



The background is a satellite map from Google Earth showing a rural landscape with fields, forests, and some buildings. A yellow dashed line outlines a specific area. Several place names are visible on the map, including Turza Śląska, Mszana, Gorzyce, Skrzyszów, Jastrzębie-Zdrój, Łaziska, Godów, AIM Věřnovice, Golkowo, Bohumín, Dolní Lutyně, Petrovice u Karviné, and Orlová. The text is overlaid in large yellow letters.

SVRS A PŘESHraniČNÍ MIGRACE ZNEČIŠTĚNÍ,

ANEb VŽDY JE DOBRÉ VĚDĚT, ODKUD VÍTR
FOUKÁ

Josef Keder
ČHMÚ, Observatoř Tušimice

© 2016 Google

Google Earth

Motivace

- V souvislosti s posuzováním možností řešení špatné kvality ovzduší v Ostravsko-Karvinské aglomeraci se stávají stále aktuálnějšími úvahy o vlivu zahraničních zdrojů.
- Ten je rovněž nutno brát v úvahu v souvislosti s posuzováním efektivnosti regulačních opatření na zdrojích znečišťujících látek
- Přenos znečištění přes hranice sousedícího státu je rozhodujícím způsobem determinován rozptylovými podmínkami, směrem a rychlostí proudění.
- Vhodně lokalizované monitorovací stanice, vybavené kvalitním měřením meteorologických veličin, umožňují takové úvahy objektivizovat.

Jak to vypadá v dlouhodobém režimu

- Vyhodnocení dlouhodobého režimu meteorologických podmínek transportu a rozptylu znečištění na Ostravsku v chladných a zimních obdobích za 50leté období 1961–2010 provedl *Blažek (2016)*.
- V chladném ročním období se může vyskytovat průměru 40 dnů se zhoršenými meteorologickými podmínkami rozptylu a naopak průměrně 24 dnů s podmínkami dobrými nebo zlepšenými.



Co klasik dále zjistil

- V oblasti výrazně převládá jihozápadní proudění. Denní typy směru proudění z jihozápadní poloviny horizontu se v chladném ročním období vyskytly průměrně ve 109 dnech, denní typy proudění ze severovýchodní poloviny průměrně ve 40 dnech.
- V úvahu je třeba brát fakt, že mnohem četnější jihozápadní proudění je spojeno s většími rychlostmi proudění, a tedy s lepšími meteorologickými podmínkami rozptylu.

