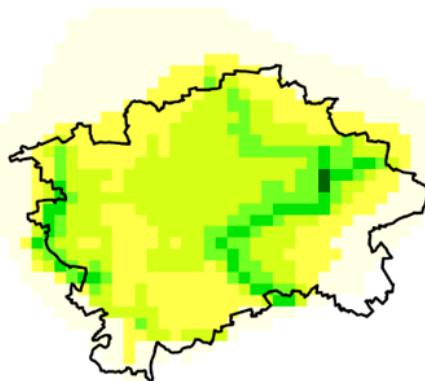
Varianta 4 - „Režim sudá/lichá“



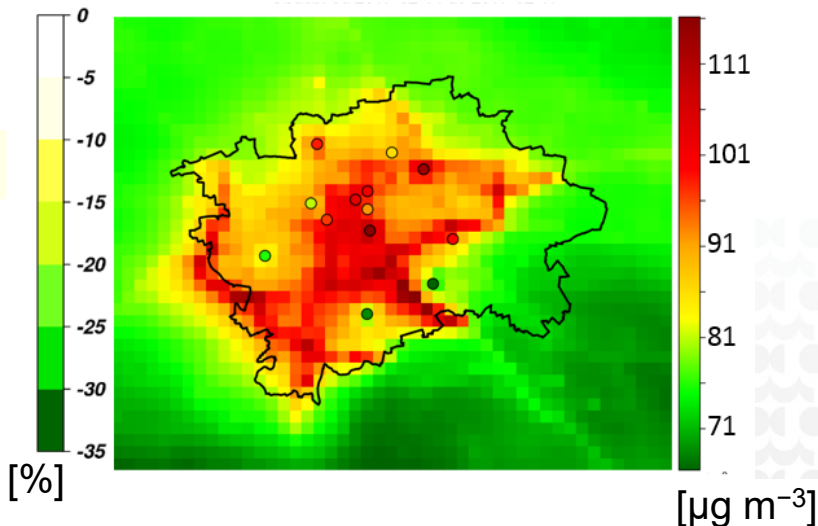
Varianta 5 - „Zákaz NA nad 6 t“



Varianta 6 - „Souběh opatření“



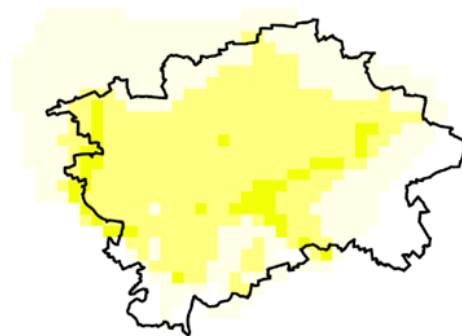
Fitovaná varianta 1 - výchozí stav [$\mu\text{g m}^{-3}$]



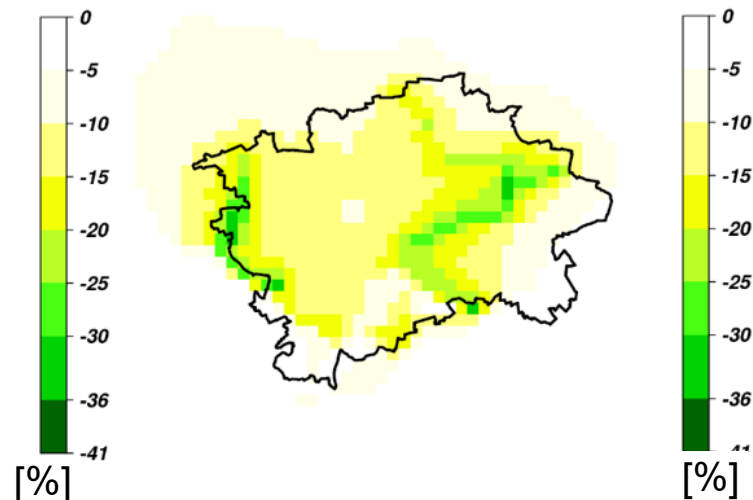
Výsledky – ep. II, max. denní prům. PM_{10}

% změna
maximální
denní
koncentrace
 PM_{10}
a fitovaná
varianta 1
během
únorové
smogové
situace
(epizoda II).

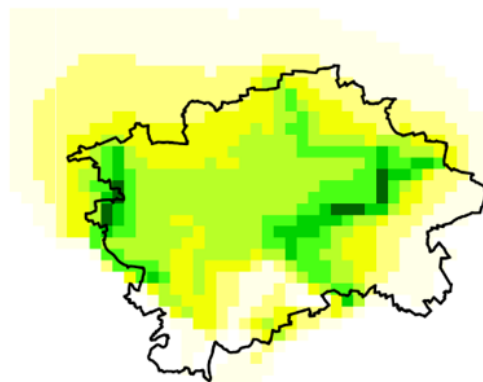
Varianta 4 - „Režim sudá/lichá“



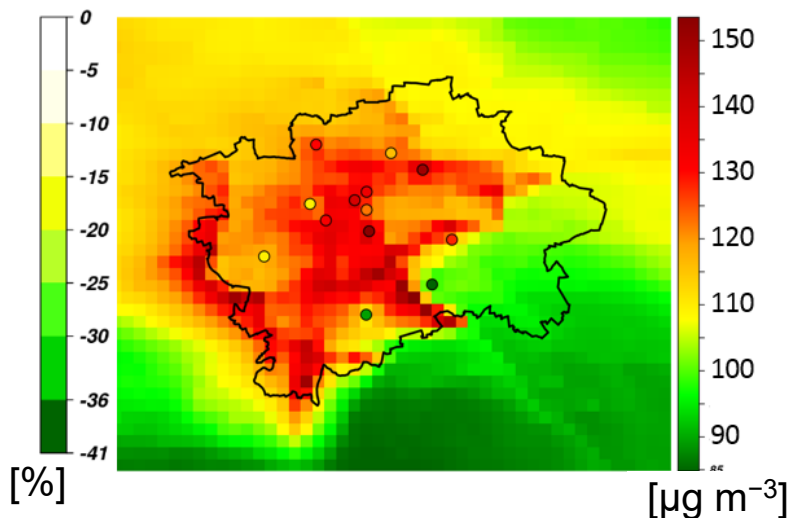
Varianta 5 - „Zákaz NA nad 6 t“



Varianta 6 - „Souběh opatření“



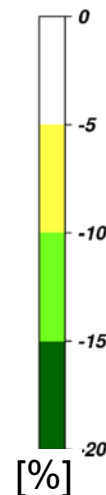
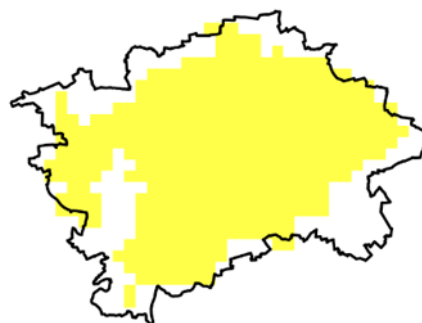
Fitovaná varianta 1 - výchozí stav [$\mu\text{g m}^{-3}$]



