

Způsoby využití nízkonákladových senzorů pro monitoring kvality ovzduší

T A
Č R

 CENTRUM
DOPRAVNÍHO
VÝZKUMU

*Mgr. Pavel Chaloupecký, ENVltech Bohemia s.r.o.
chaloupecky@envitech-bohemia.cz*



Motivace

- Rozmach využívání nízkonákladových řešení měření kvality ovzduší nevhodným způsobem a pro nevhodné aplikace
- Dezinterpretace dat měřených pomocí nízkonákladových senzorů
- Přenos informací k občanům – Smart Cities, Smart Environment, Udržitelná mobilita...



Referenční metody sledování kvality ovzduší

- dlouhodobé měření kvality ovzduší a hodnocení znečištění ve vztahu k limitním imisním koncentracím
- **výhody:** kvalitní informace o znečištění ovzduší, přesnost měření, robustnost, opora v legislativě (ČR i EU)
- **nevýhody:** vysoké pořizovací náklady, vysoké provozní náklady \Rightarrow méně hustá měřicí síť



Nízkonákladové senzory



- Pouze základní informace o kvalitě ovzduší omezující se v podstatě na fakt, kdy je znečištění ovzduší větší a kdy menší (indikativní měření)
- **Výhody:** nízké pořizovací náklady, velmi nízké provozní náklady
- **Nevýhody:** pouze orientační informace o kvalitě ovzduší, reprodukovatelnost měření, nestálost při různých klimatických podmínkách, kratší doba životnosti, žádná opora v legislativě (ČR i EU)

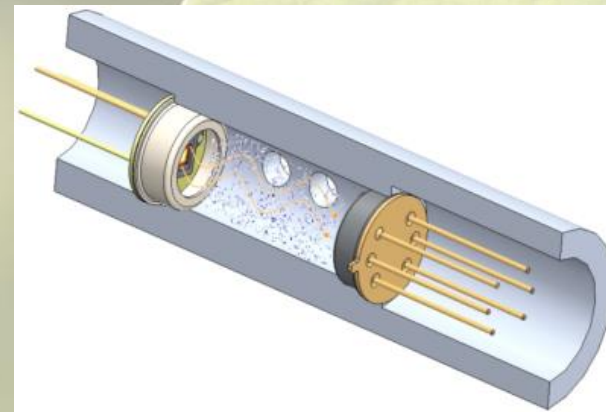


Dostupné nízkonákladové senzory – plynné polutanty



Metody měření:

- Elektrochemie – NO, NO₂, CO, SO₂, O₃+NO₂, H₂S, NH₃, VOC,...
- NDIR – CO₂, CH₄
- PID - VOC
- ?



Dostupné nízkonákladové senzory – plynné polutanty



- Alphasense
- Cairpol
- Winsen + další čínské produkty
- Scentroid
- Membrapor
- ...



Dostupné nízkonákladové senzory – prašný aerosol

- Optická metoda
- Alphasense
- Plantower + další čínské produkty
- Scentroid
- Sharp
- ...



Projekt TAČR



- Srovnávací měření – porovnání s referenčními přístroji v různých podmínkách a různých obdobích
- Vytvoření prototypu
- Zjišťování interferencí na jiné polutanty a meteorologické parametry



Sestavení měřících jednotek

- Měřící box s napájením
- Systém odběru vzorku
- Komunikační jednotka
- Meteorologická čidla

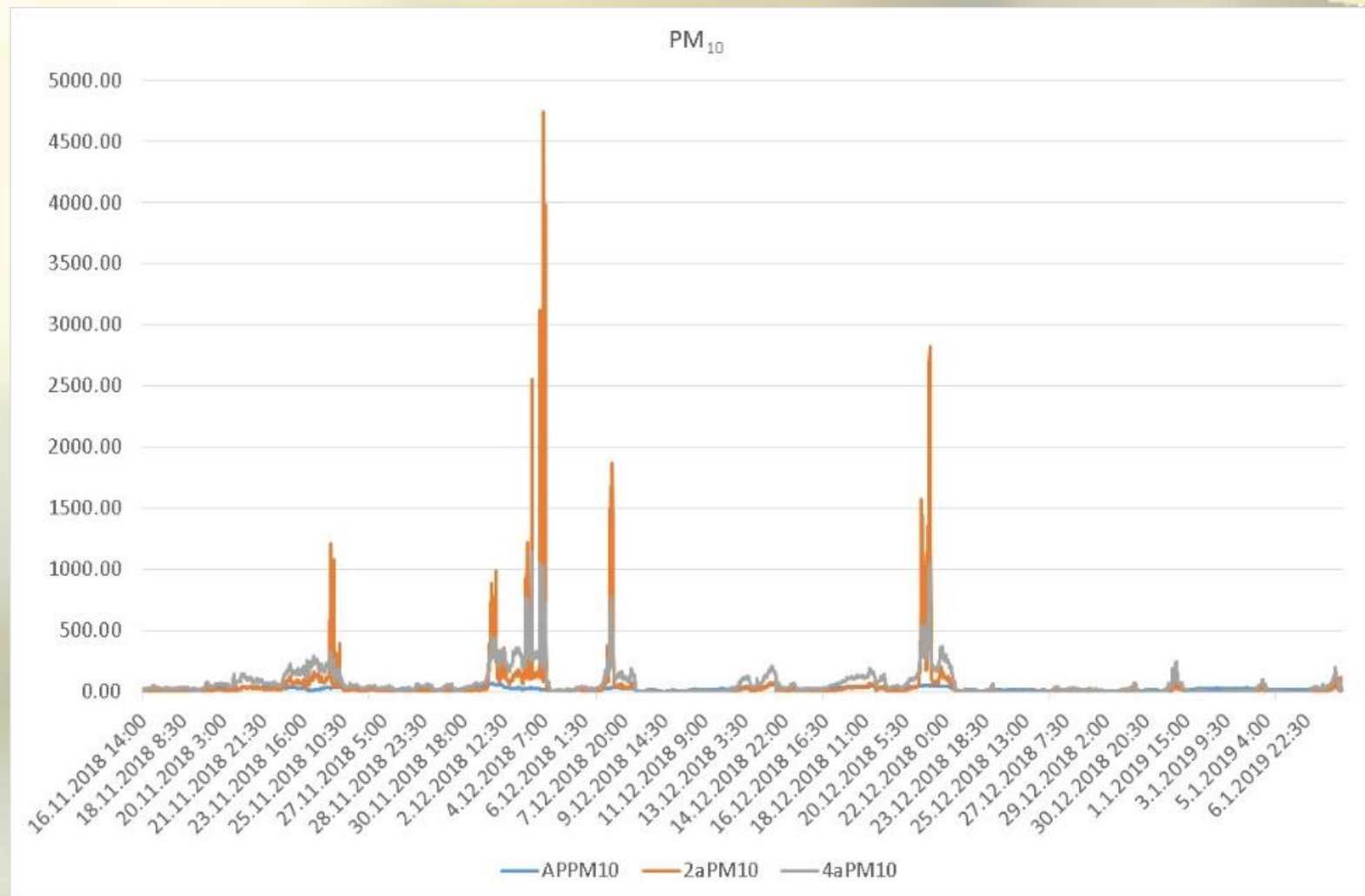


Porovnávací měření

- 1. kampaň – areál CDV
- 2. kampaň
– Brno - Svatoplukova



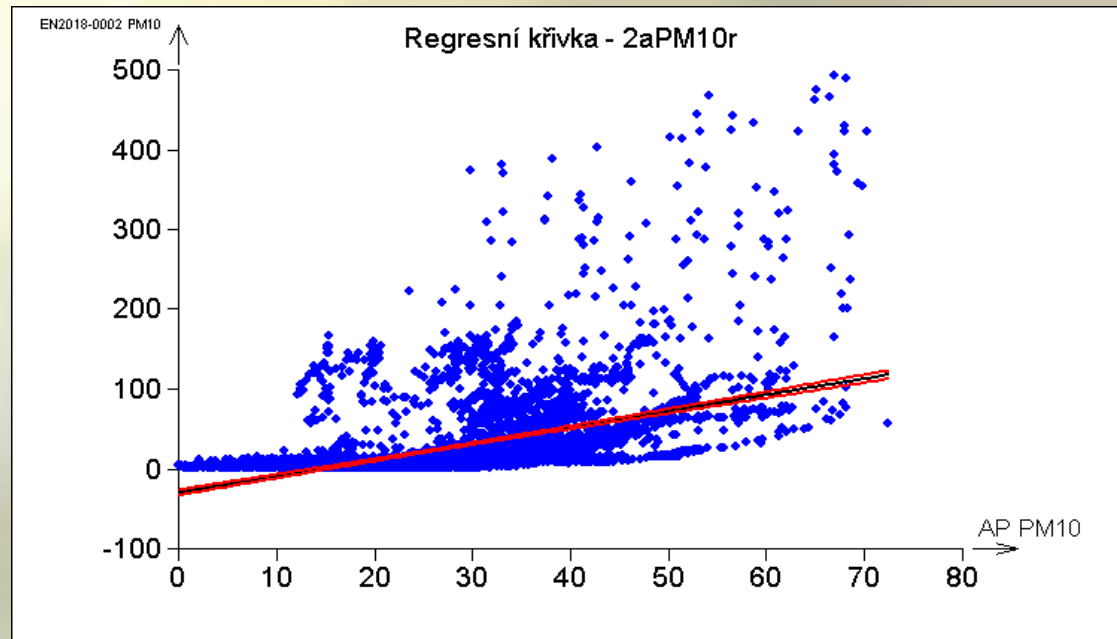
Dílčí výsledky – PM₁₀ – 1. kampaň



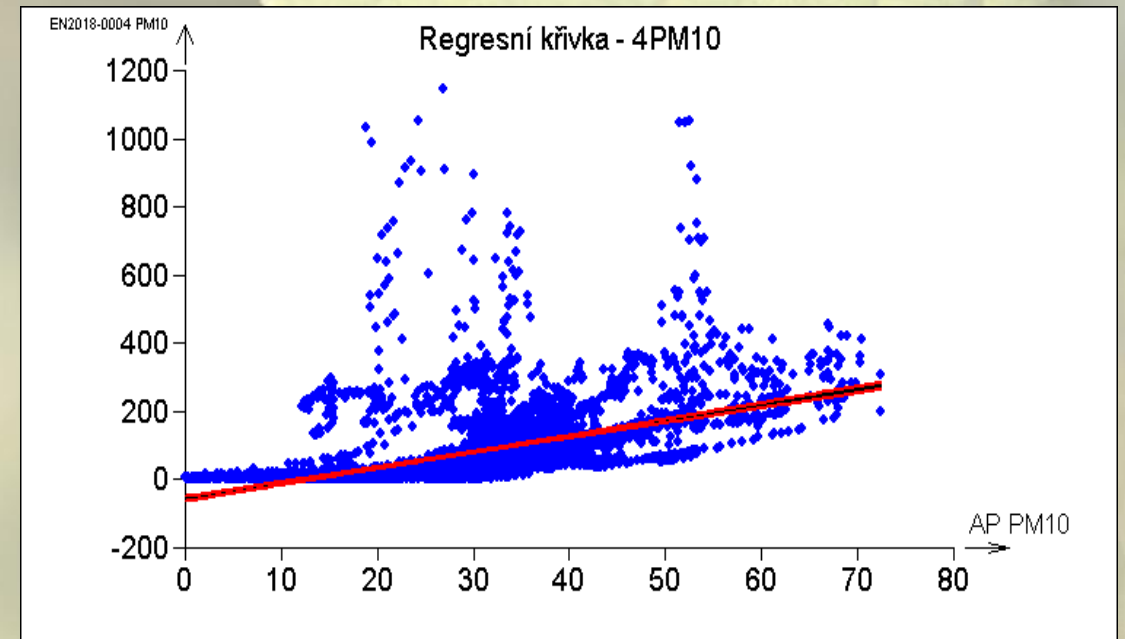
Senzor	2aPM ₁₀	4aPM ₁₀
Abs	-53.5777	-56.879
Abs r	0.0000	0.0000
Slope	3.7938	4.5804
Slope r	0.0029	0.1231
Exponent r	2.6361	1.8715
R ²	0.0471	0.2801
R ² r	0.3064	0.2975

Dílčí výsledky – PM₁₀ – 1. kampaň

Regresní modely pro jednotlivé senzory PM₁₀

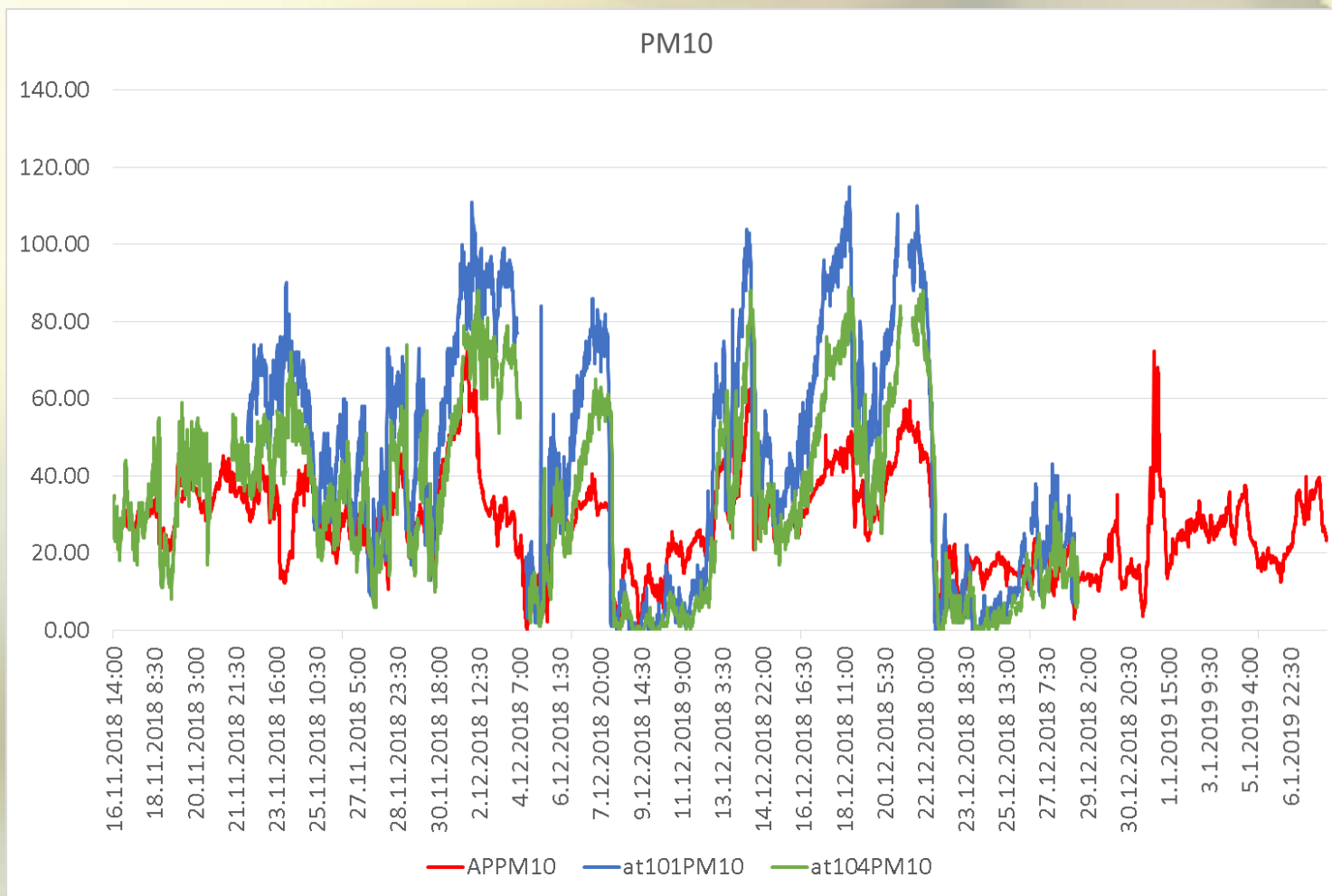


Senzor PM₁₀ (2a)