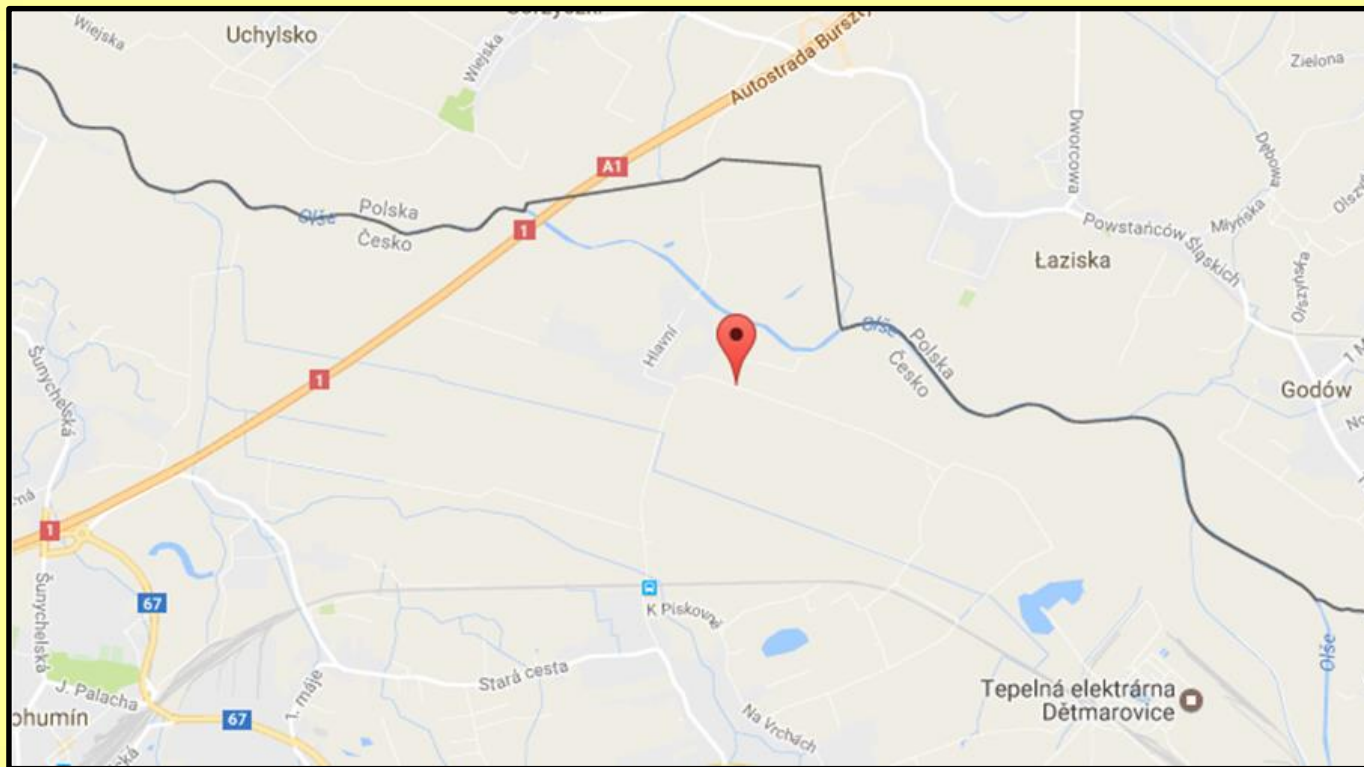


Co je v příspěvku

- Režim transportu znečištění studován v detailnějším časovém a prostorovém měřítku.
- Použita data ze stanice AIM Věřňovice, provozuje ČHMÚ.
- Stanice umístěna v rovinaté venkovské krajině v bezprostřední blízkosti státní hranice s Polskou republikou.
- Jihovýchodně od stanice je lokalizována tepelná elektrárna Dětmarovice



Umístění monitorovací stanice Věřňovice

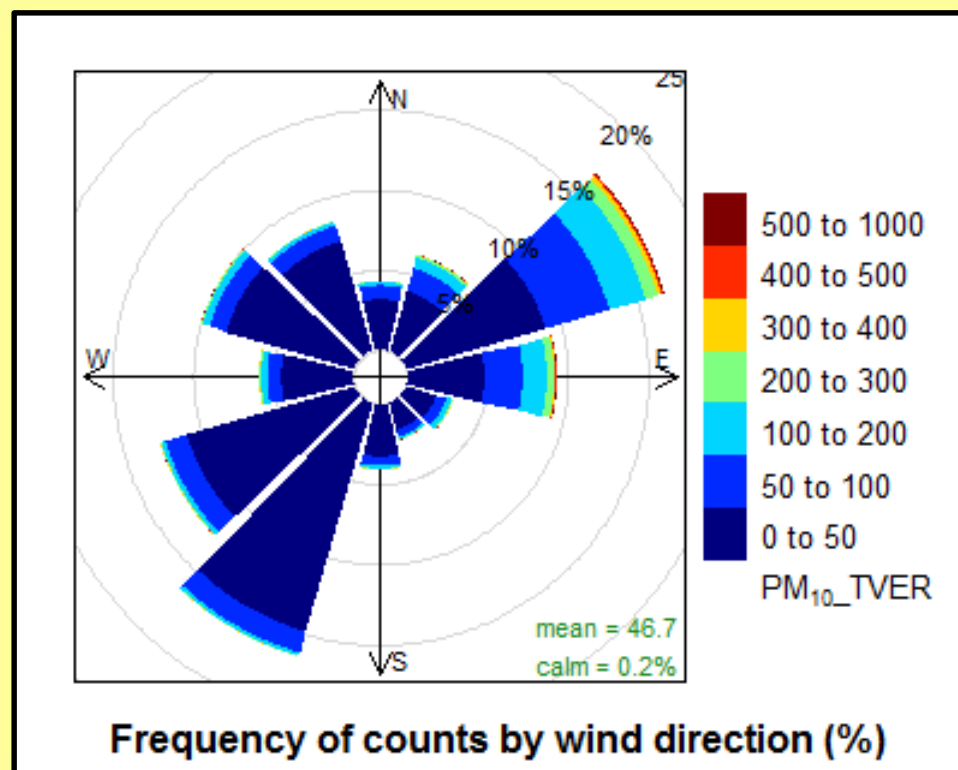


Data a metody

- Hodinové průměry SO_2 , NO_x , PM_{10} a $\text{PM}_{2.5}$
- Doprovodná data směru a rychlosti větru použita pro vyhodnocení režimu transportu a původu koncentrací znečišťujících látek.
- Data pokrývala časové období od 1.10.2011 do 30.9.2017
- Pro zpracování většiny grafických výstupů byl využit software OpenAir (*Carslaw, Ropkins 2012*).