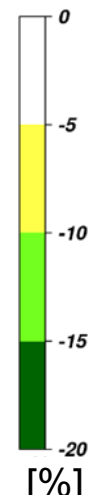
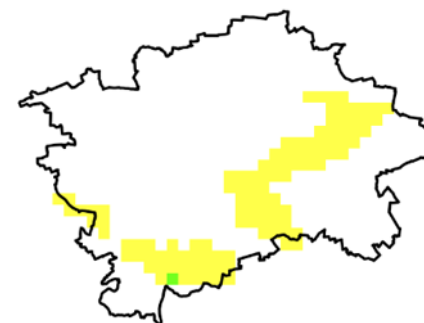
Výsledky – ep. II, průměr NO_2

% změna
průměrné
koncentrace
 NO_2
a fitovaná
varianta 1
během **únorové**
smogové situace
(epizoda II).

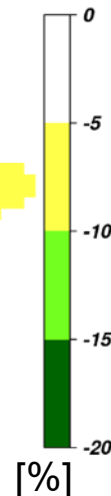
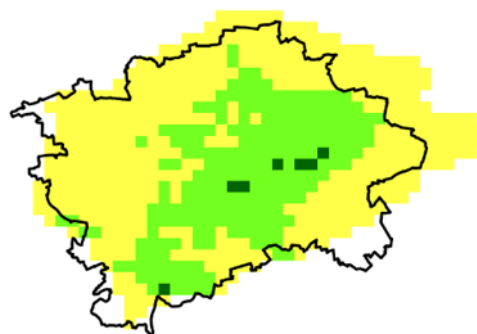
Varianta 4 - „Režim sudá/lichá“



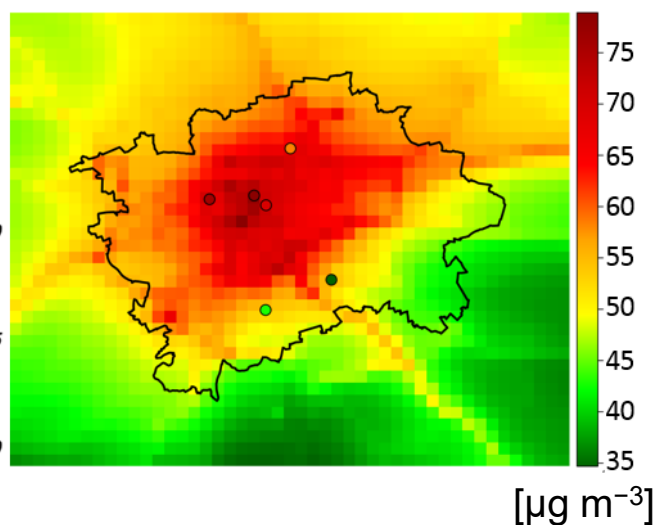
Varianta 5 - „Zákaz NA nad 6 t“



Varianta 6 - „Souběh opatření“



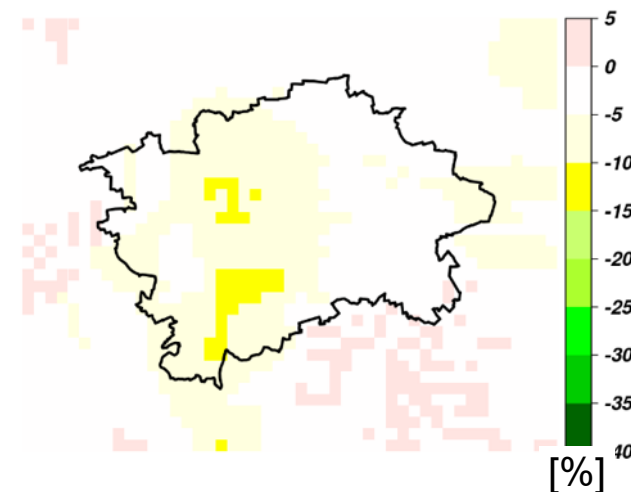
Fitovaná varianta 1 - výchozí stav [$\mu\text{g m}^{-3}$]



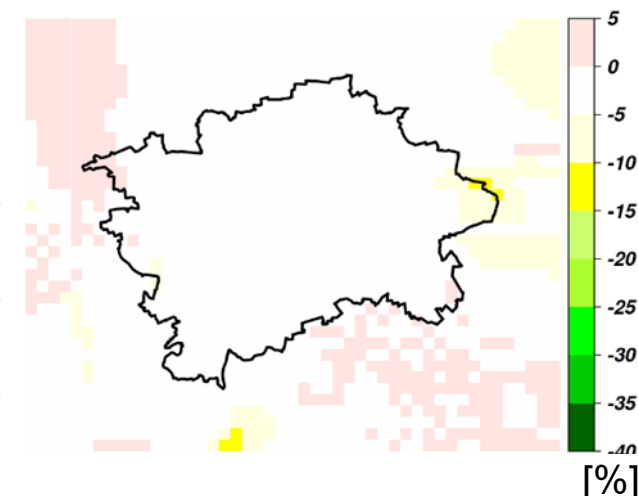
Výsledky – ep. II, max. 1h průměr NO₂

% změna
maximální
hodinové
koncentrace
NO₂
a fitovaná
varianta 1
během
únorové
smogové
situace
(epizoda II).