Senzor PM₁₀ (4a)

Dílčí výsledky – PM₁₀ – 1. kampaň

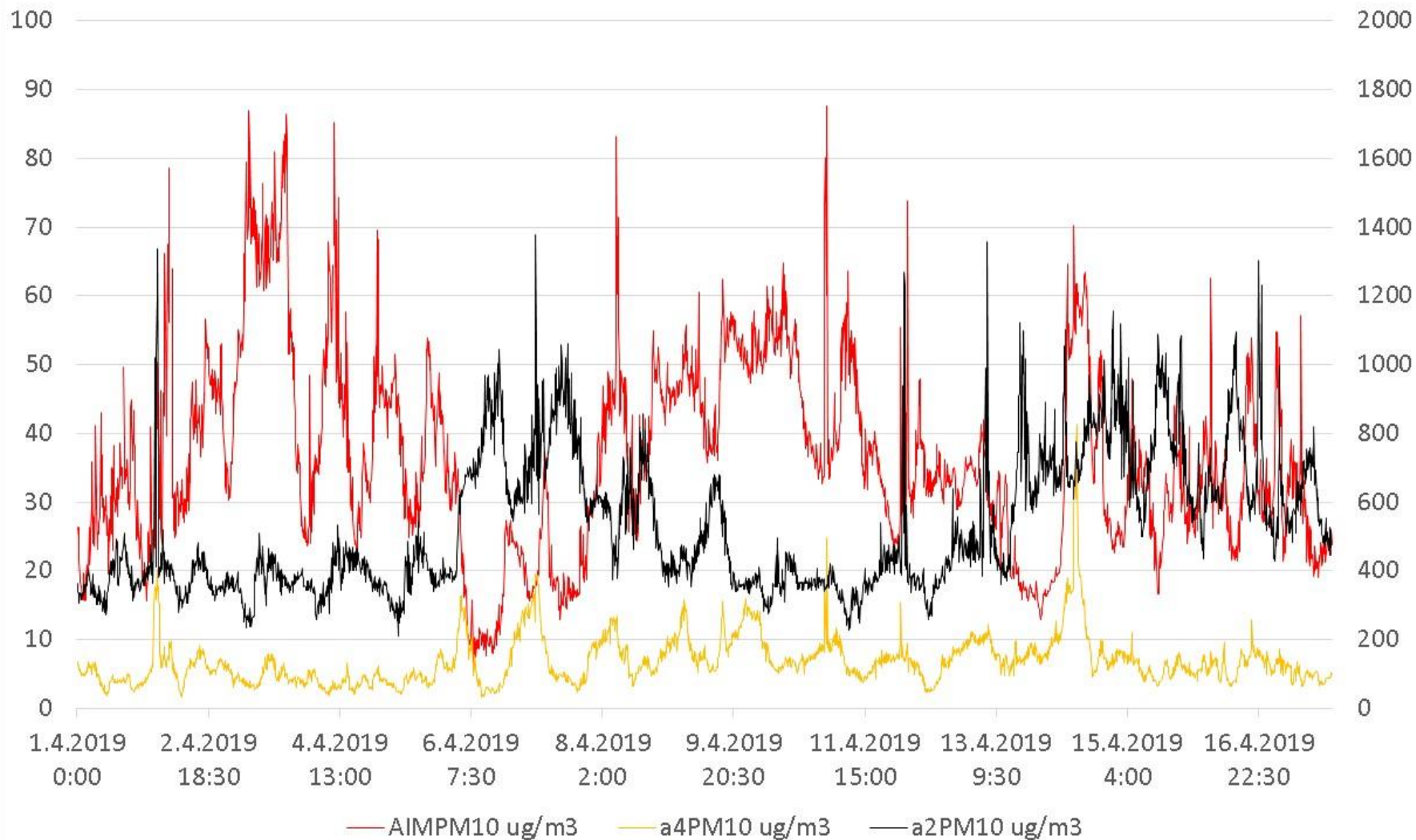


Senzor	at101PM ₁₀	at104PM ₁₀
Abs	-9.8823	-10.8422
Abs r	-	-
Slope	1.9479	1.5851
Slope r	-	-
Exponent r	-	-
R ²	0.6458	0.6532
R ² r	-	-

Dílčí výsledky – PM₁₀ – 2. kampaň



PM10 Svatoplukova detail

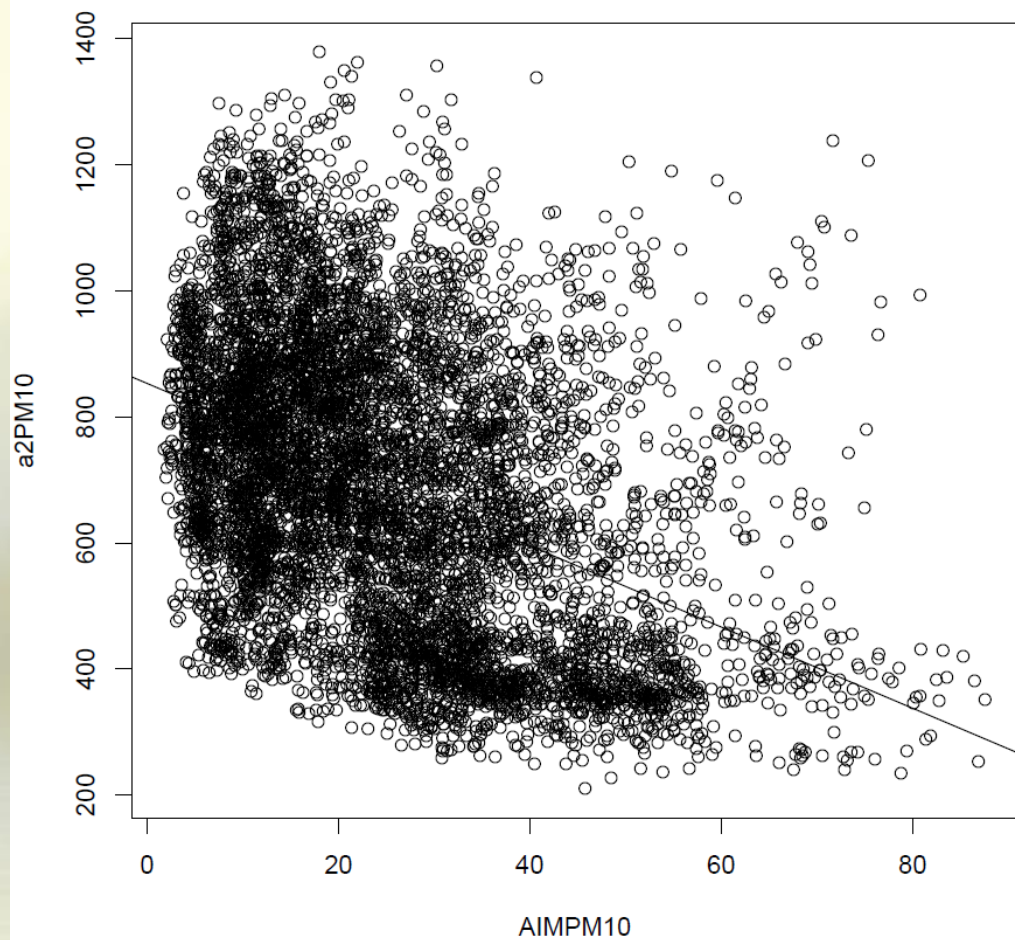


Senzory PM₁₀ -
Alphasense OPC-N2
(2a, 4a)

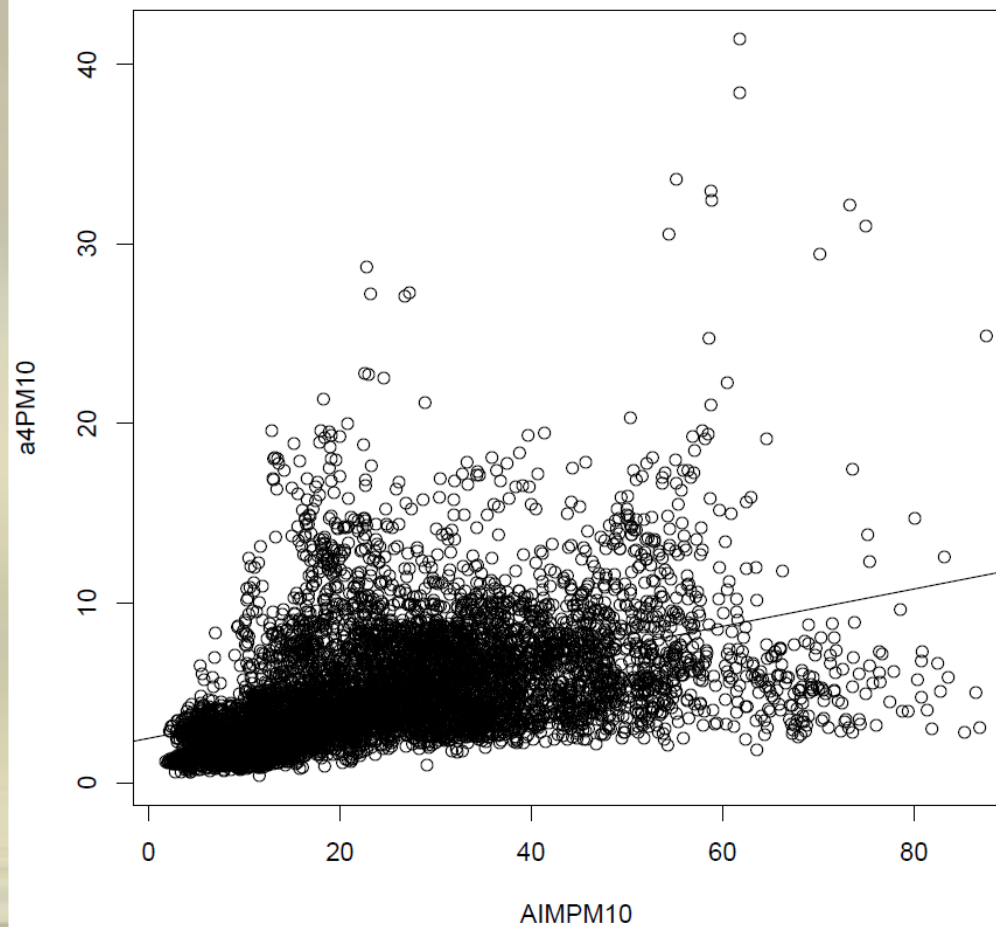
Senzor	a2PM ₁₀	a4PM ₁₀
Slope	853.0581	2.4745
R ²	-0.4237	0.6168

Dílčí výsledky – PM₁₀ – 2. kampaň

Regression coefficient spearman = -0.423715400457147



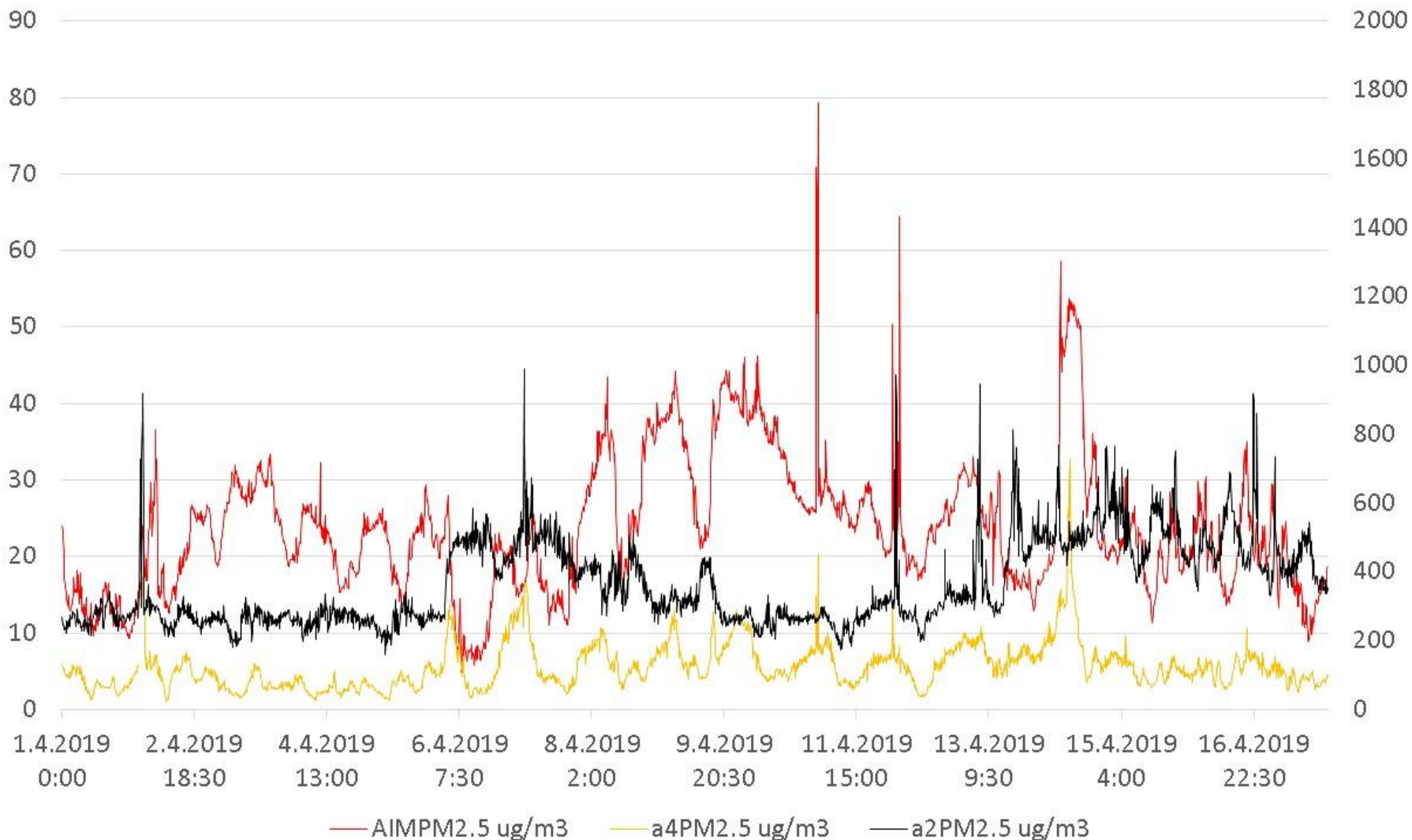
Regression coefficient spearman = 0.616832411580866