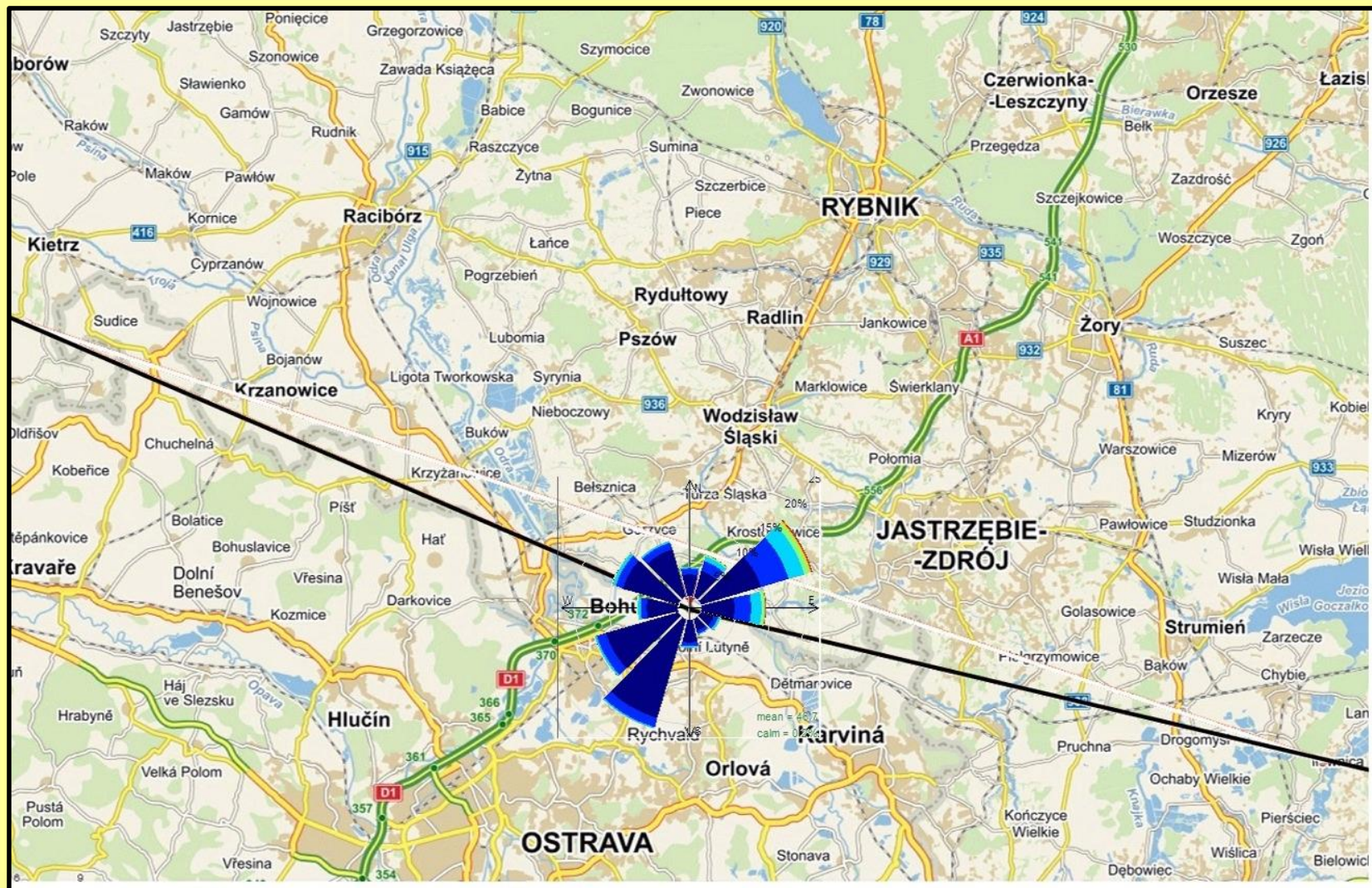


Růžice relativních četností výskytu jednotlivých tříd koncentrace PM10 v sektorech směru větru, Věřňovice