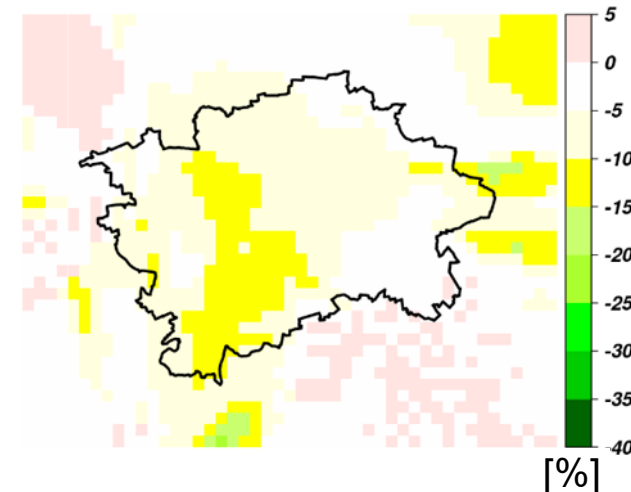
Varianta 4 - „Režim sudá/lichá“



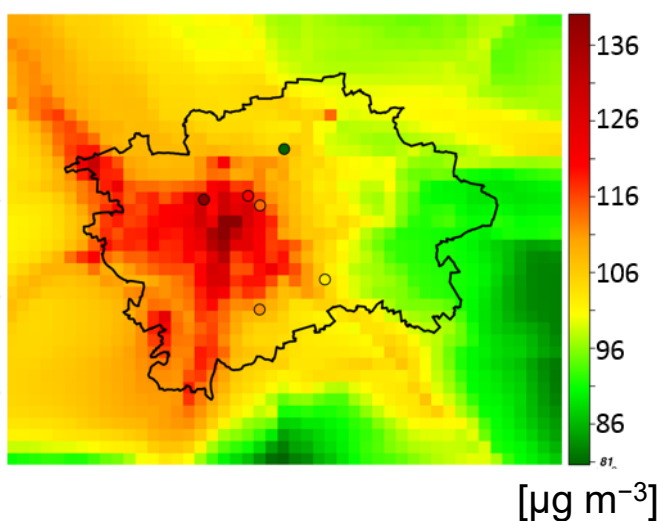
Varianta 5 - „Zákaz NA nad 6 t“



Varianta 6 - „Souběh opatření“

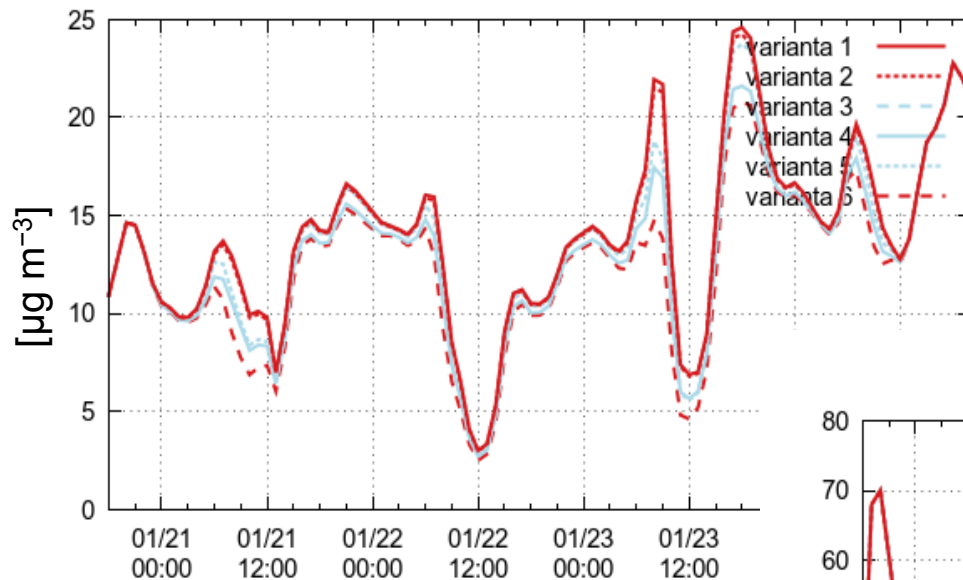


Fitovaná varianta 1 - výchozí stav [$\mu\text{g m}^{-3}$]