Dílčí výsledky – PM_{2.5} – 2. kampaň



PM2.5 Svatoplukova detail

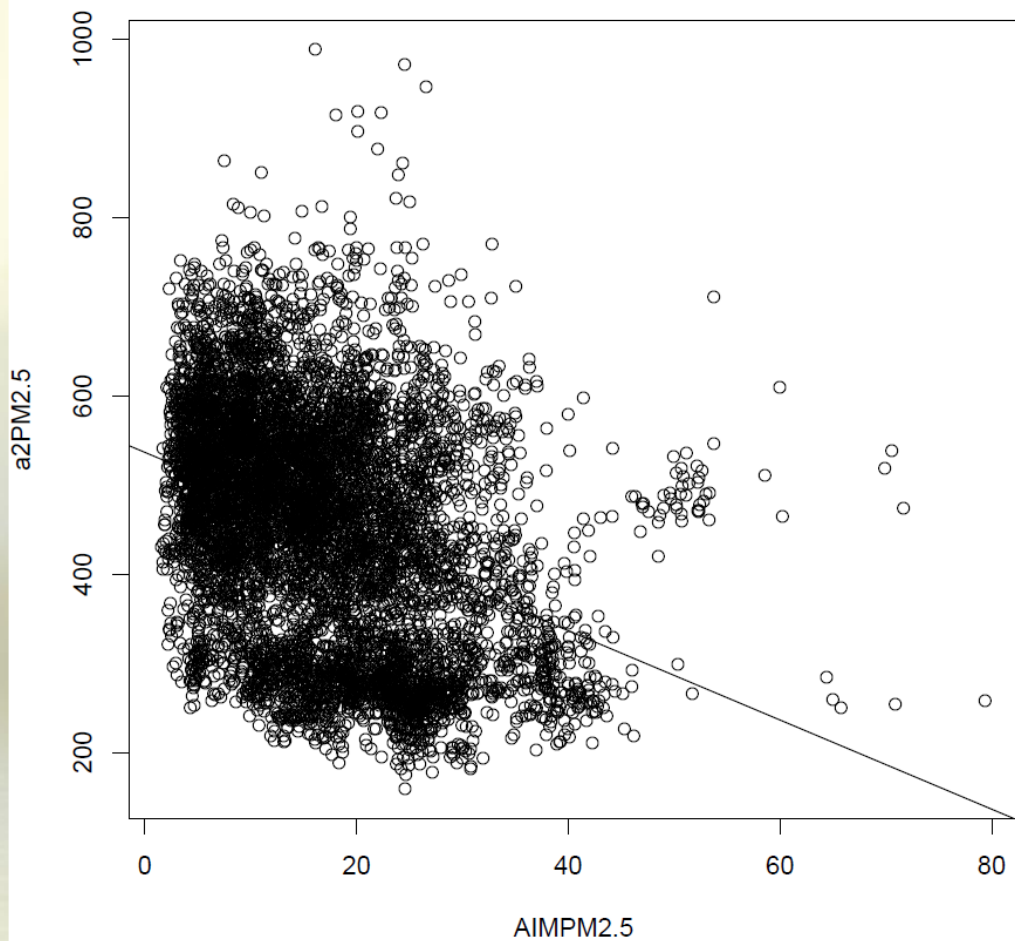


Senzory PM_{2.5} -
Alphasense OPC-N2
(2a, 4a)

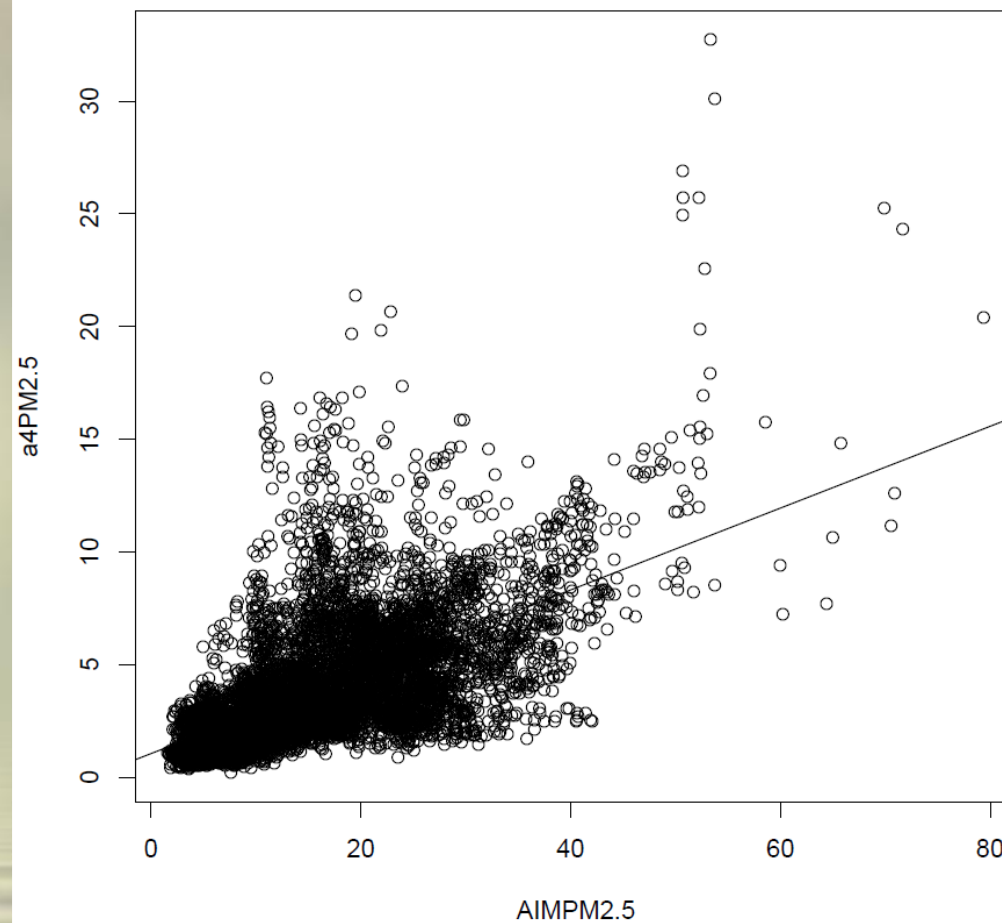
Senzor	a2PM _{2.5}	a4PM _{2.5}
Slope	-5.0045	0.1815
R ²	-0.3829	0.6595

Dílčí výsledky – PM_{2.5} – 1. kampaň

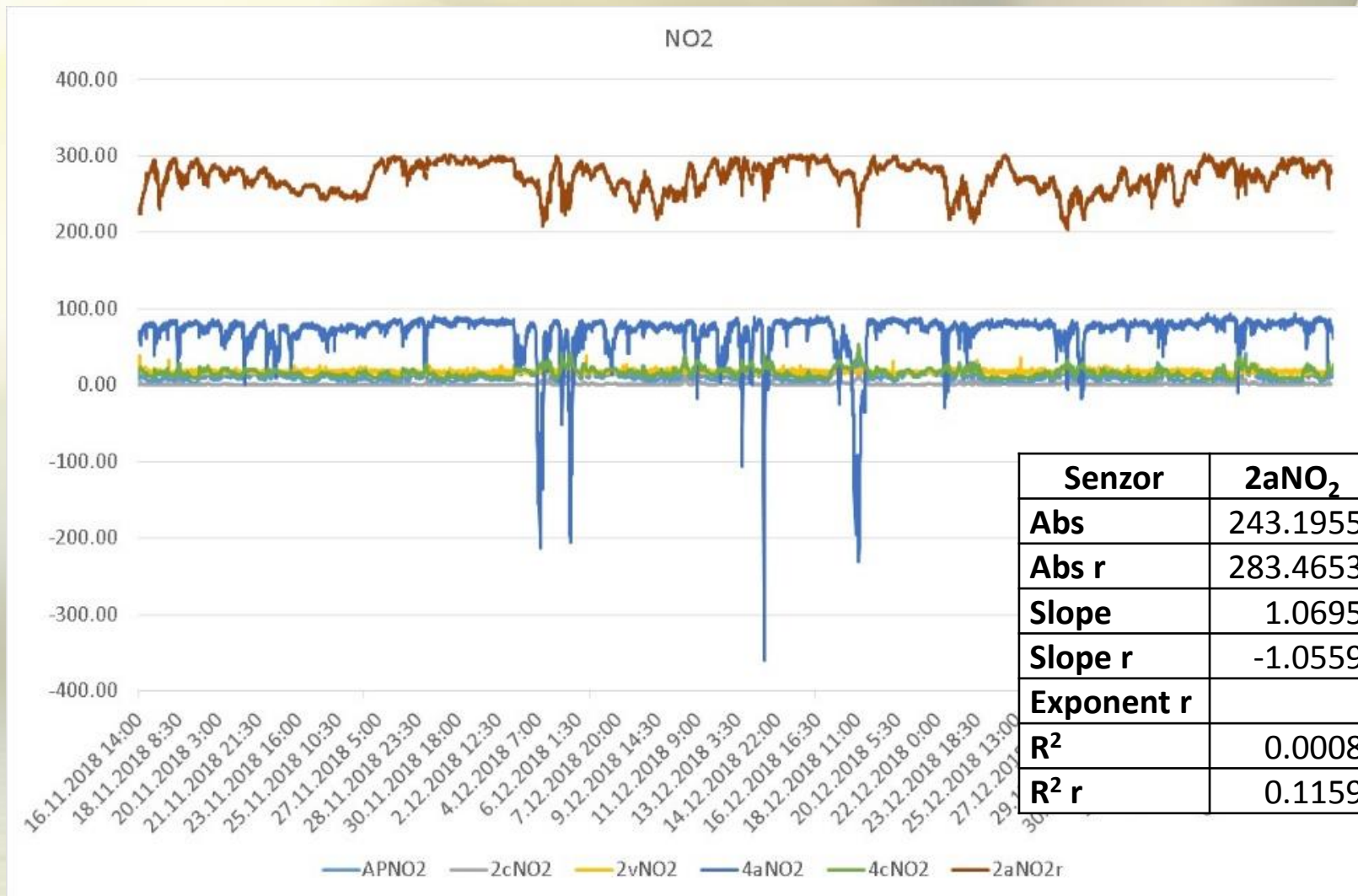
Regression coefficient spearman = -0.382916588135597