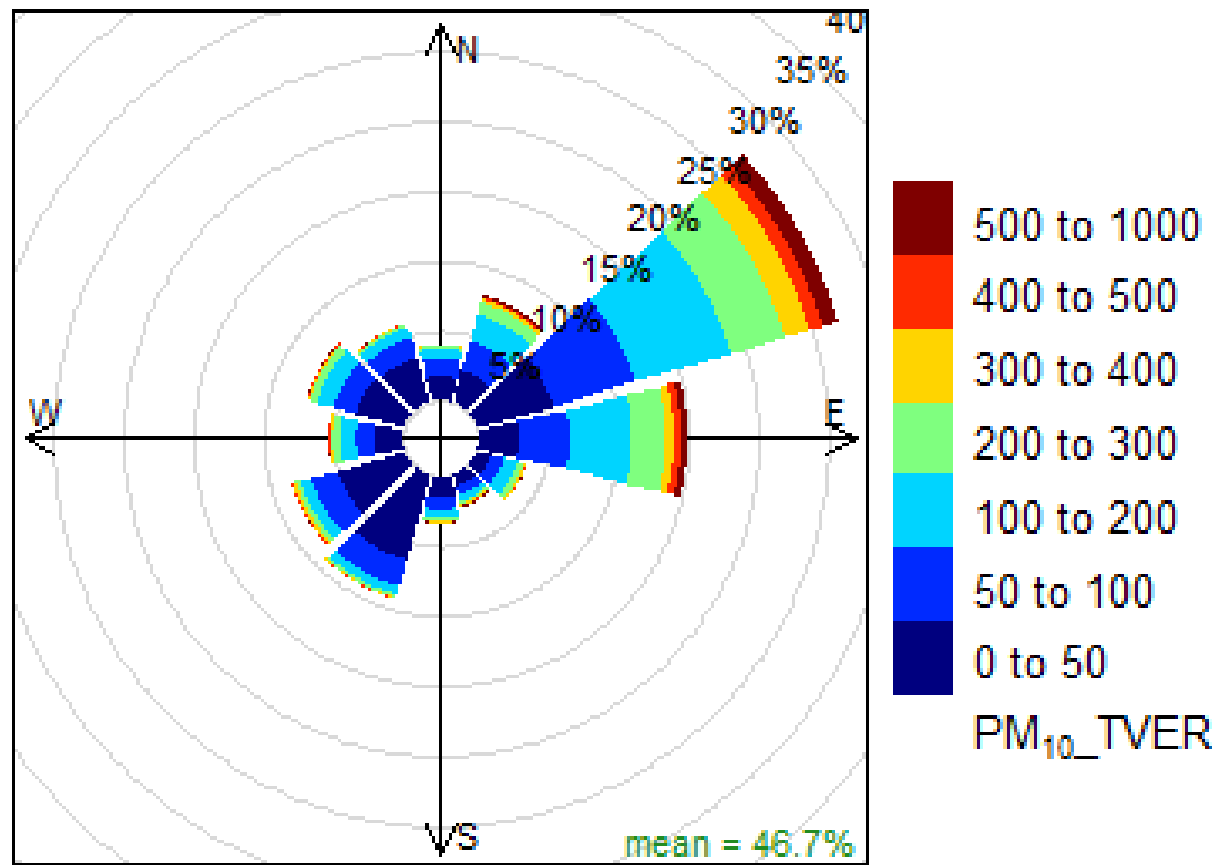


- Nejčastěji se vyskytují SW a NE proudění
- Při proudění z NE podíl výskytu vysokých hodnot koncentrace PM₁₀ zřetelně vyšší.
- Umístění růžice na mapu umožňuje vytipovat zdrojové oblasti v ČR i v sousedním Polsku, z nichž pochází znečištění ovzduší, detekované na stanici Věřňovice

Růžice relativních četností výskytu jednotlivých tříd koncentrace PM_{10} , Věřňovice, zdrojové oblasti