Výsledky – vliv opatření v čase

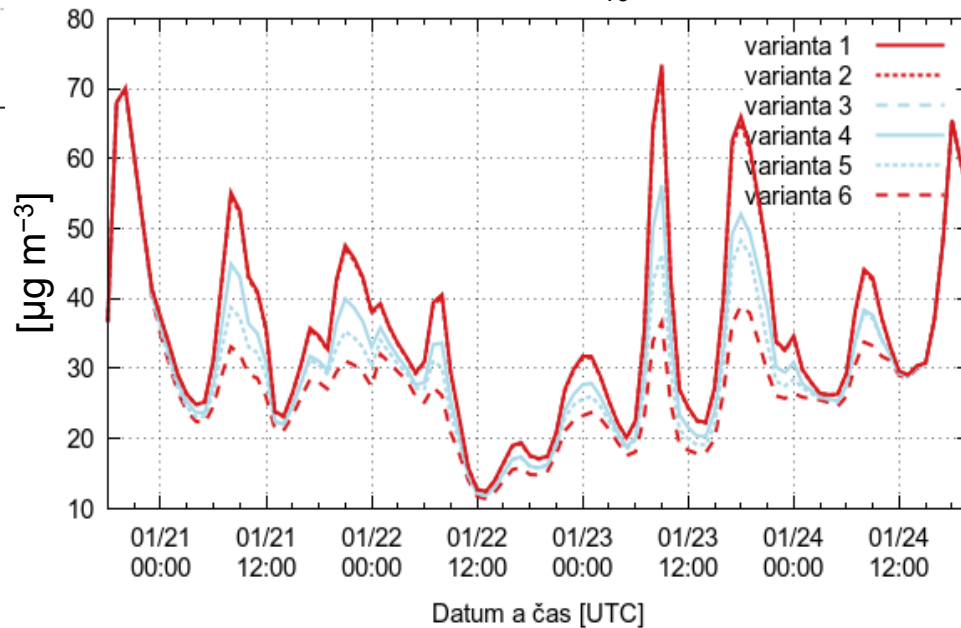
Chodov, NO₂



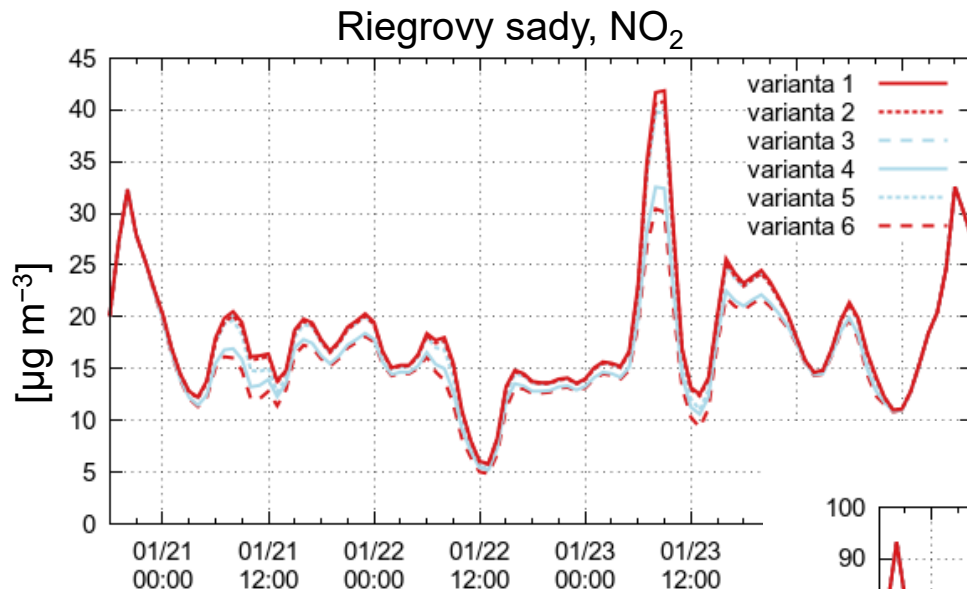
Lednová epizoda

Neupravený výstup modelu CAMx

Chodov, PM₁₀



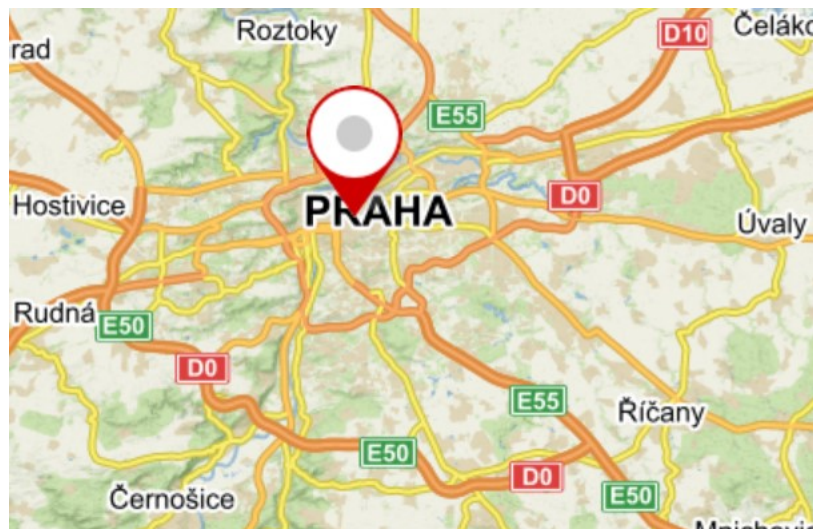
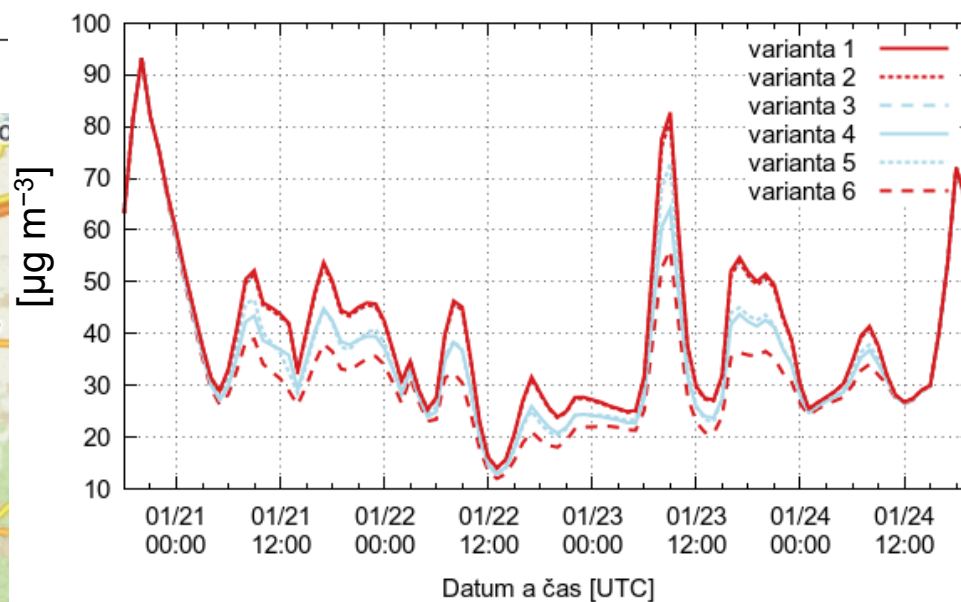
Výsledky – vliv opatření v čase



Lednová epizoda

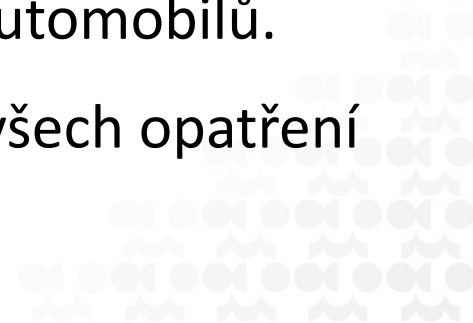
Neupravený výstup modelu CAMx

Riegrovy sady, PM₁₀



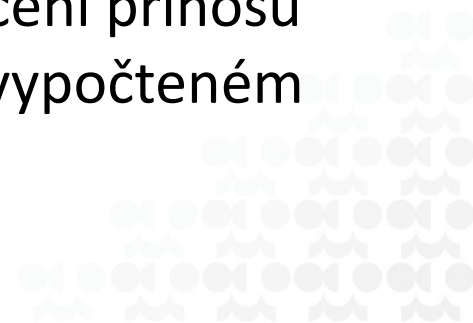
Výsledky – souhrn

- MHD zdarma a zákaz parkování nerezidentů v zónách placeného stání (var. 1 a 2) mají zanedbatelný dopad na konc. PM_{10} i NO_2 .
- „Režim sudá/lichá“ (var. 4) způsobuje v porovnání se „zákazem NA nad 6 t“ (var. 5) větší pokles koncentrací NO_2 , ale menší pokles koncentrací PM_{10} .
- Dopady varianty 4 jsou poměrně rovnoměrně rozloženy na značném území Prahy, naproti tomu dopady varianty 5 jsou soustředěny hlavně do blízkosti dálnic a tranzitních tahů, kde je předpokládáno 80% snížení intenzit nákladních automobilů.
- Největší efekt na pokles koncentrací má souběh všech opatření (var. 6).