Regression coefficient spearman = 0.659477009078869



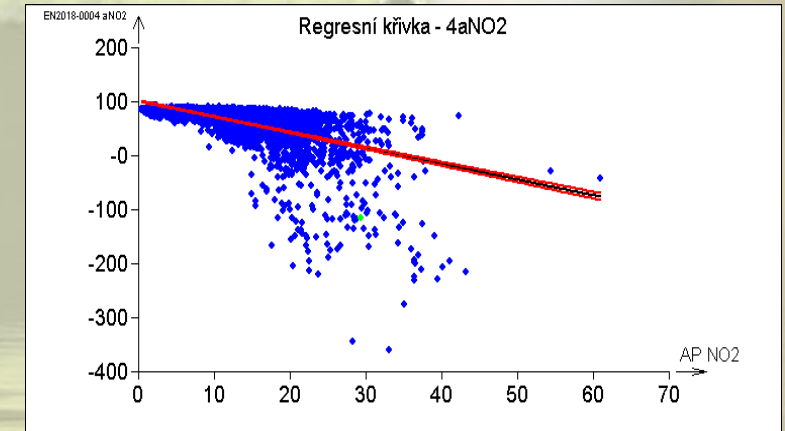
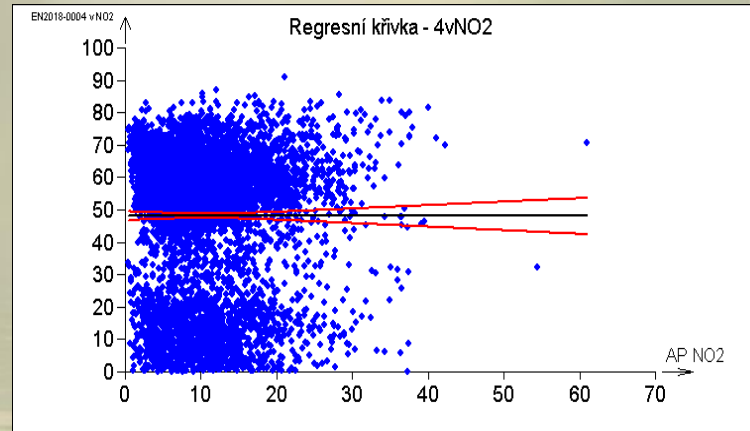
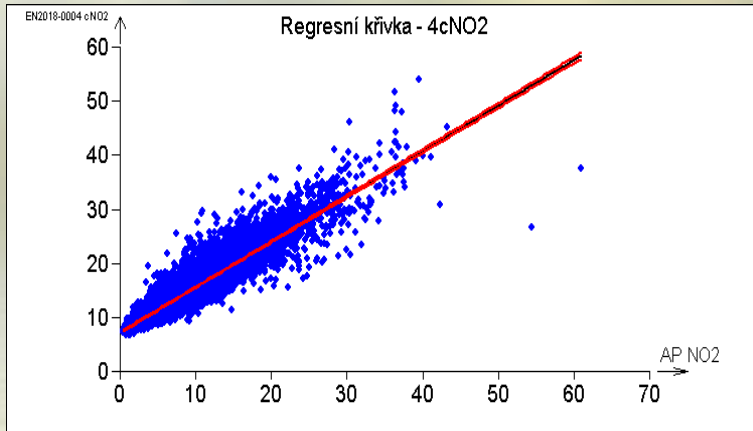
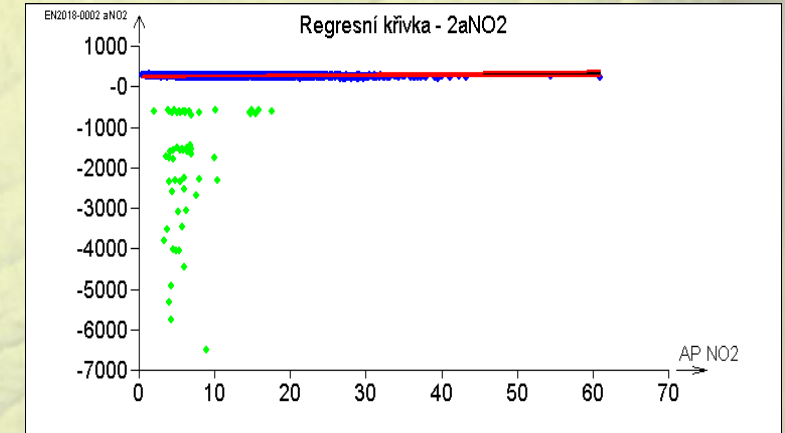
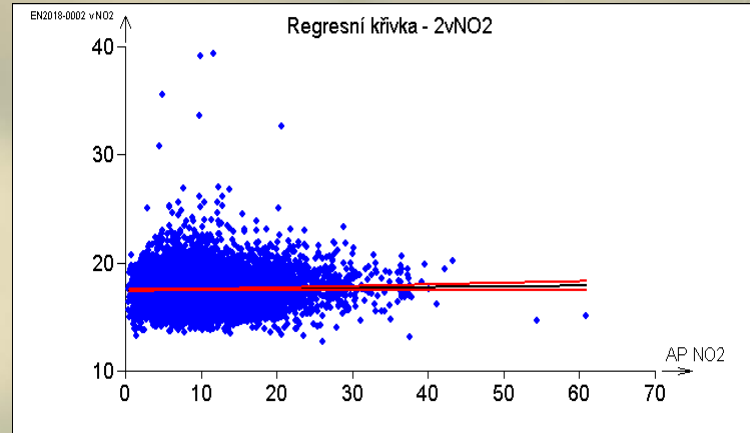
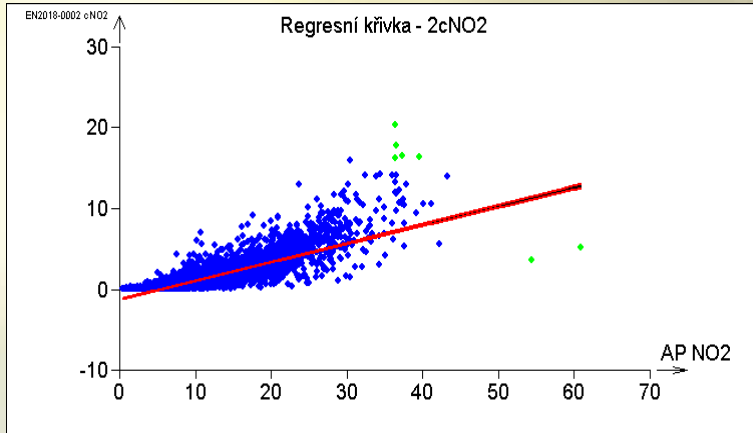
Dílčí výsledky – NO₂ – 1. kampaň



Senzor	2aNO ₂	2cNO ₂	2vNO ₂	4aNO ₂	4cNO ₂	4vNO ₂
Abs	243.1955	-1.2488	17.4752	100.9462	7.2098	48.1601
Abs r	283.4653	0.0000		85.5073		
Slope	1.0695	0.2306	0.0066	-2.9080	0.8399	-0.0022
Slope r	-1.0559	0.0137		-0.0884		
Exponent r		1.8234		2.0498		
R ²	0.0008	0.6809	0.0006	0.3509	0.8442	0.0000
R ² r	0.1159	0.7289		0.4231		

Dílčí výsledky – NO₂ – 1. kampaň

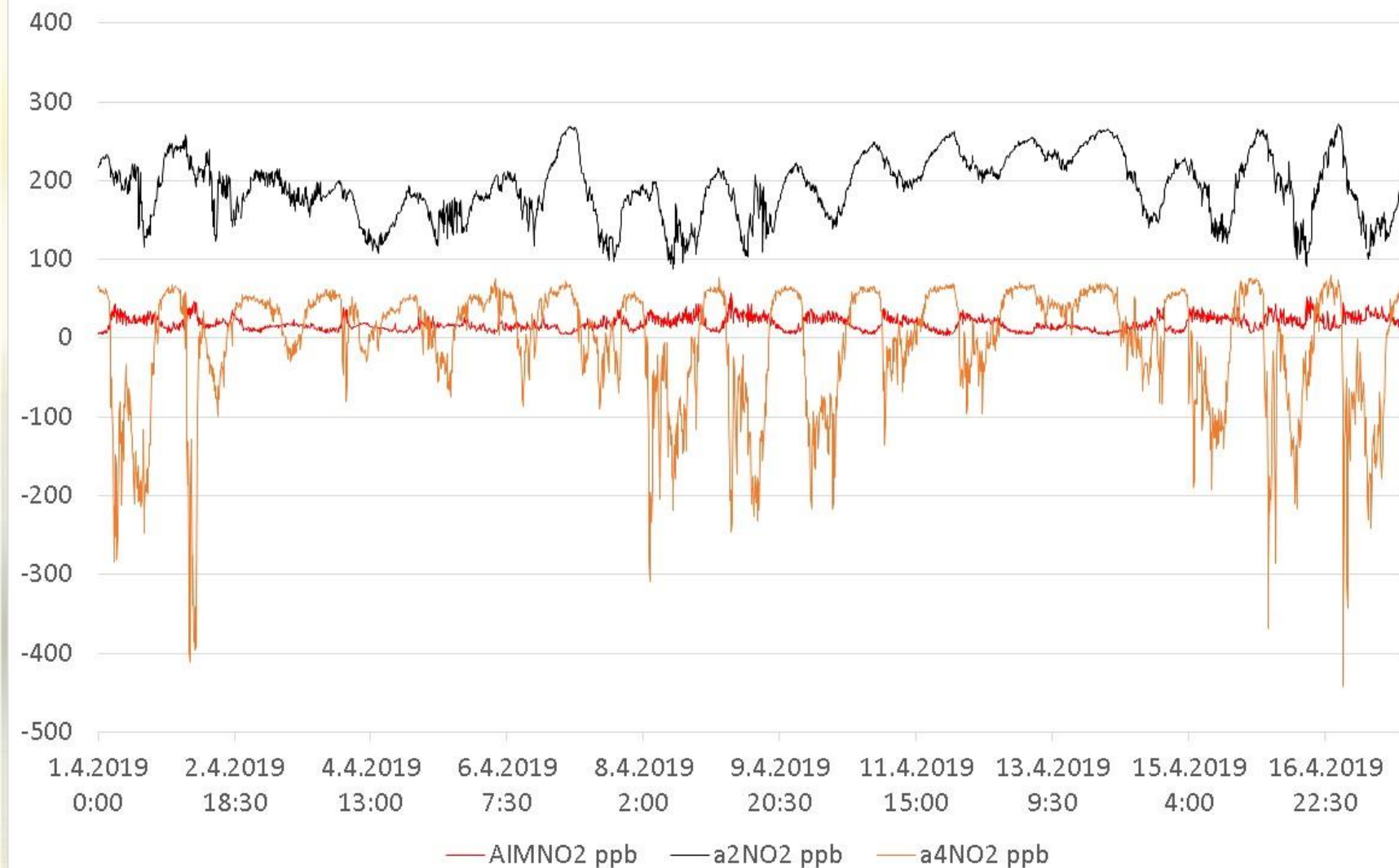
Regresní modely pro jednotlivé senzory NO₂



Dílčí výsledky – NO₂ – 2. kampaň



NO2 Svatoplukova detail

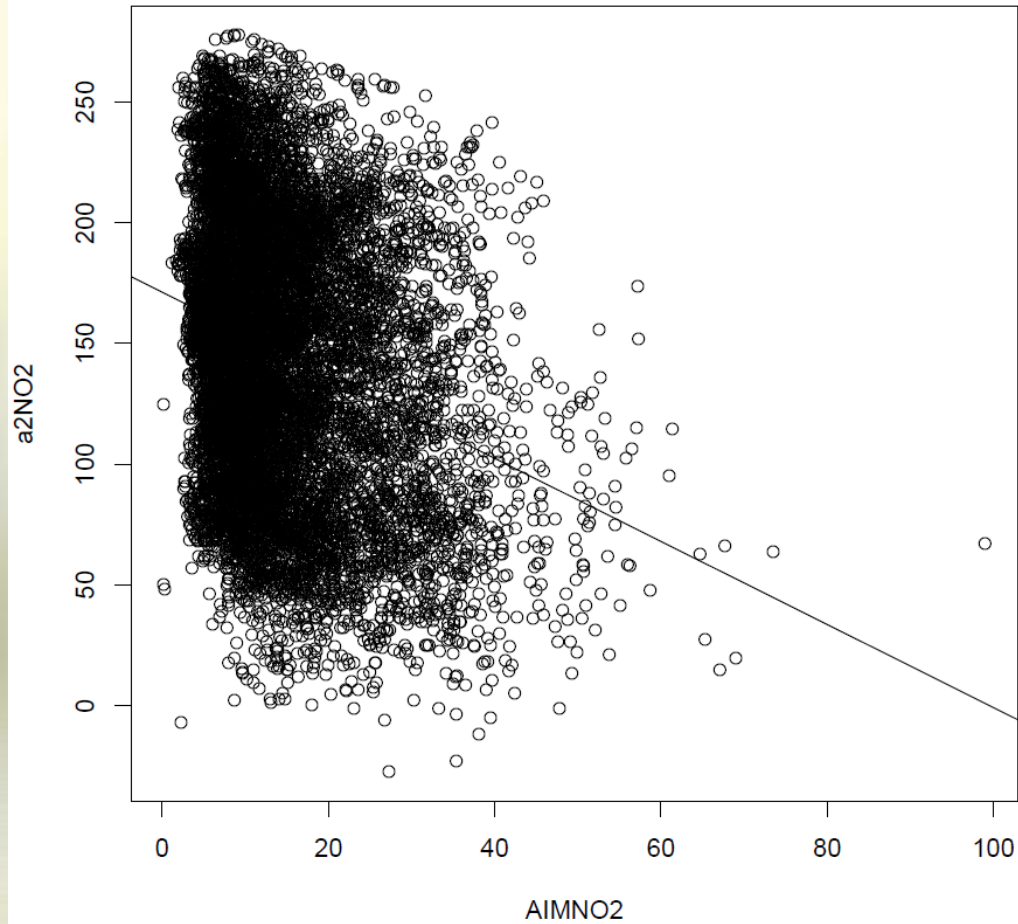


Senzory Alphasense
B43F (a2, a4)

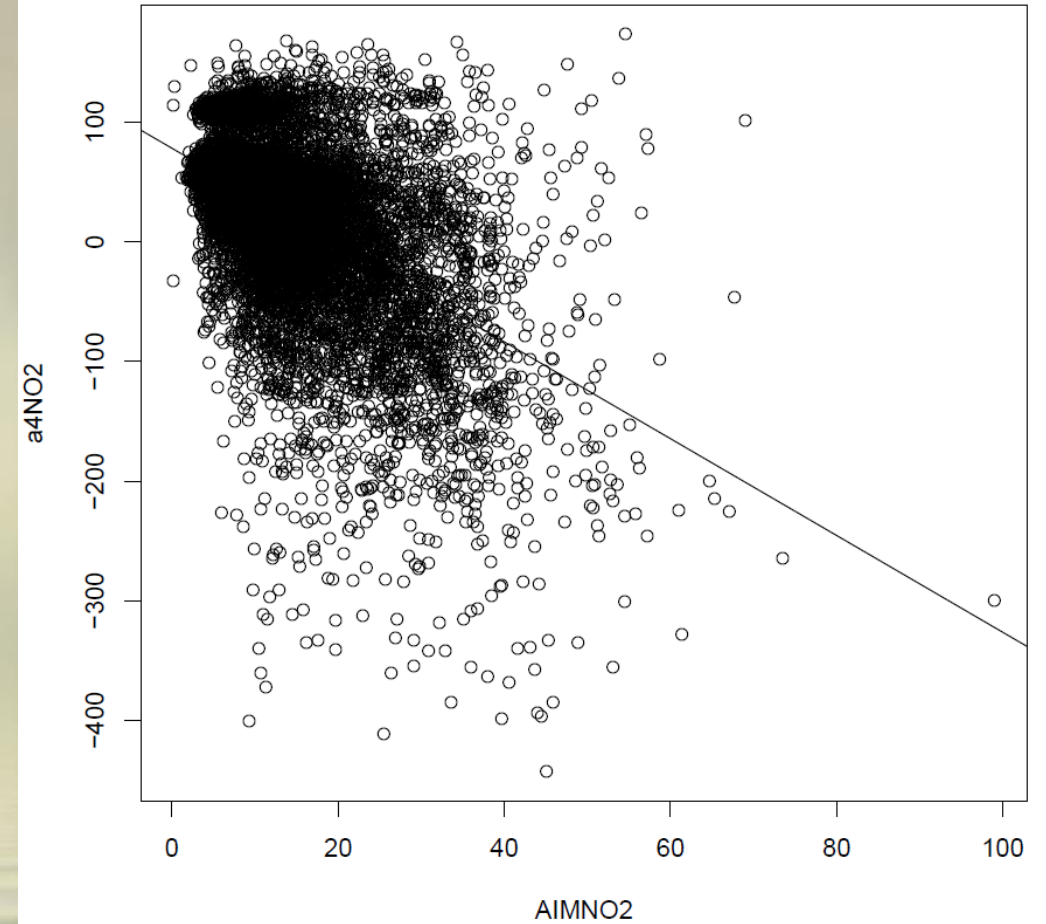
Senzor	a2NO ₂	a4NO ₂
Slope	-1.7197	-4.0435
R ²	-0.2420	-0.4815