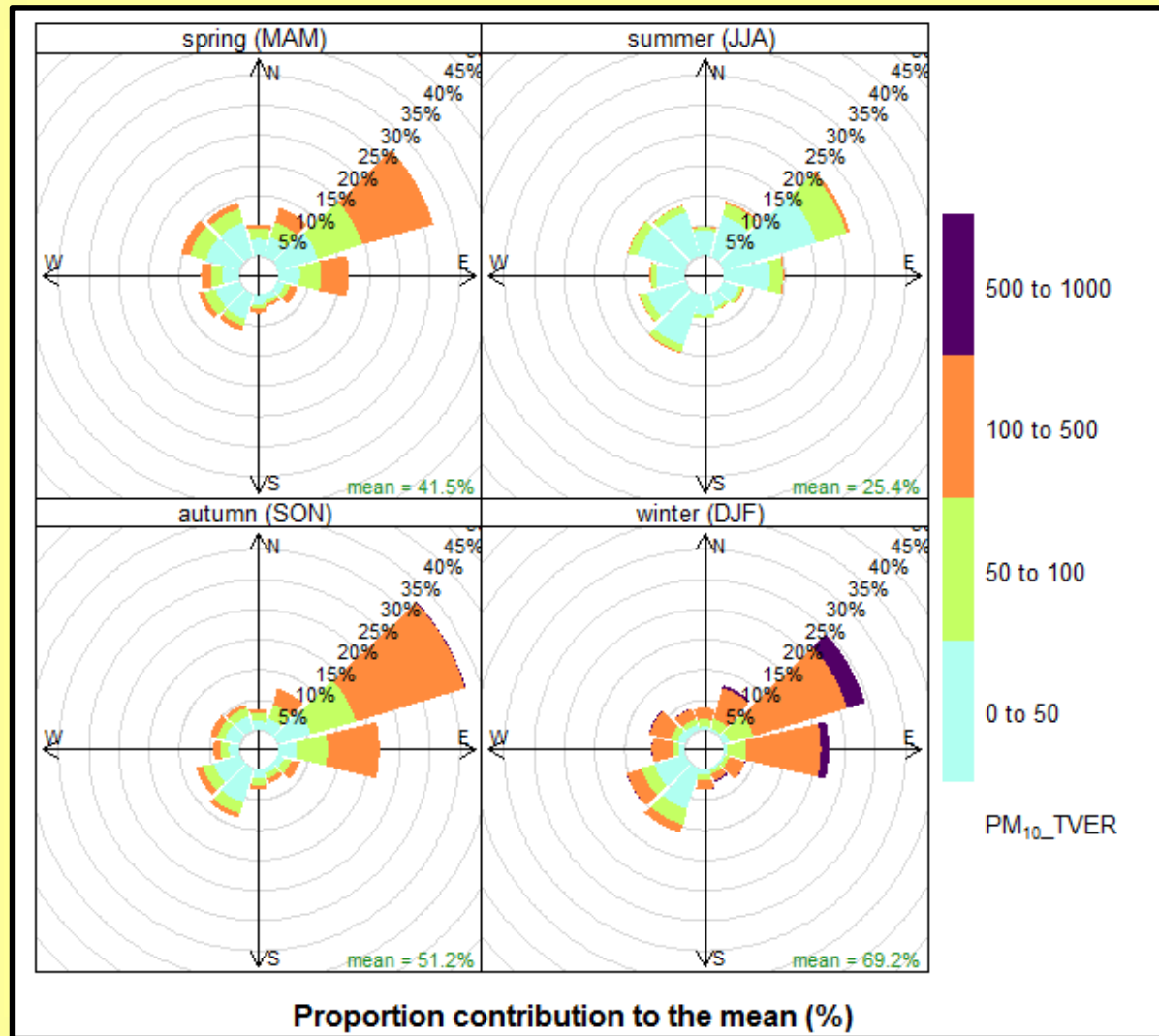


Které oblasti nejvíce přispívají k průměrné koncentraci na stanici Věřňovice- různé příspěvků ke střední hodnotě

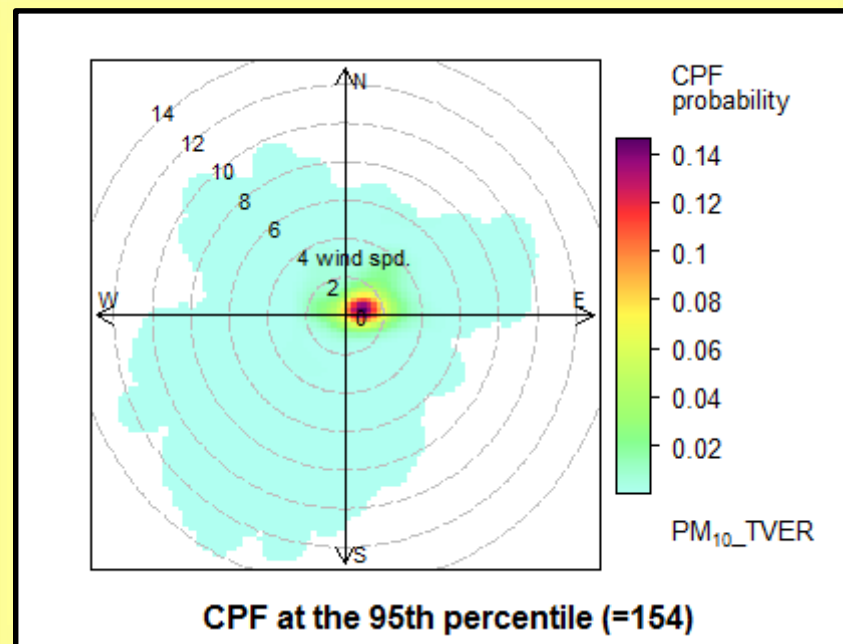
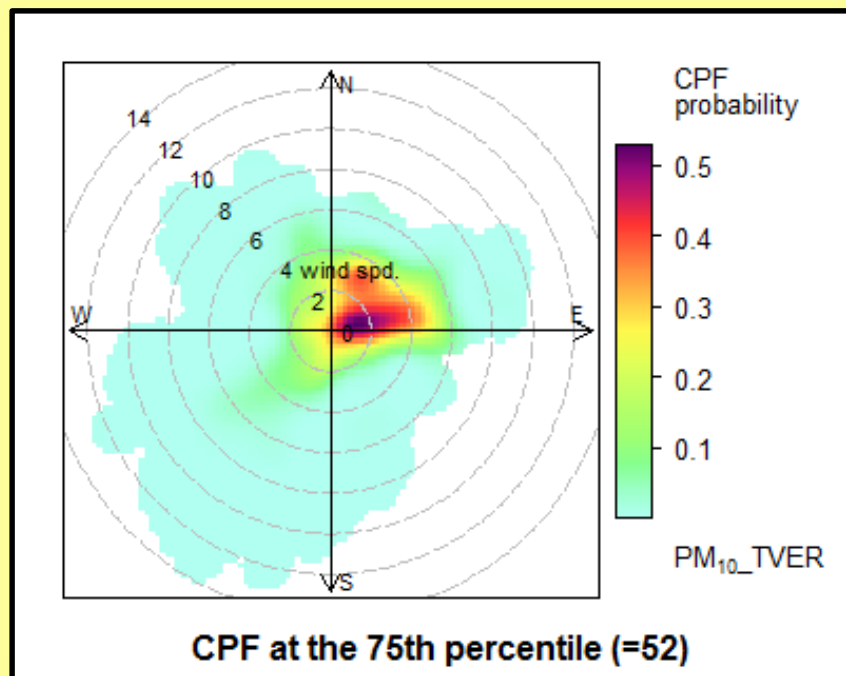