Diskuze 1

- Ke změnám konc. PM_{10} došlo téměř výhradně u primárních částic.
- Hodnocení založeno na relativních změnách, proto:
 - **Q: Jsou správně emisní vstupy z dopravy?**
 - **A:** Zejména emise z resuspenze jsou zatíženy velkou nejistotou, ale jedná se o nejlepší dostupný odhad.
 - **Q: Modeluje CAMx stejně dobře příspěvky různých typů zdrojů?**
 - **A:** Pro toto nemáme objektivní podklady...
- Aby byly zohledněny nejistoty výpočtu, je hodnocení přínosů založeno na 25% a 75% kvartilu, ne maximálním vypočteném poklesu koncentrací.



Diskuze 2

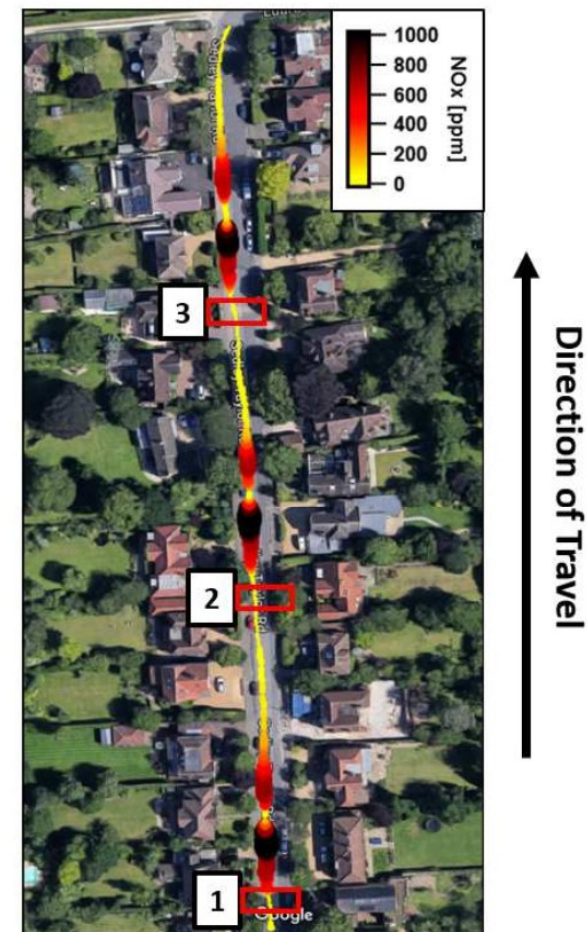
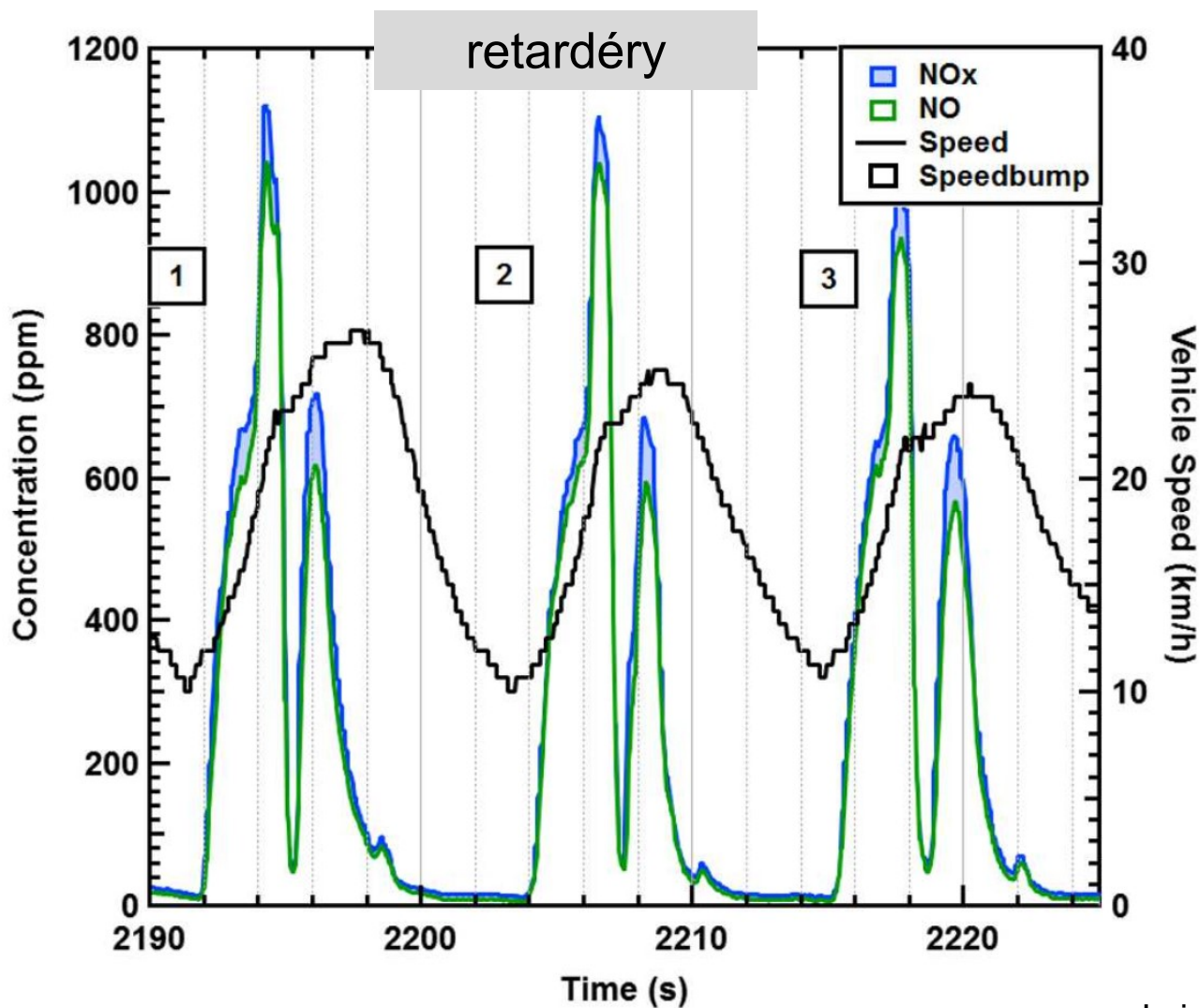
- Plošné a rozsáhlé omezení silniční dopravy (obdoba var. 6) během zimní smogové situace výrazně pozitivně ovlivní kvalitu ovzduší na převážné části území hl. m. Prahy.
- **Q: Má smysl opatření vyhlašovat při každé smogové situaci?**
- **A:**
 - Podle uvažovaného scénáře vyhlašování je **průměrné zpoždění vyhlášení omezení dopravy 20 hodin** po vyhlášení smog. sit.
 - Při odvolání smog. sit. jsou již 12hodinové průměry PM_{10} po dobu 12 hodin pod IPH $100 \mu\text{g m}^{-3}$.
 - **Mají-li omezení trvat alespoň 1 den, nemá smysl je vyhlašovat** při smog. sit. kratších než 56 hodin, **přibližně v polovině případů.**
 - Za posledních 13 let by byly podle stávajících pravidel SVRS vyhlášeny pouze 4 smog. sit. trvající alespoň 3 dny (≥ 72 hodin)