Dílčí výsledky – NO₂ – 2. kampaň

Regression coefficient spearman = -0.242004707496752



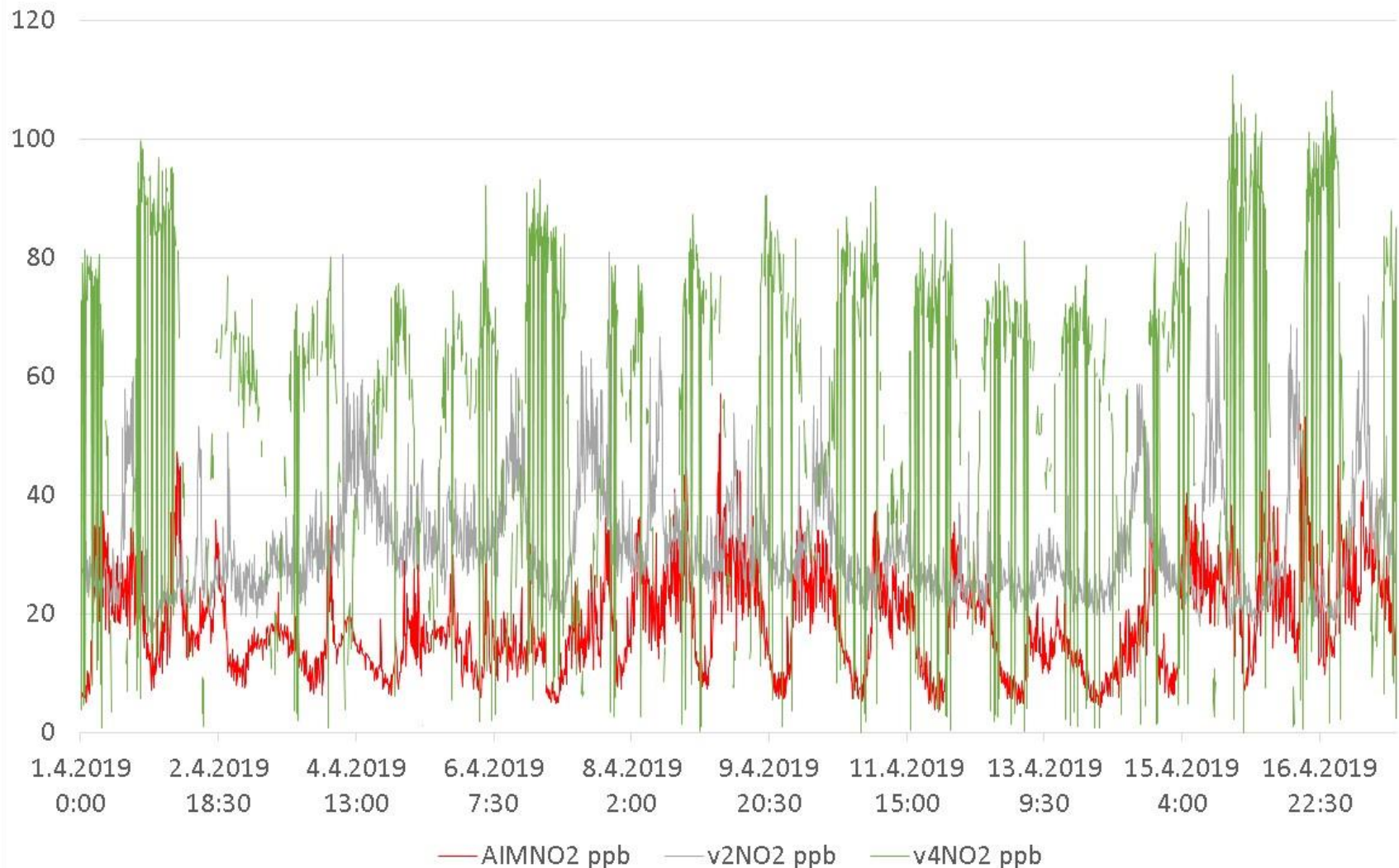
Regression coefficient spearman = -0.48149669937859



Dílčí výsledky – NO₂ – 2. kampaň



NO2 Svatoplukova detail

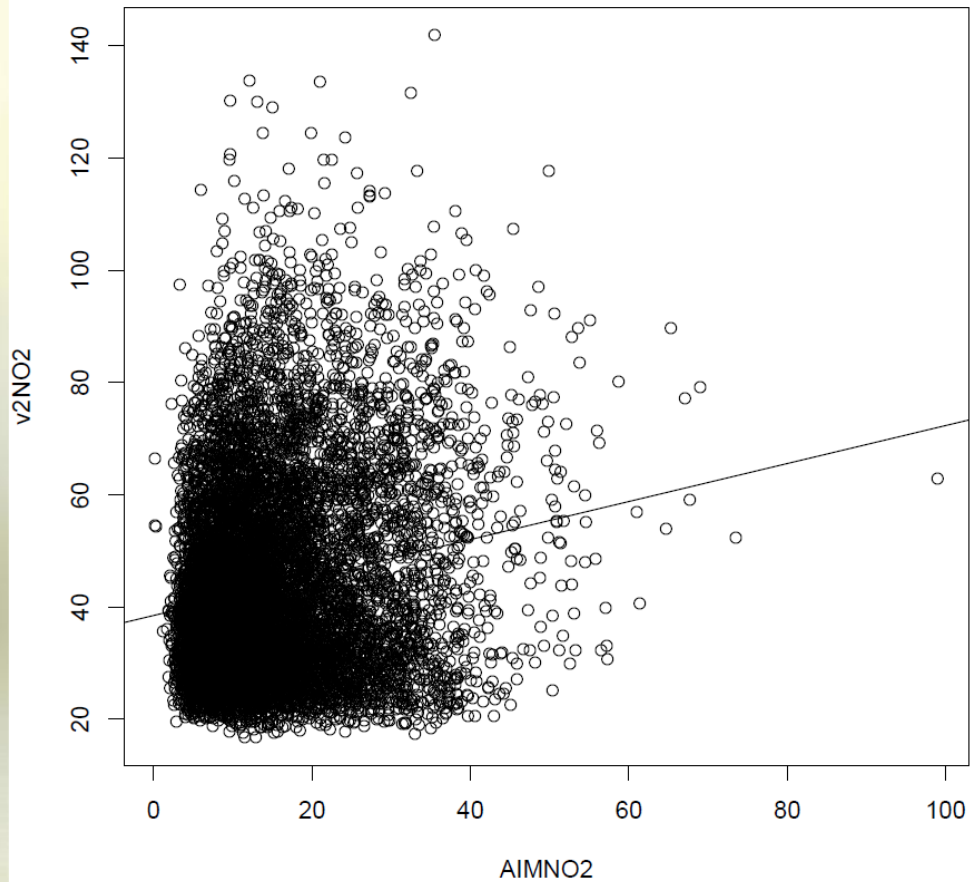


Senzory Winsen ME3-NO₂
(v2, v4)

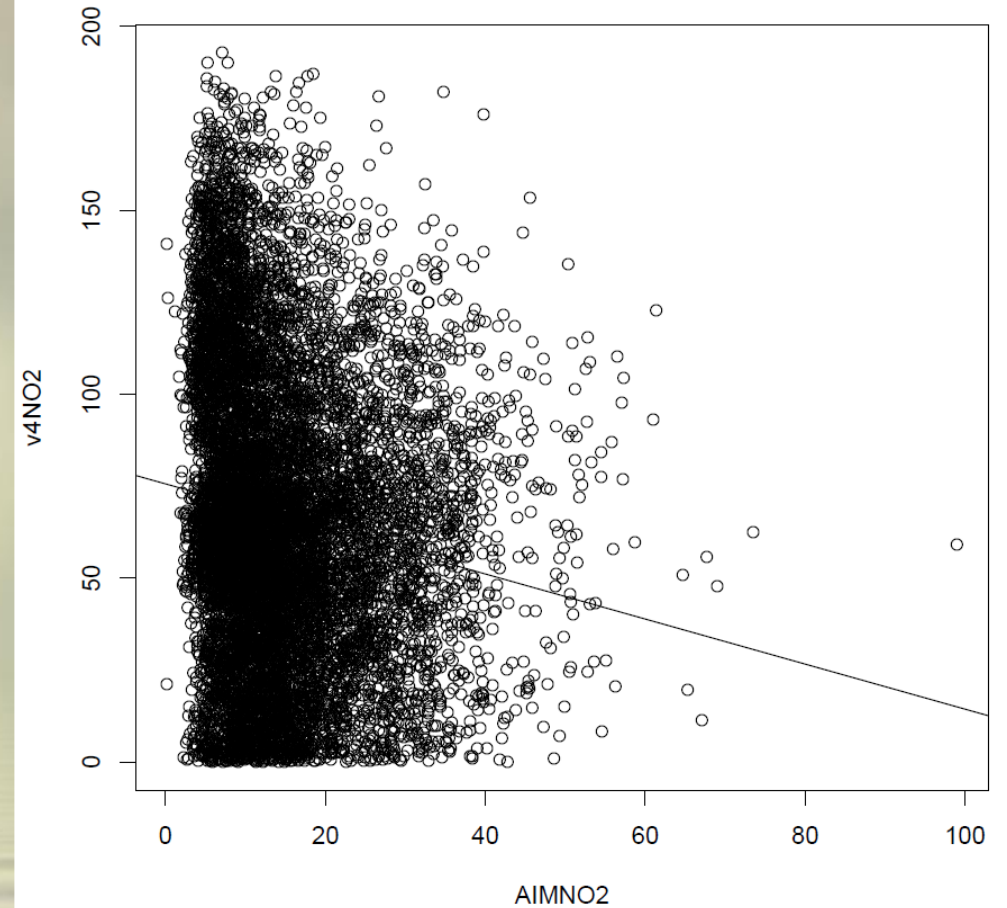
Senzor	v2NO ₂	v4NO ₂
Slope	0.3385	-0.6124
R ²	0.1236	-0.1715

Dílčí výsledky – NO₂ – 2. kampaň

Regression coefficient spearman = 0.123573375394793



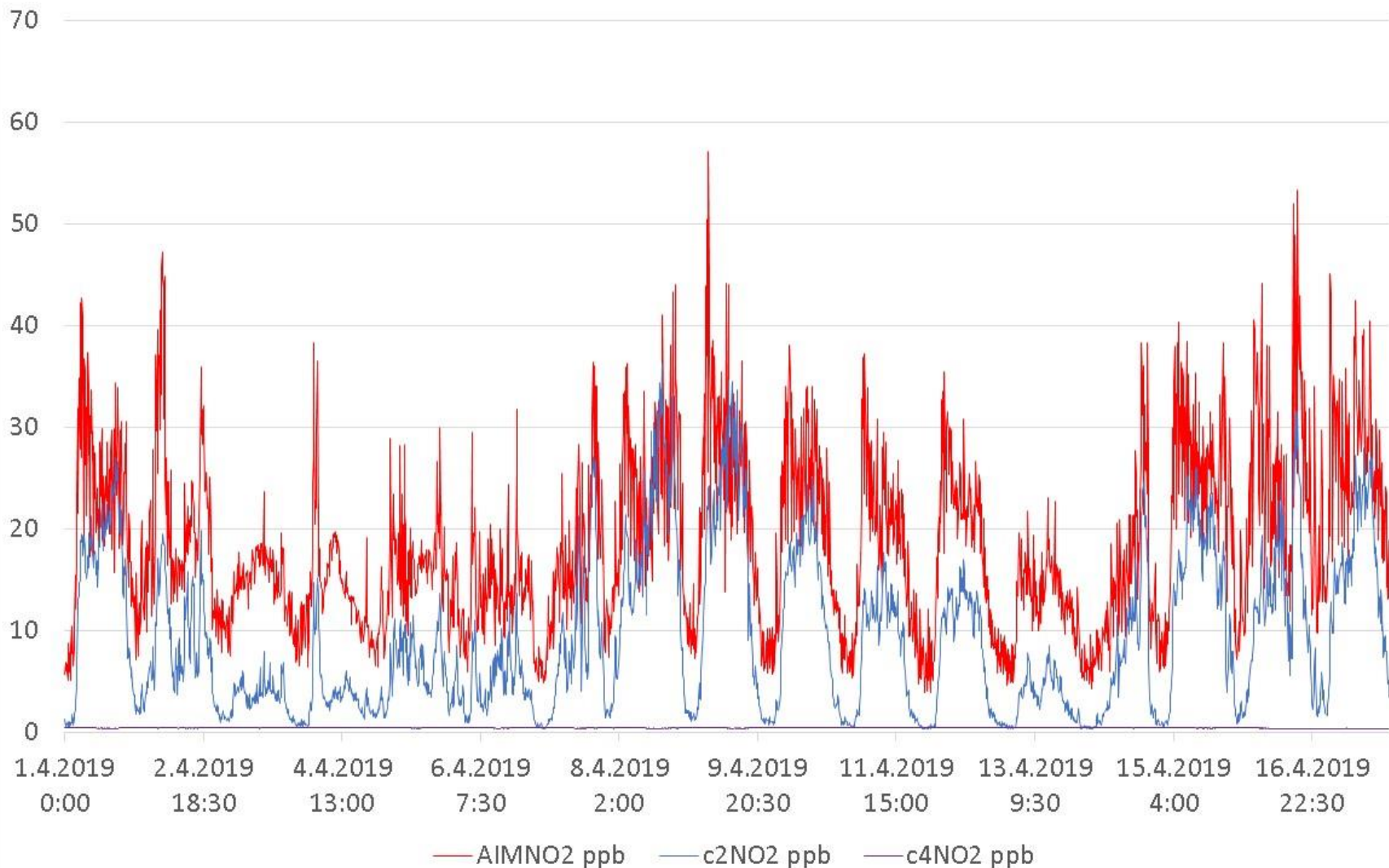
Regression coefficient spearman = -0.171530812317215