Proportion contribution to the mean (%)

Růžice příspěvků ke střední hodnotě PM_{10} , sezóny



Polární graf relativních četností výskytu překročení percentilu souboru koncentrací PM_{10} pro jednotlivé sektory směru a třídy rychlosti větru

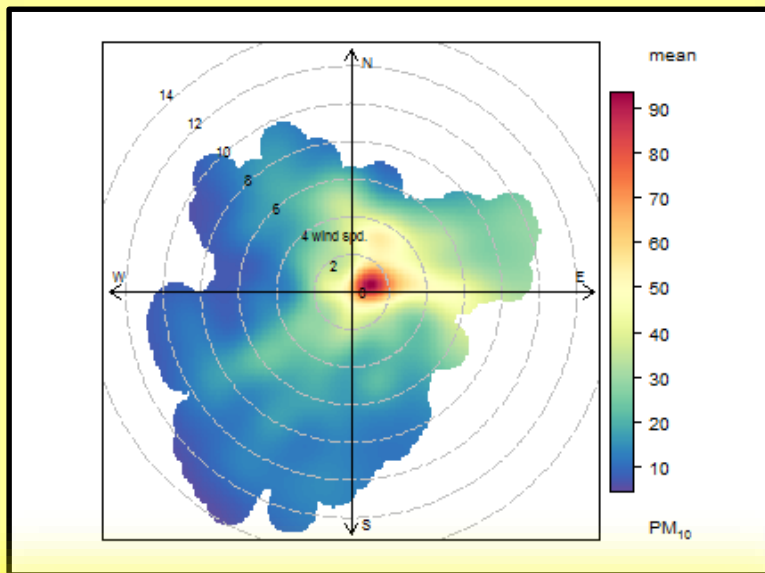


Co z grafů plyne

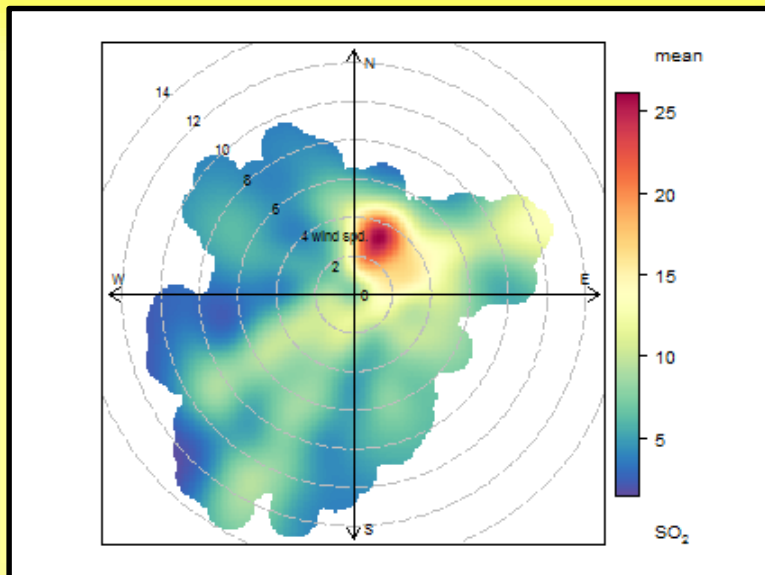
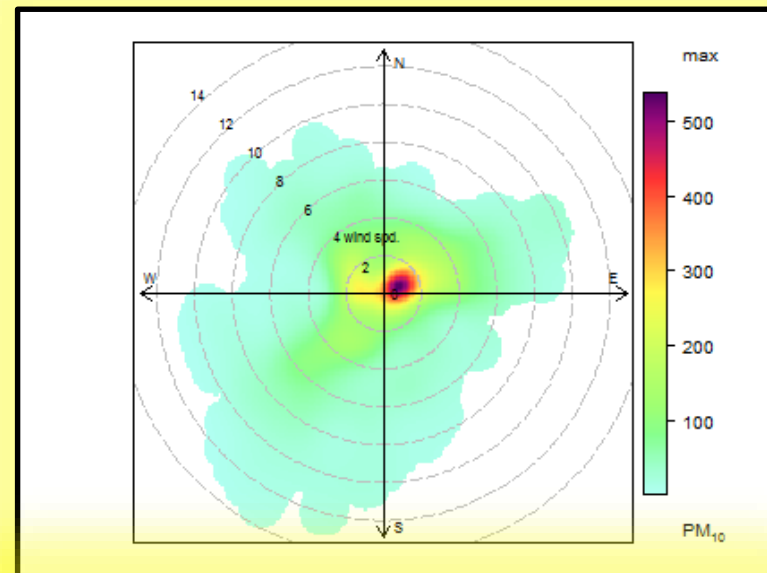
- Nejvyšší četnosti překročení 75.percentilu ($52 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) – nad 50%, se objevují při rychlostech proudění do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a proudění z východního sektoru
- Podobná situace nastává v případě překročení hodnoty 95.percentilu ($154 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) souboru hodinových koncentrací PM_{10} .
- Zcela dominantní je severovýchodní proudění a rychlost do $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$