Diskuze 3

- **Q: Jaké je možné řešení?**
- **A:**
 - Při vyhlašování zohlednit předpokládané trvání smogové situace.
 - Aktuálně možné na základě meteorologické předpovědi.
 - Možnosti do budoucna:
 1. ČHMÚ připravuje předpověď kvality ovzduší – pro veřejnost ve výhledu 1–2 let.
 2. Navržený projekt URBI PRAGENSI (OP Praha – pól růstu ČR), jehož cílem je také operativní předpověď kvality ovzduší pro Prahu.

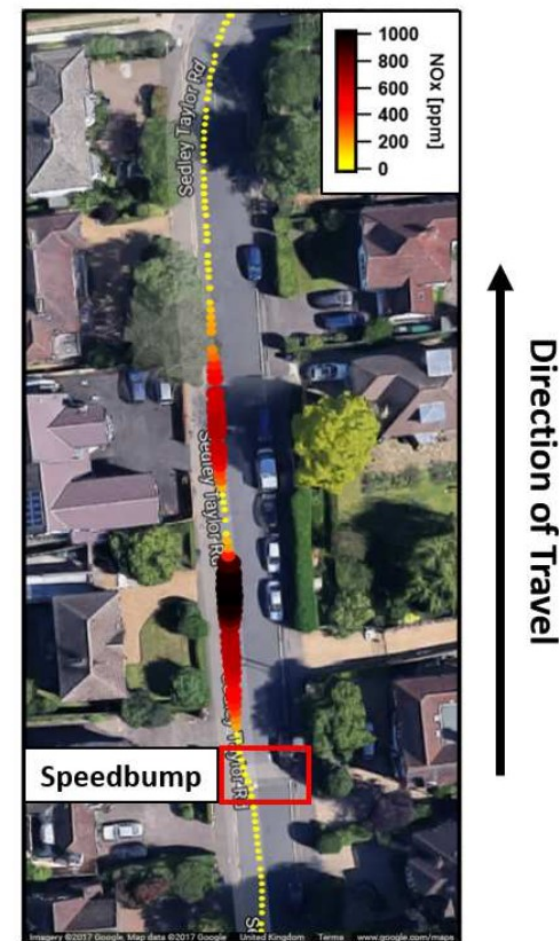
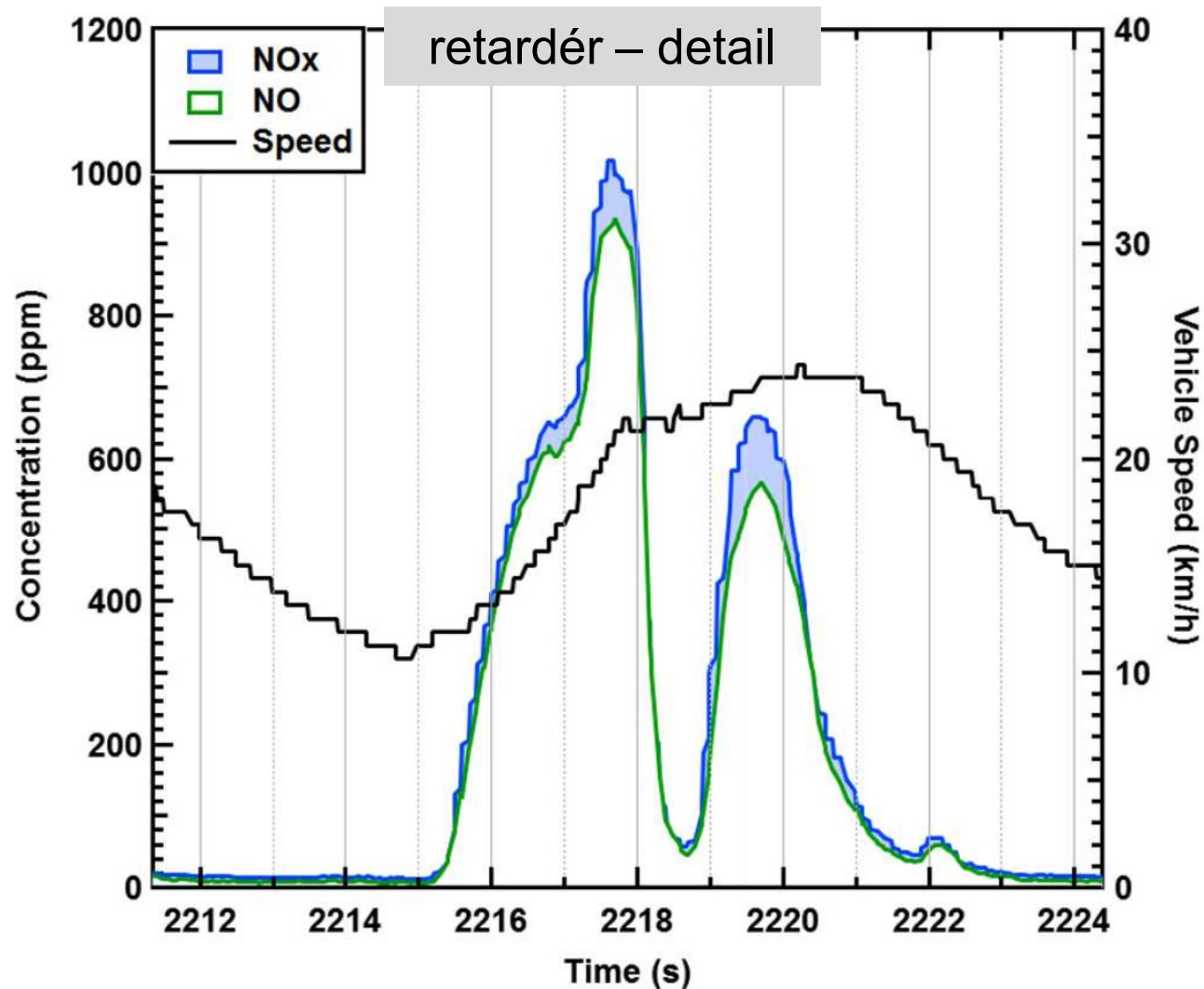