Dílčí výsledky – NO₂ – 2. kampaň



NO2 Svatoplukova detail

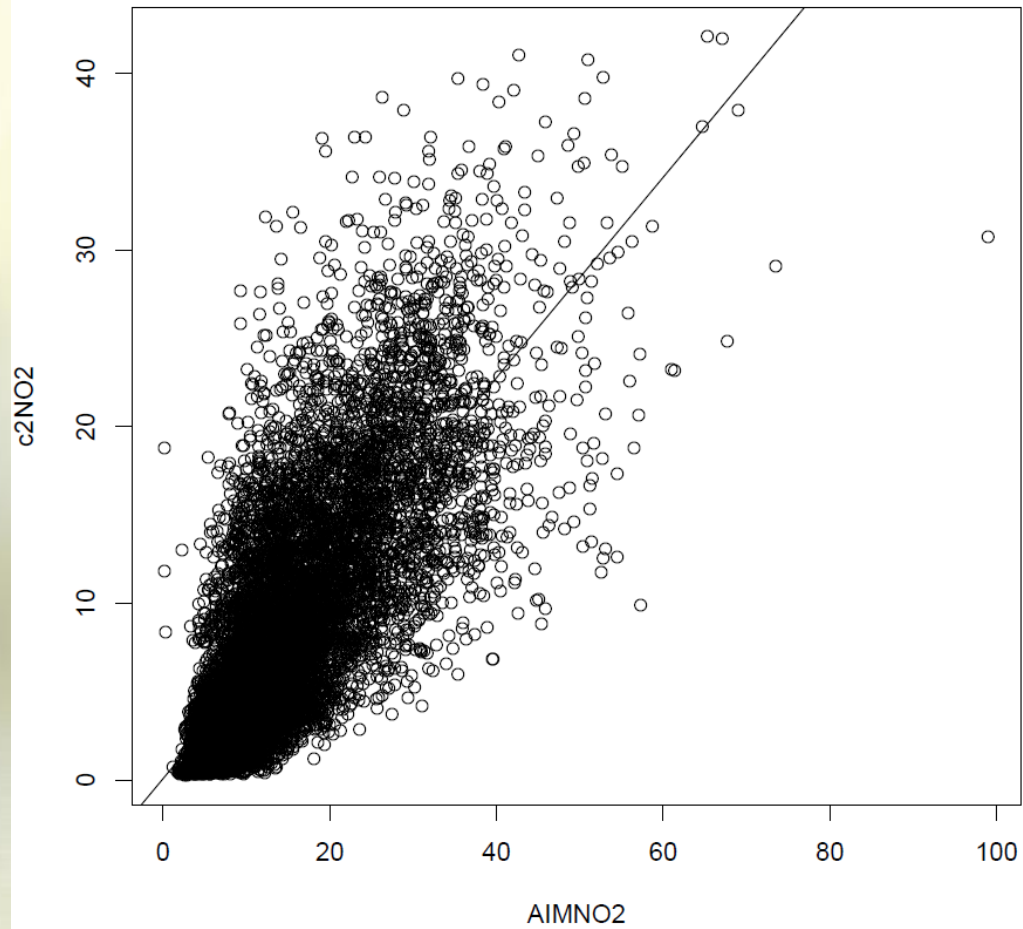


Senzory Cairpol Cairsens
NO₂ (c2, c4)

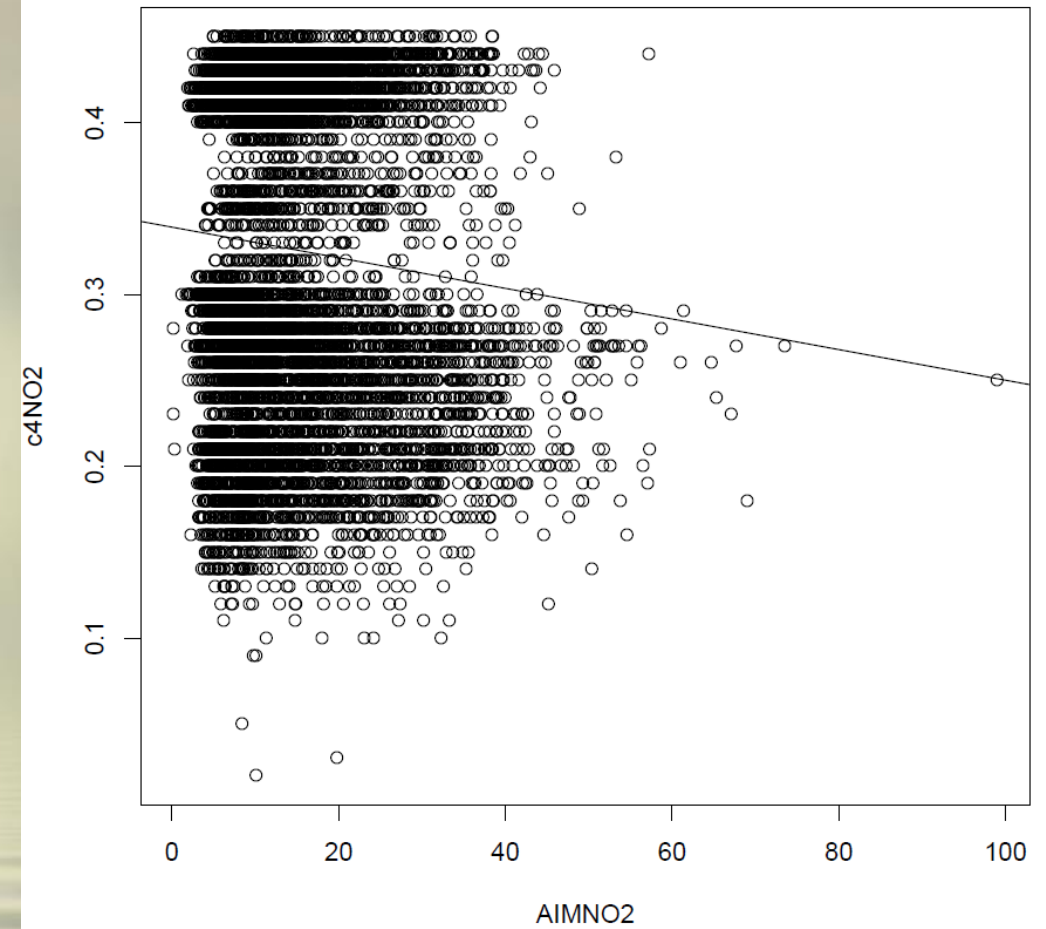
Senzor	c2NO ₂	c4NO ₂
Slope	0.5671	-0.0009
R ²	0.7663	-0.0150

Dílčí výsledky – NO₂ – 2. kampaň

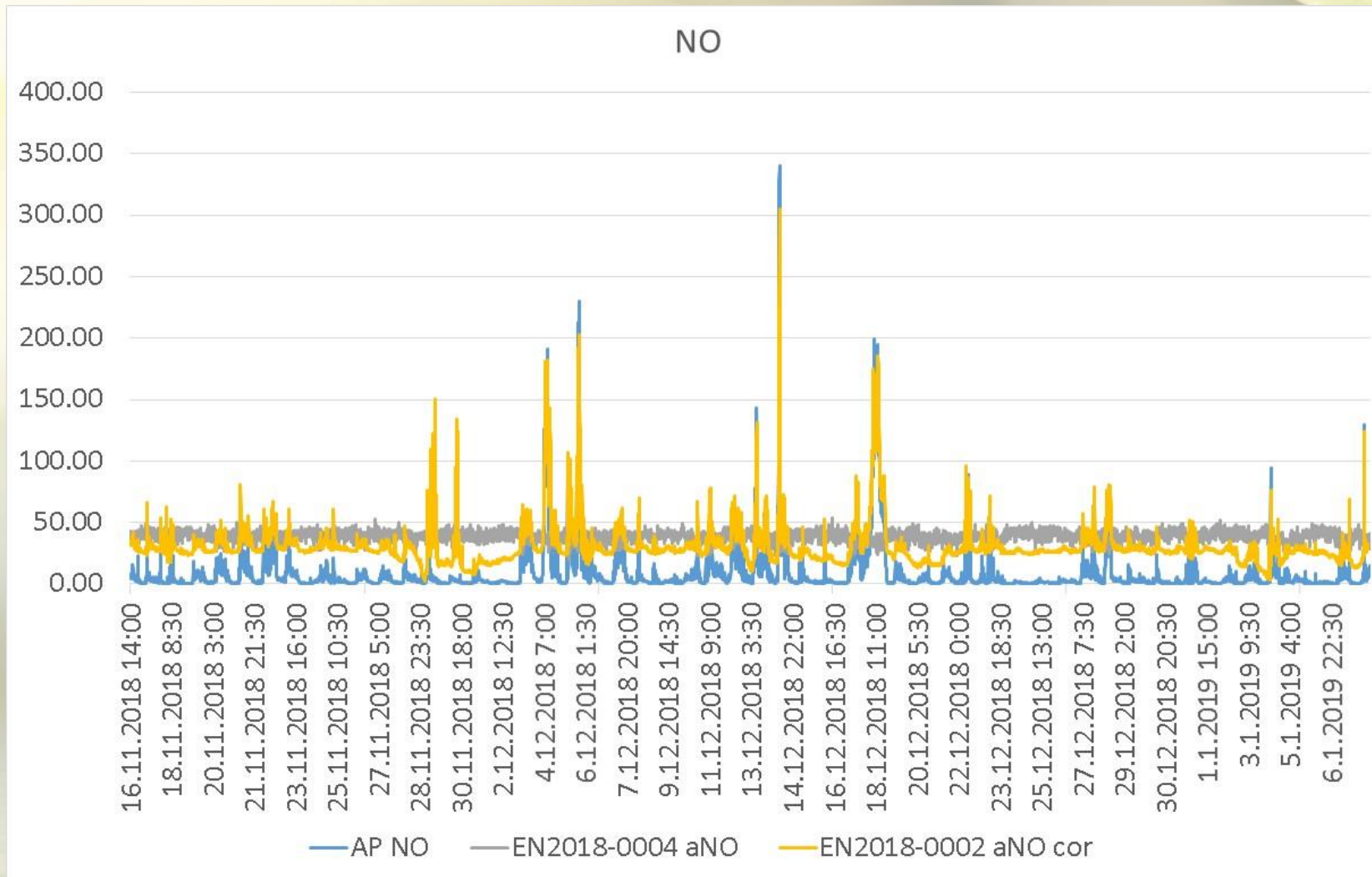
Regression coefficient spearman = 0.766308039260449



Regression coefficient spearman = -0.0149811040101121



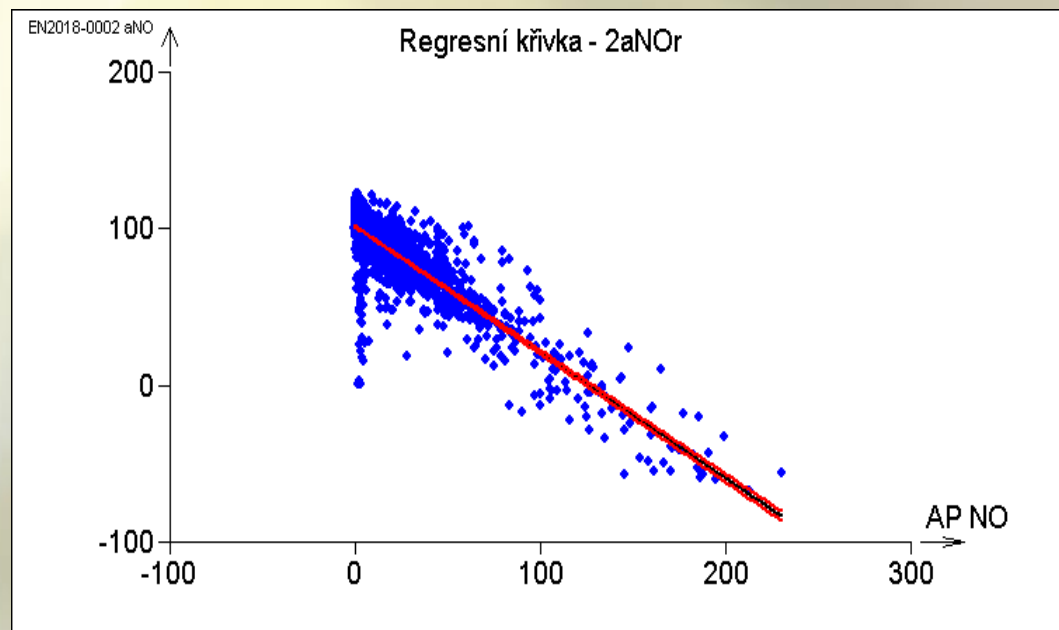
Dílčí výsledky – NO – 1. kampaň



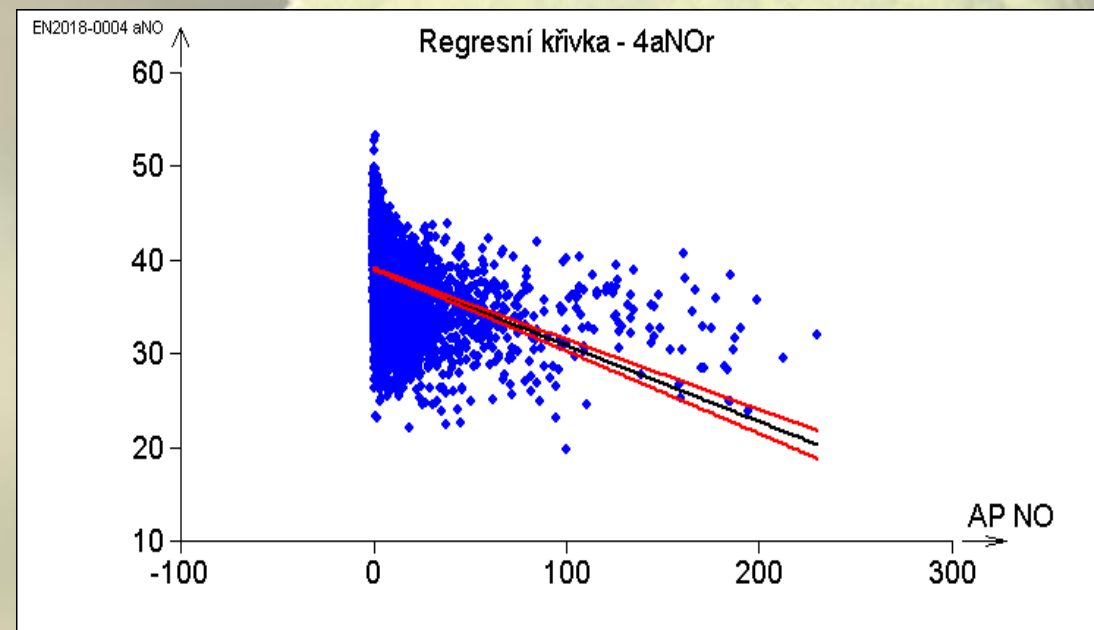
Senzor	2aNO	4aNO
Abs	101.2405	38.9808
Abs r	101.4027	39.0241
Slope	-0.7830	-0.0750
Slope r	-0.8033	-0.0815
R ²	0.7621	0.1320
R ² r	0.7812	0.1315