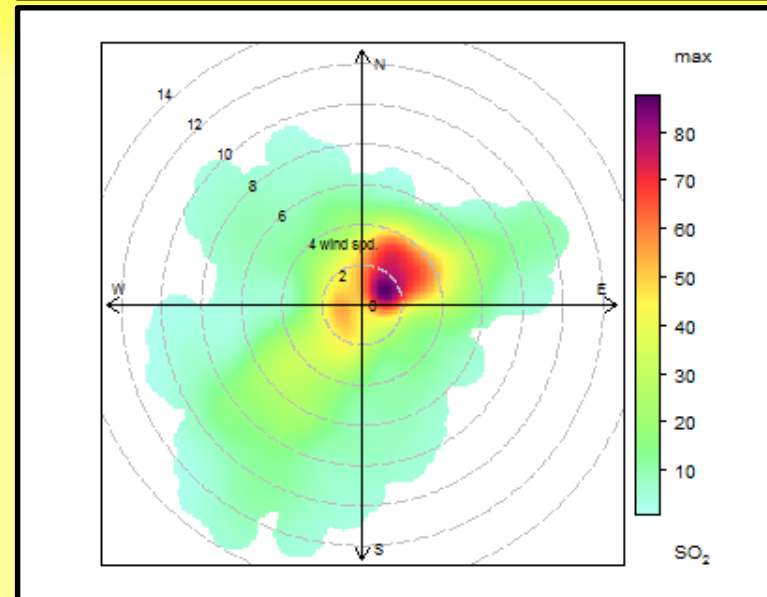
průměr Porovnání PM_{10} a SO_2 maximum



PM_{10}



SO_2

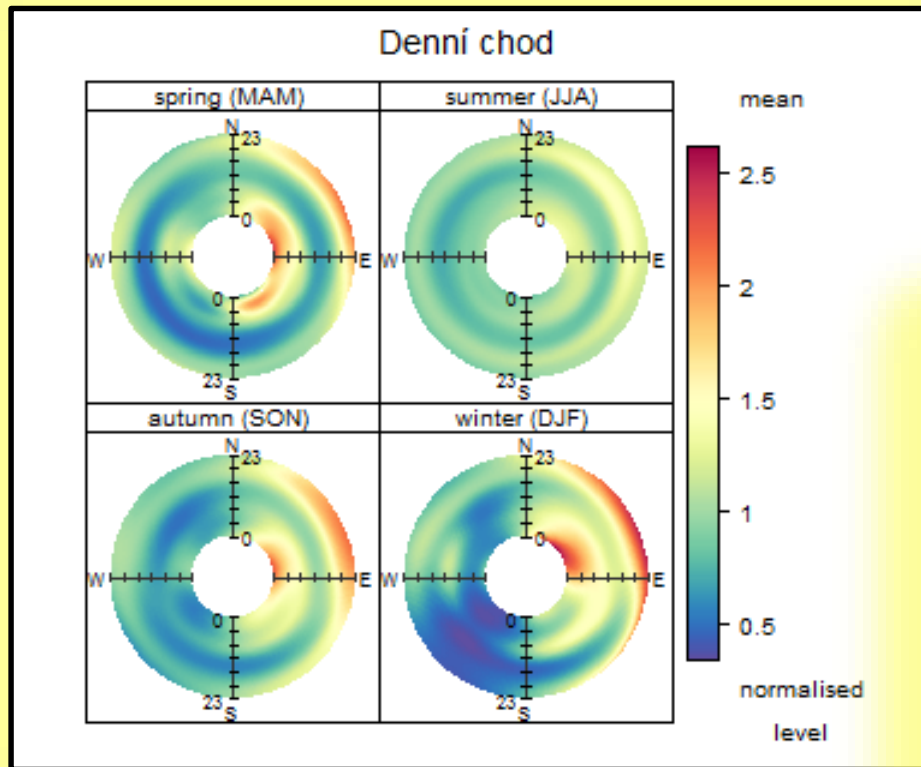


Co z grafů plyne

- Nejvyšší hodnoty průměru i maxim PM_{10} při rychlostech větru do 2 m.s^{-1} a proudění z NE sektoru
- Odpovídá působení nízkých zdrojů
- Nejvyšší hodnoty průměru SO_2 se vyskytují při rychlostech větru mezi 2 a 4 m.s^{-1} a proudění z NE sektoru
- Nejvyšší hodnoty maxim SO_2 se vyskytují při rychlostech větru do 2 m.s^{-1} a proudění z NE sektoru, vysoké hodnoty též pro rychlost mezi 2 a 4 m.s^{-1}
- Ukazuje na kombinované působení nízkých a vysokých zdrojů