Poznámka – vliv plynulosti dopravy na emise



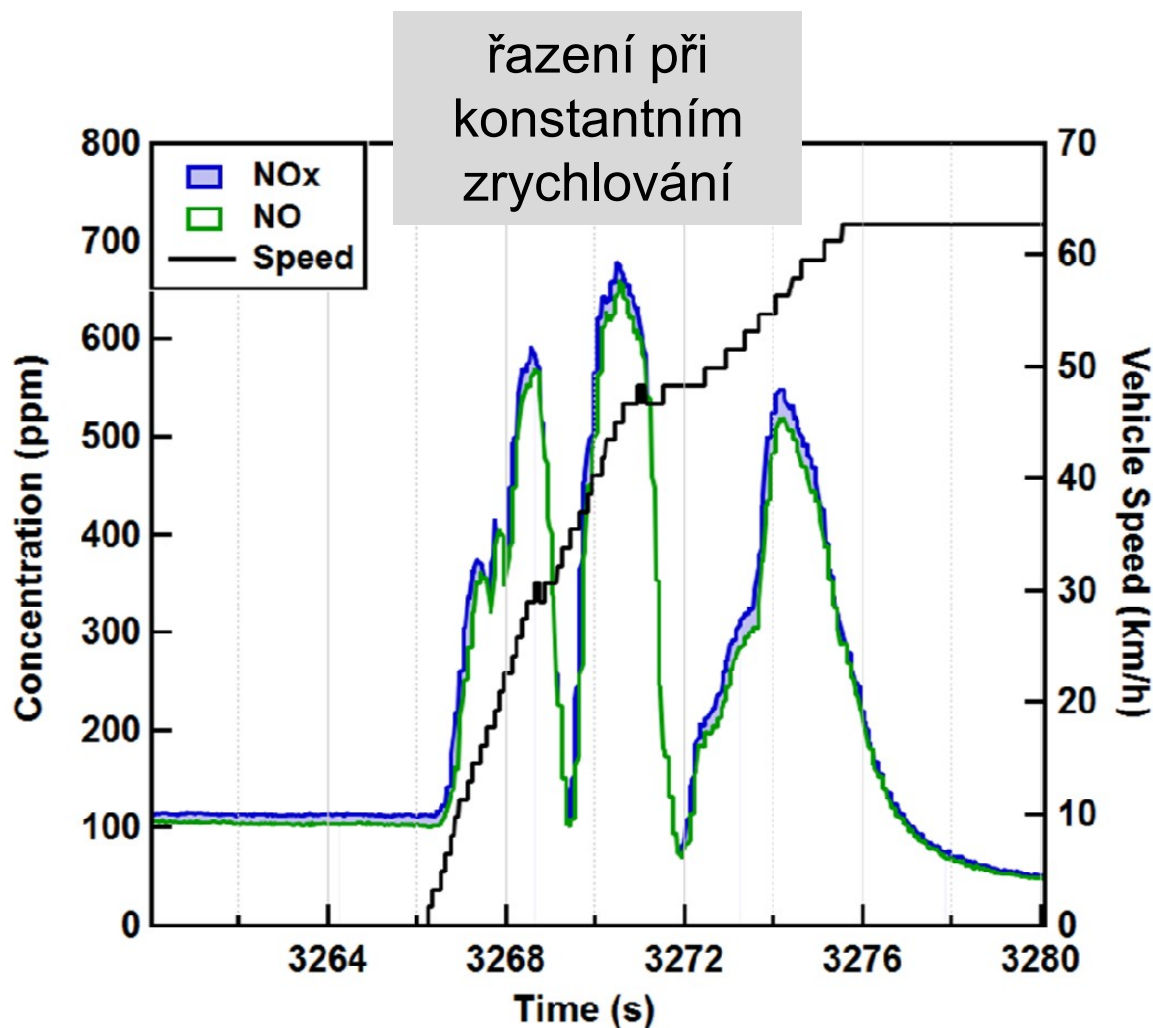
Irvin et al. 2017, konference HARMO 18

Poznámka – vliv plynulosti dopravy na emise



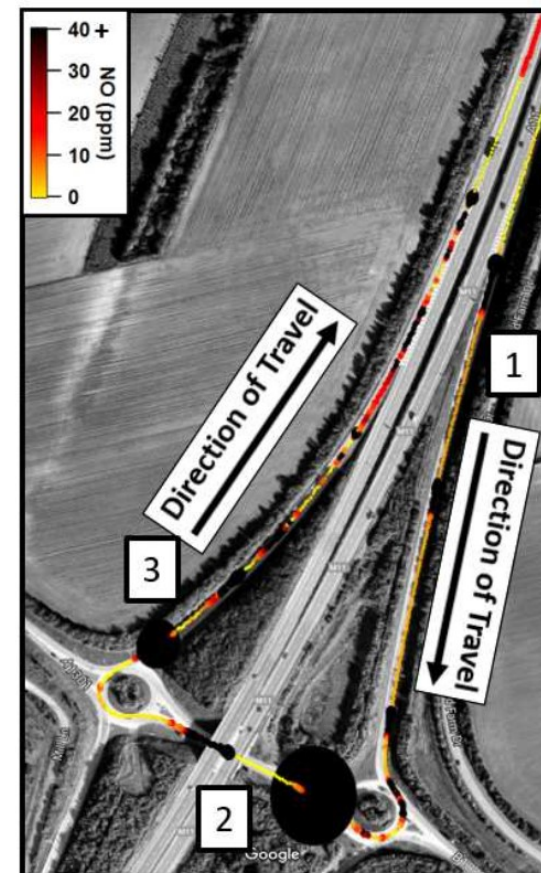
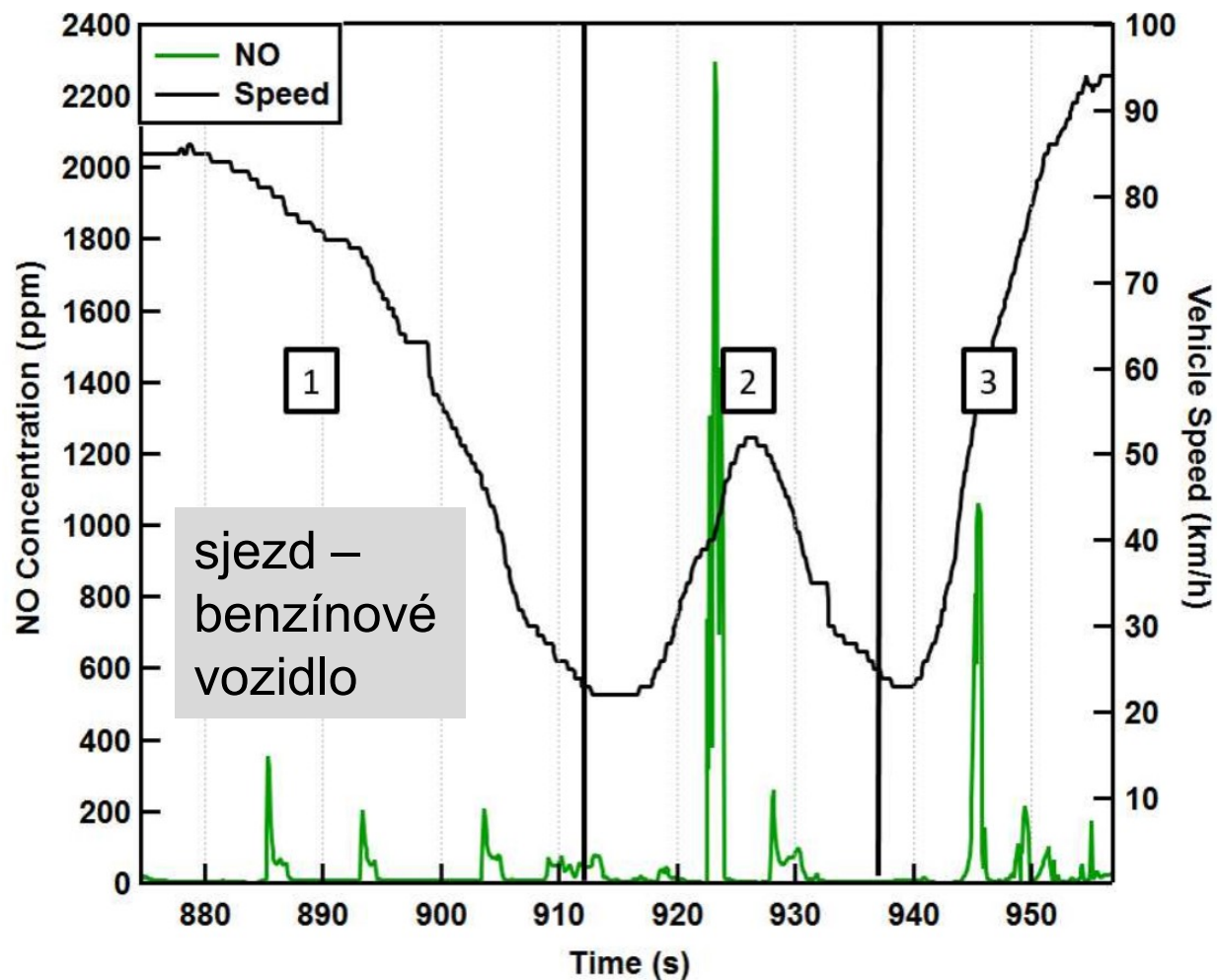
Irvin et al. 2017, konference HARMO 18

Poznámka – vliv plynulosti dopravy na emise



Irvin et al. 2017, konference HARMO 18

Poznámka – vliv plynulosti dopravy na emise



Irvin et al. 2017, konference HARMO 18

Děkuji za pozornost.



Závěr podrobně – v4

Hodnocení dopadu jednotlivých variant je založeno hodnotách spodního a horního kvartilu. Pokud je tedy uvedeno, že byla spočtena změna v určitém rozmezí, je toto vztaženo k přibližně polovině území Prahy. Na čtvrtině území lze očekávat změny větší a naopak na zbývající čtvrtině menší, než dolní, resp. horní mez.

- **U varianty 4 („režim sudá/lichá“)** lze očekávat pokles průměrné i maximální denní koncentrace PM_{10} o 6–14 % (v absolutních hodnotách u průměrné koncentrace o 4–9 $\mu\text{g m}^{-3}$ a u maximální denní koncentrace o 8–16 $\mu\text{g m}^{-3}$) a maximální hodinové koncentrace PM_{10} o 13–22 %. U průměrné koncentrace NO_2 lze očekávat pokles o 3–9 % (2–4 $\mu\text{g m}^{-3}$) a u maximální hodinové koncentrace NO_2 o 3–14 % (3–8 $\mu\text{g m}^{-3}$).