Dílčí výsledky – NO – 1. kampaň

Regresní modely pro jednotlivé senzory NO

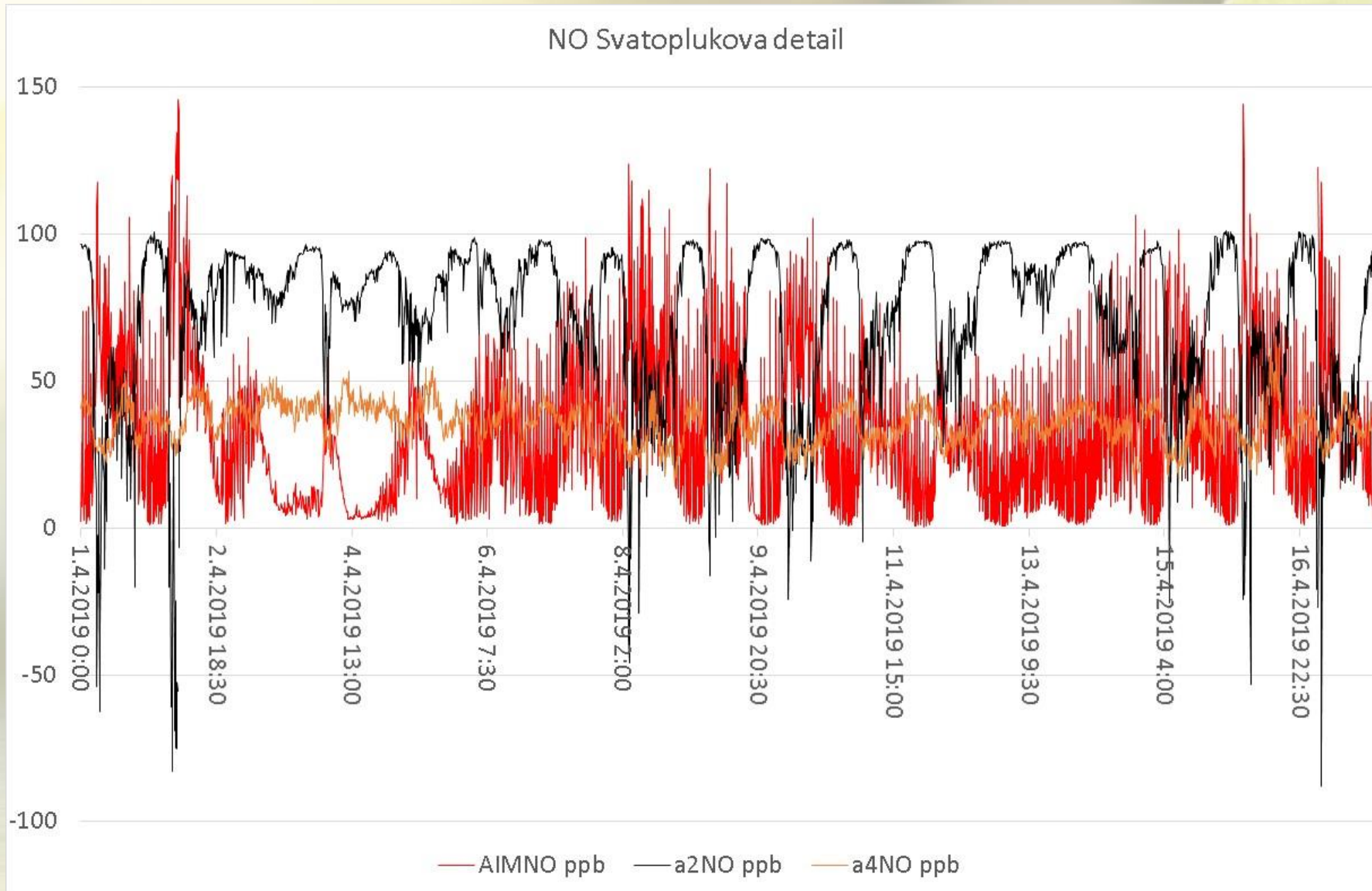


Senzor NO (2a)



Senzor NO (4a)

Dílčí výsledky – NO – 2. kampaň

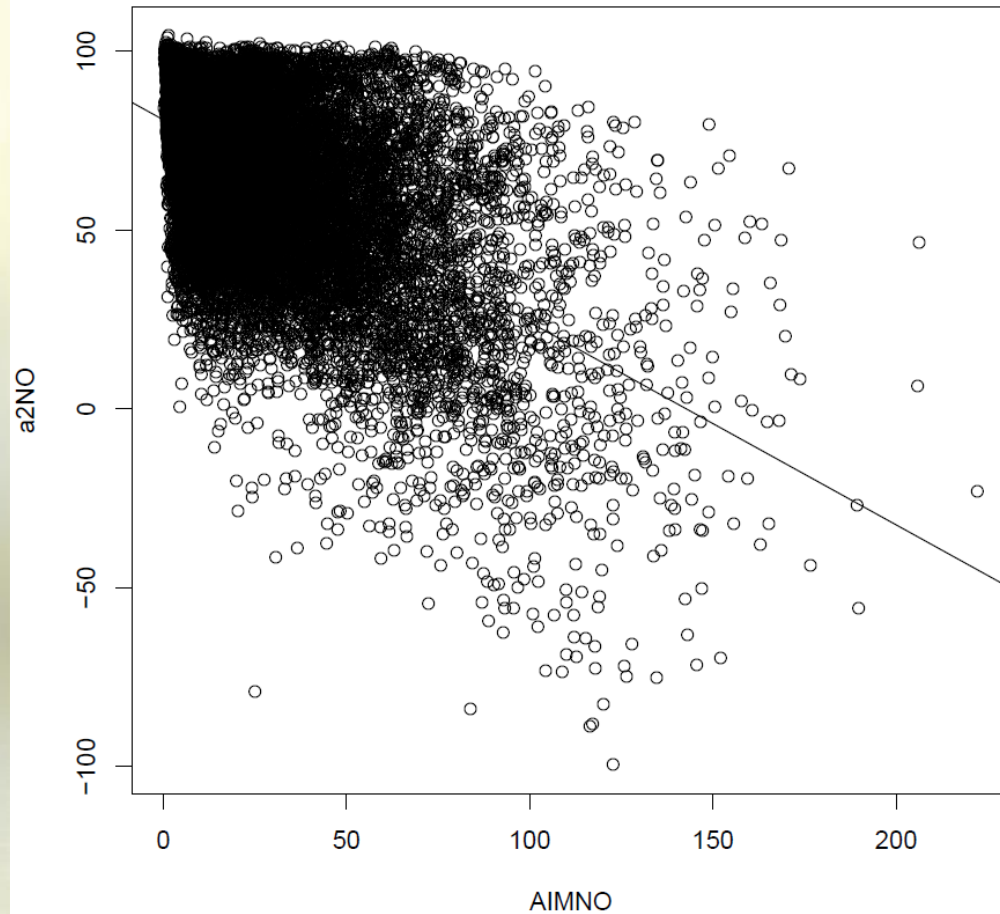


Senzory Alphasense NO-B4 (2a, 4a)

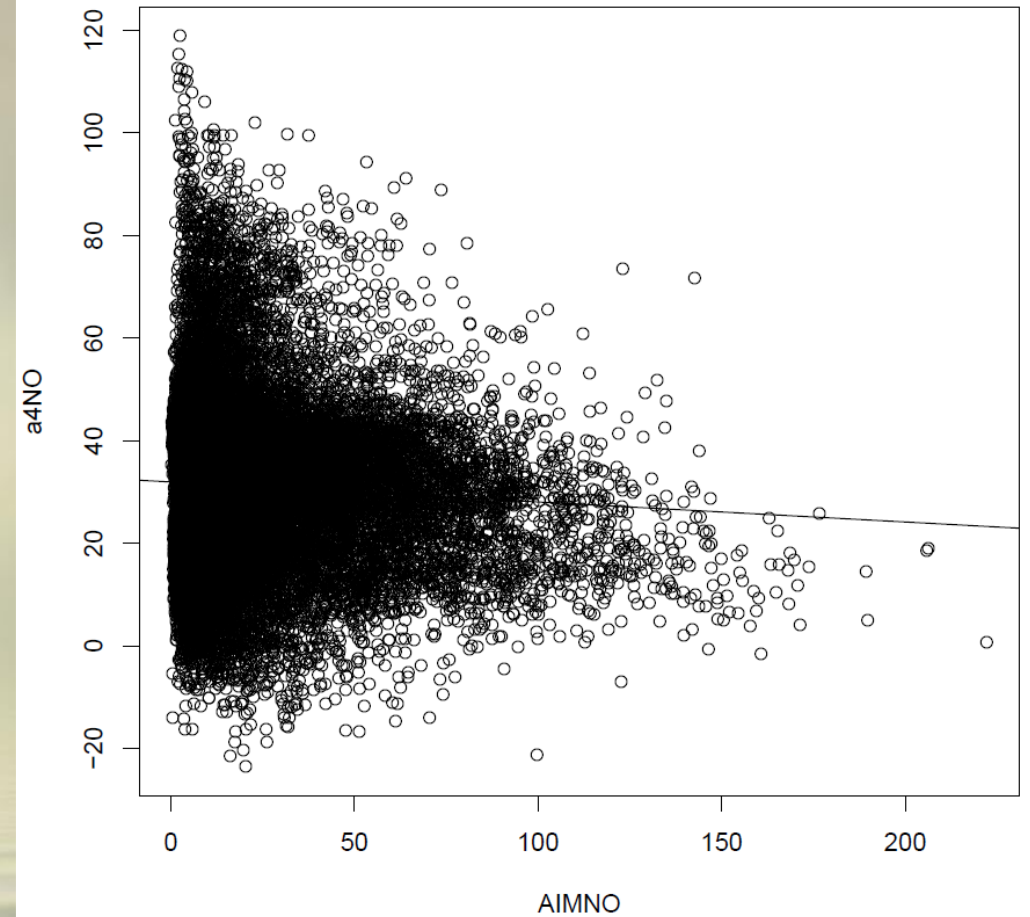
Senzor	a2NO	a4NO
Slope	-0.5662	-0.0390
R ²	-0.5557	0.0168

Dílčí výsledky – NO – 2. kampaň

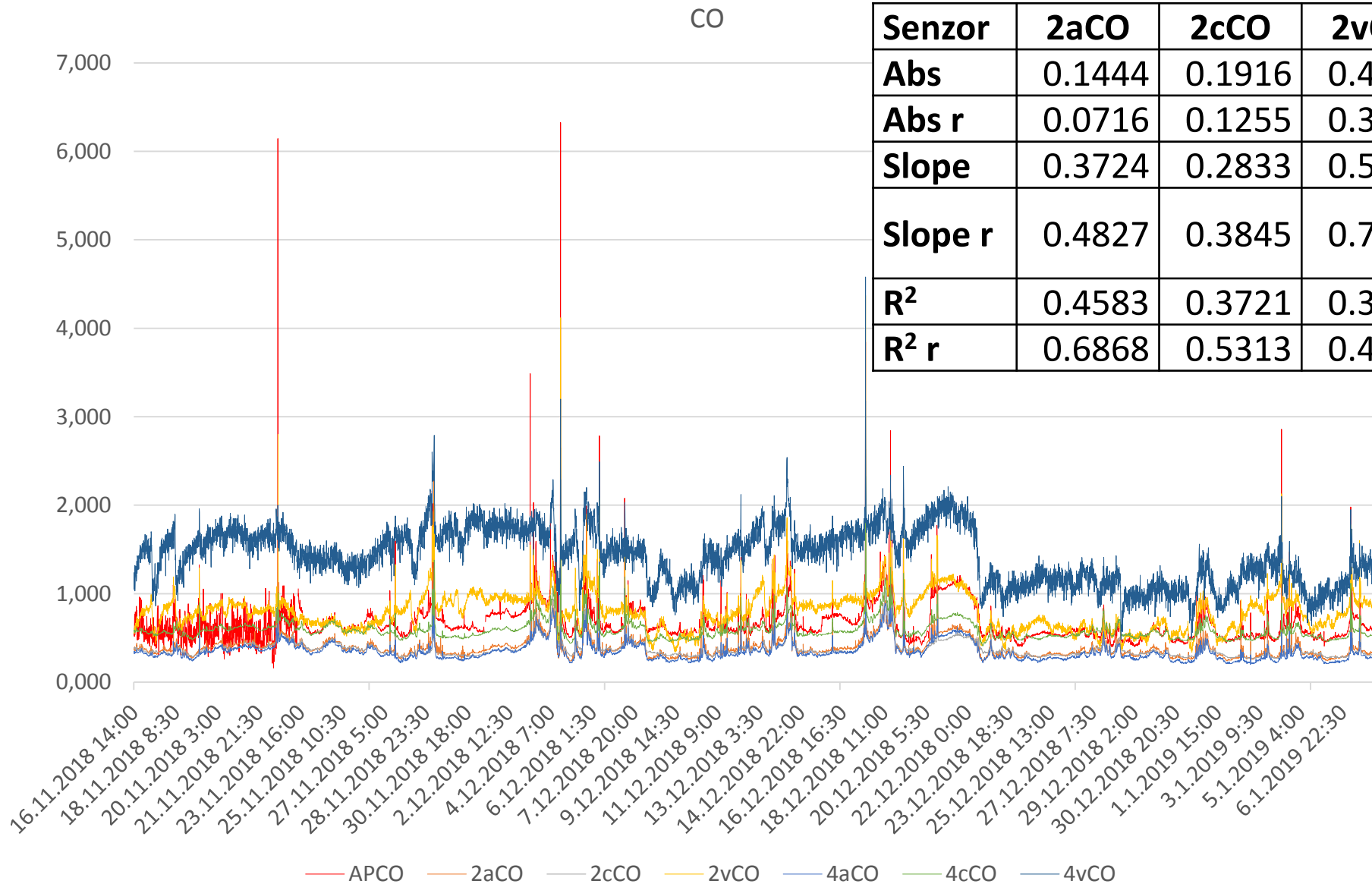
Regression coefficient spearman = -0.555687574895981