Závěr podrobně – v5 a v6

- **U varianty 5 („zákaz NA nad 6 t“)** lze očekávat pokles průměrné i maximální denní koncentrace PM_{10} o 8–18 % (v absolutních hodnotách u průměrné koncentrace o 6–11 $\mu\text{g m}^{-3}$ a u maximální denní koncentrace o 10–19 $\mu\text{g m}^{-3}$), a maximální hodinové koncentrace PM_{10} o 13–33 %. U průměrné i maximální hodinové koncentrace NO_2 lze očekávat pokles o 1–4 % (1–3 $\mu\text{g m}^{-3}$). Výrazně větší poklesy zejména maximální hodinové koncentrace NO_2 lze očekávat v blízkosti dálnic a tranzitních tahů.
- **U varianty 6 („souběh opatření“)** lze očekávat pokles průměrné i maximální denní koncentrace PM_{10} o 11–27 % (v absolutních hodnotách u průměrné koncentrace o 9–17 $\mu\text{g m}^{-3}$ a u maximální denní koncentrace o 13–29 $\mu\text{g m}^{-3}$) a maximální hodinové koncentrace PM_{10} o 19–45 %. U průměrné koncentrace NO_2 lze očekávat pokles o 7–13 % (4–7 $\mu\text{g m}^{-3}$) a u maximální hodinové koncentrace NO_2 o 4–17 % (4–10 $\mu\text{g m}^{-3}$).