Regression coefficient spearman = 0.016760877184649



Dílčí výsledky – CO – 1. kampaň

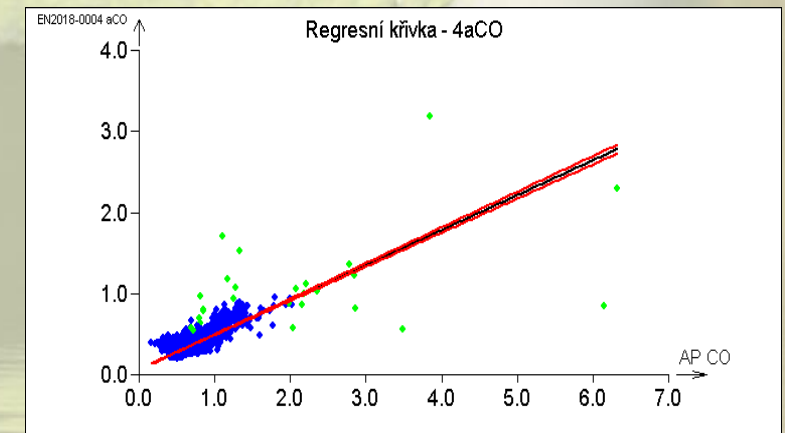
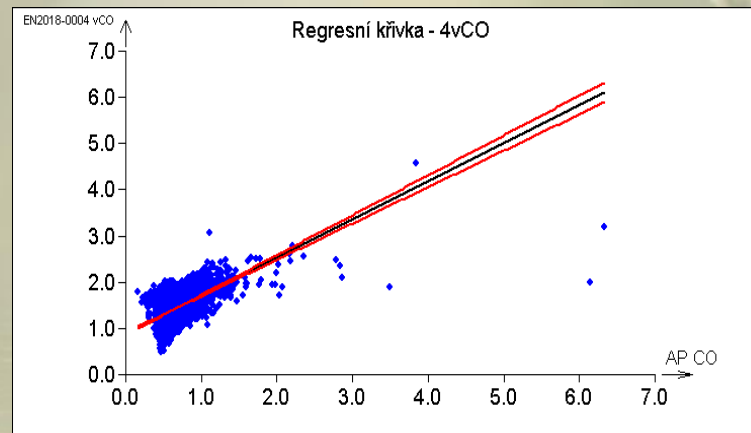
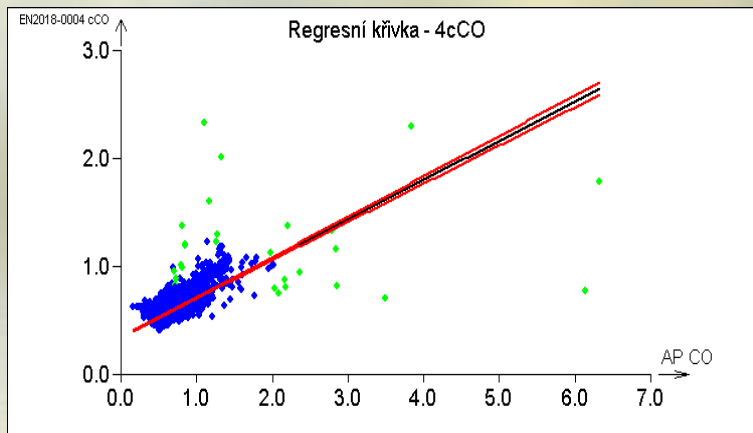
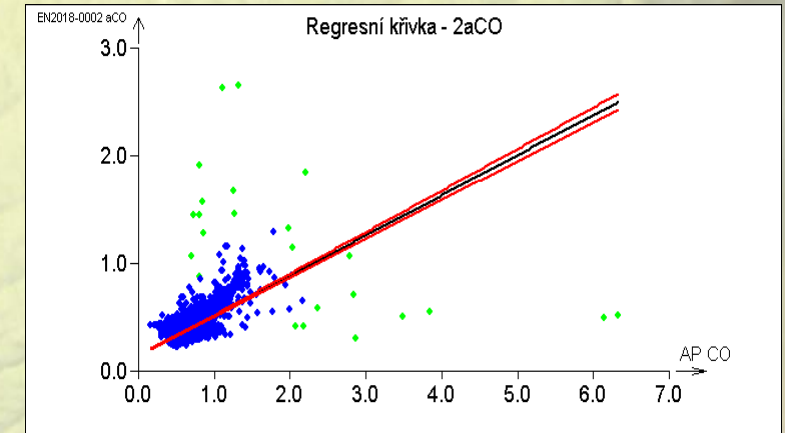
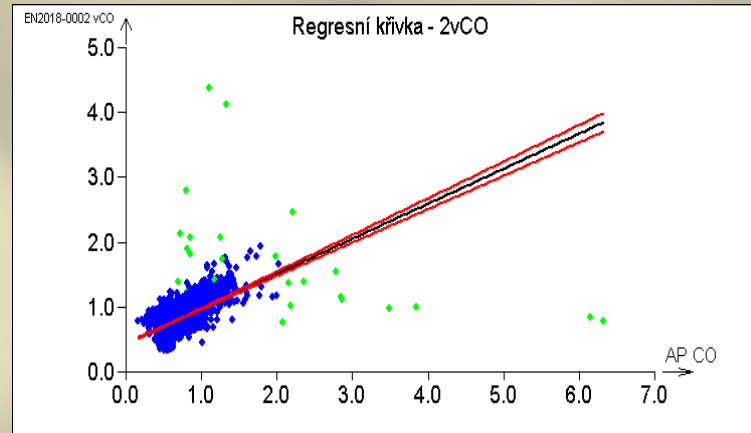
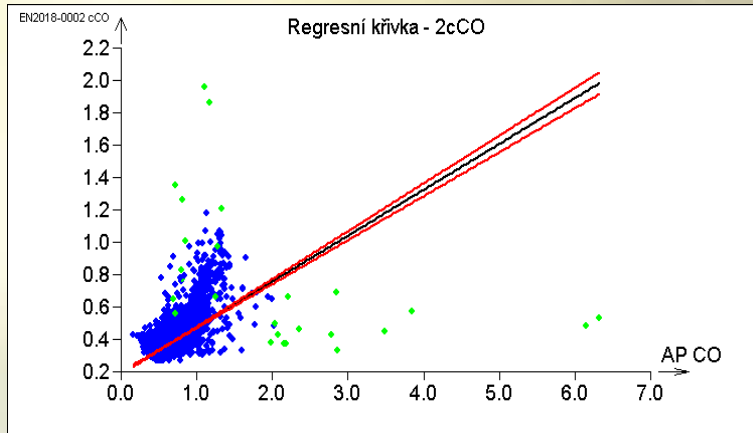


Senzor	2aCO	2cCO	2vCO	4aCO	4cCO	4vCO
Abs	0.1444	0.1916	0.4368	0.0655	0.3447	0.8868
Abs r	0.0716	0.1255	0.3242	0.0372	0.3010	0.7559
Slope	0.3724	0.2833	0.5396	0.4299	0.3643	0.8252
Slope r	0.4827	0.3845	0.7108	0.4726	0.4304	1.0269
R²	0.4583	0.3721	0.3210	0.6617	0.5696	0.3252
R² r	0.6868	0.5313	0.4417	0.7098	0.6736	0.3605

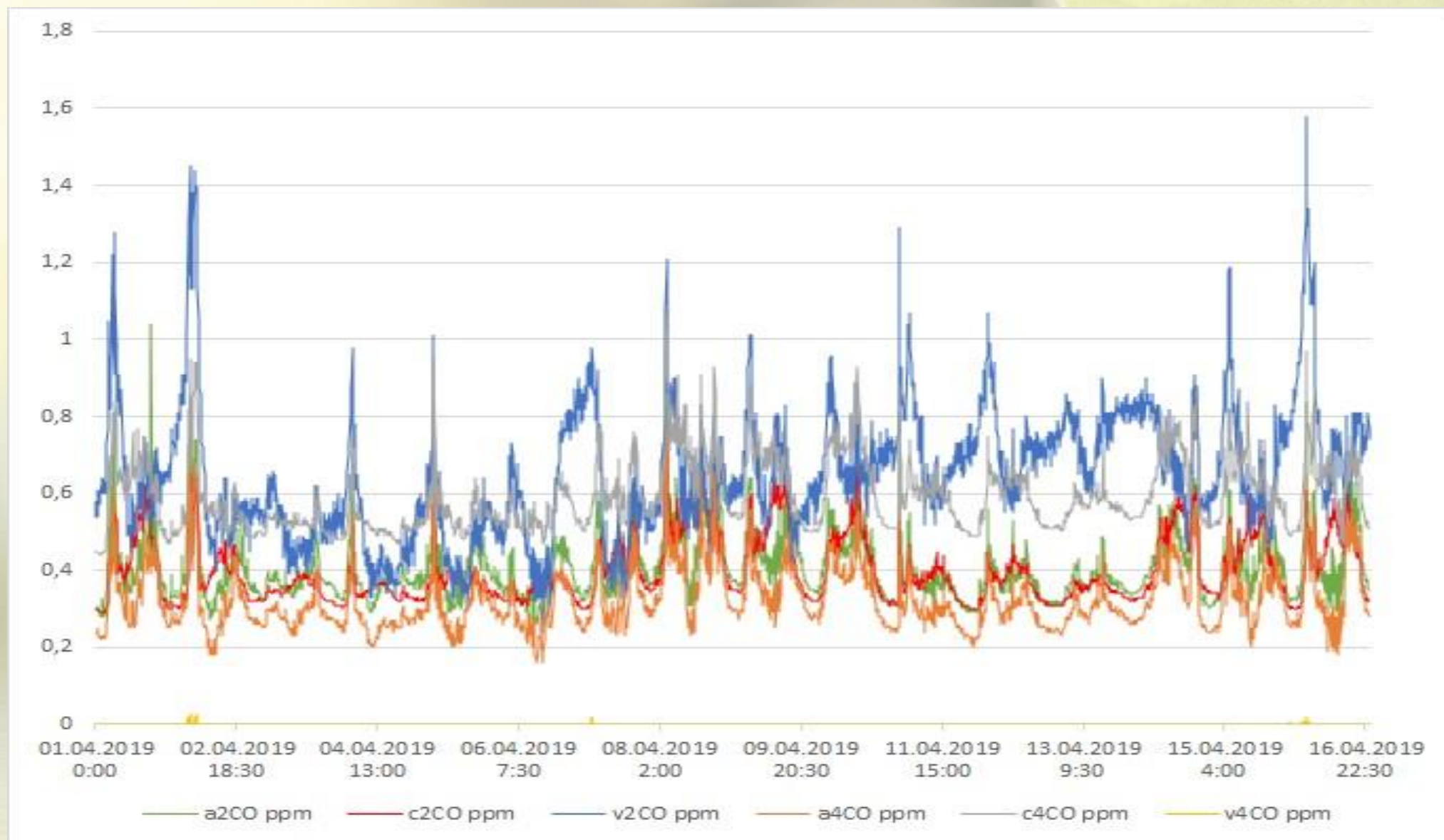
Dílčí výsledky – CO – 1. kampaň



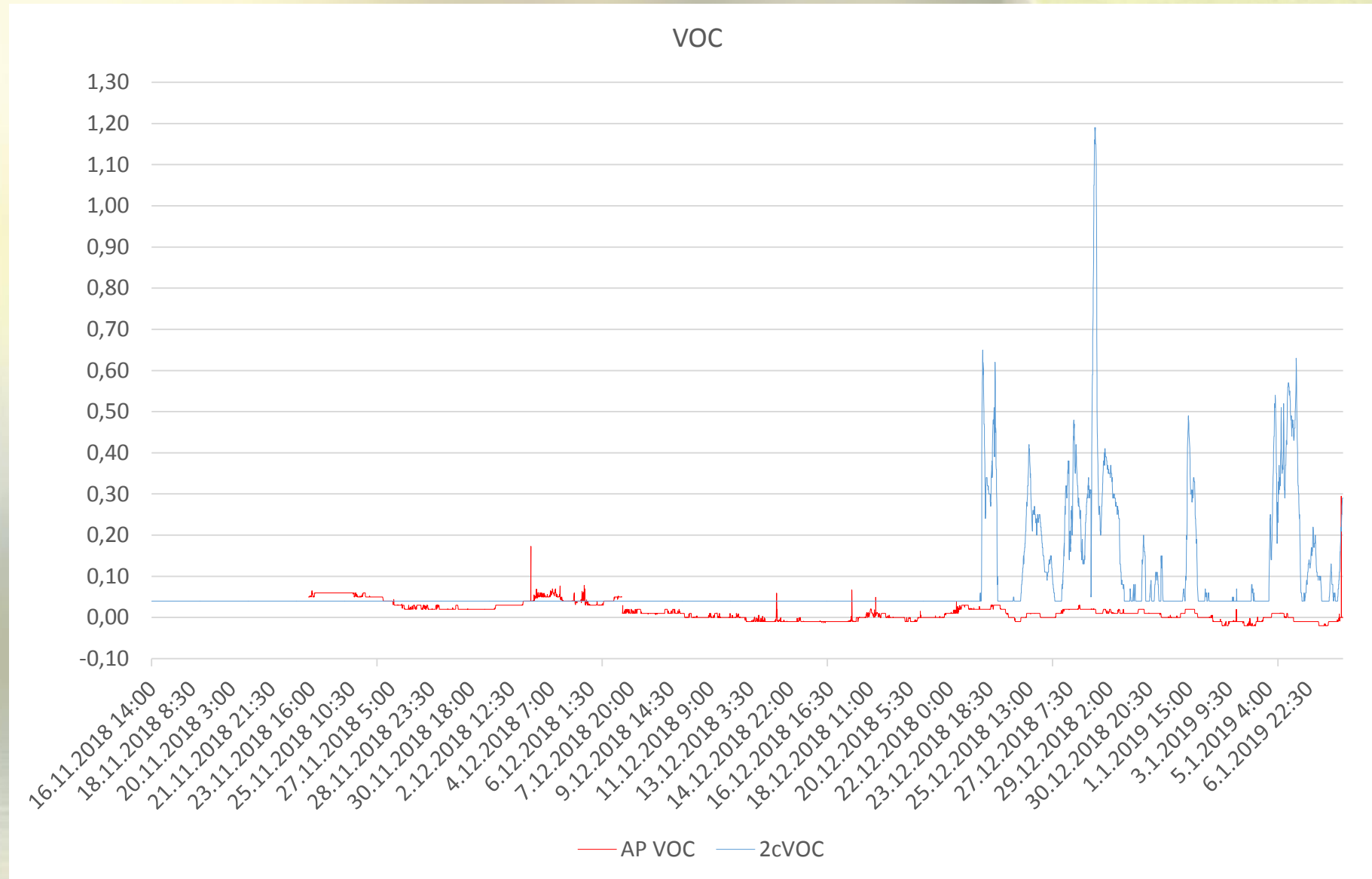
Regresní modely pro jednotlivé senzory CO



Dílčí výsledky – CO – 2. kampaň



Dílčí výsledky – VOC – 1. kampaň



Co dál?



- Nákup vybraných senzorů s nejlepšími výsledky
- Nákup dalších „zajímavých“ senzorů
- Další testování v dopravně zatížené lokalitě
- Testování v tunelu
- Výběr finálních senzorů pro funkční vzor
- Vypracování metodiky pro používání senzorických jednotek

Děkuji za pozornost.

T A

Č R

TH03030278 „Senzory“
„Aplikace nízkonákladových senzorů pro
měření kvality ovzduší v souvislosti s
dopravními opatřeními“