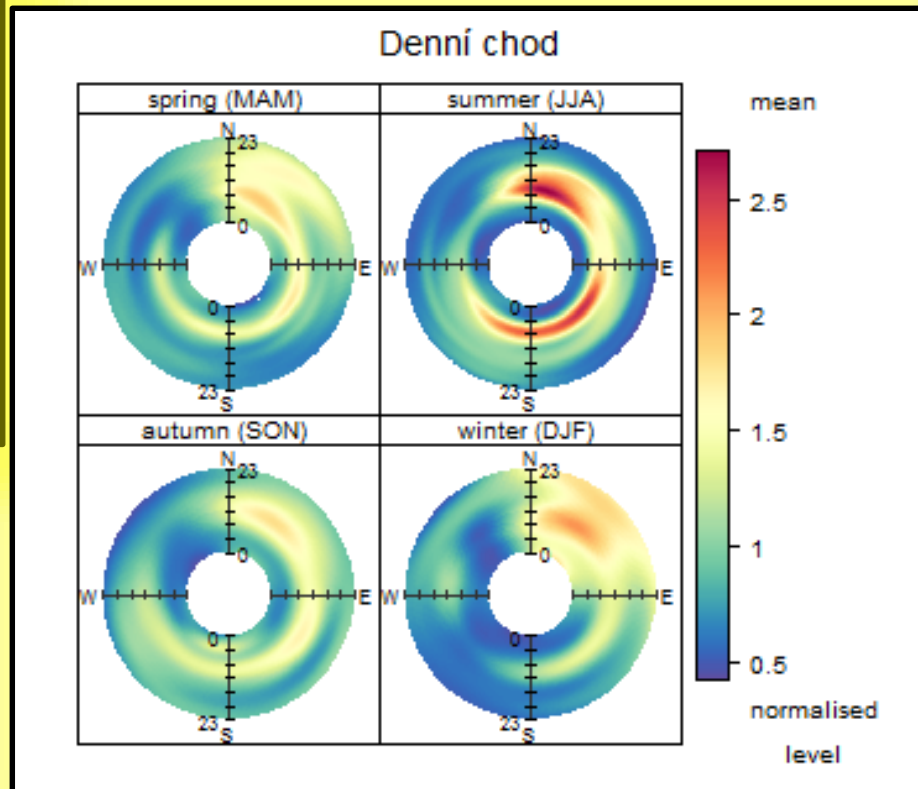


Denní chod středních hodnot PM_{10} a SO_2 , sezóna, normalizováno

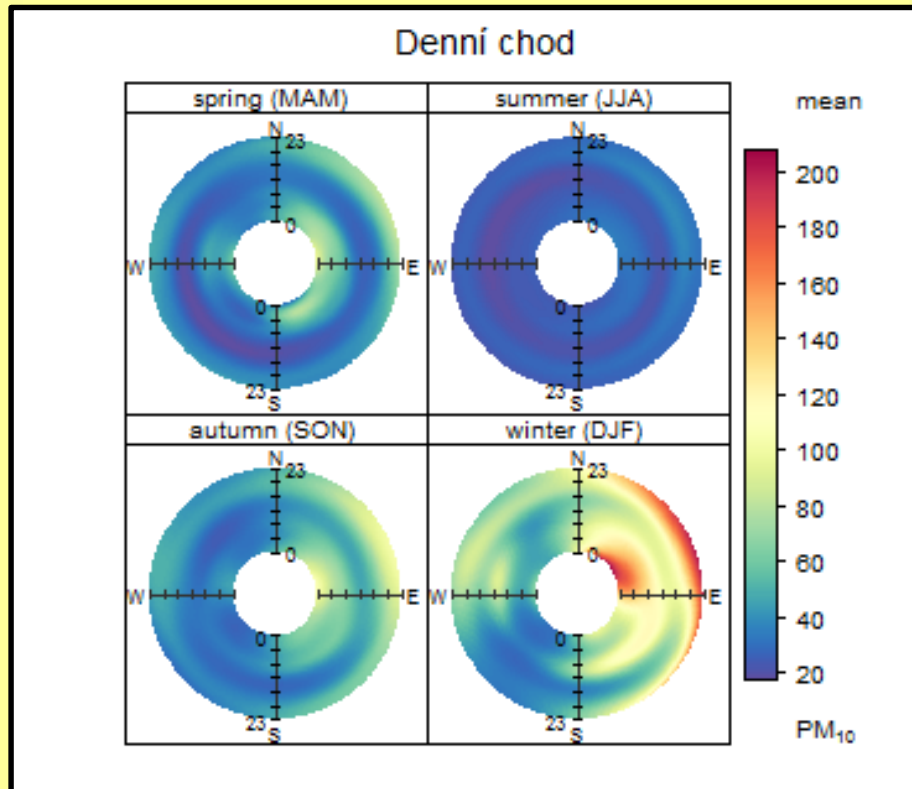


PM_{10}

SO_2

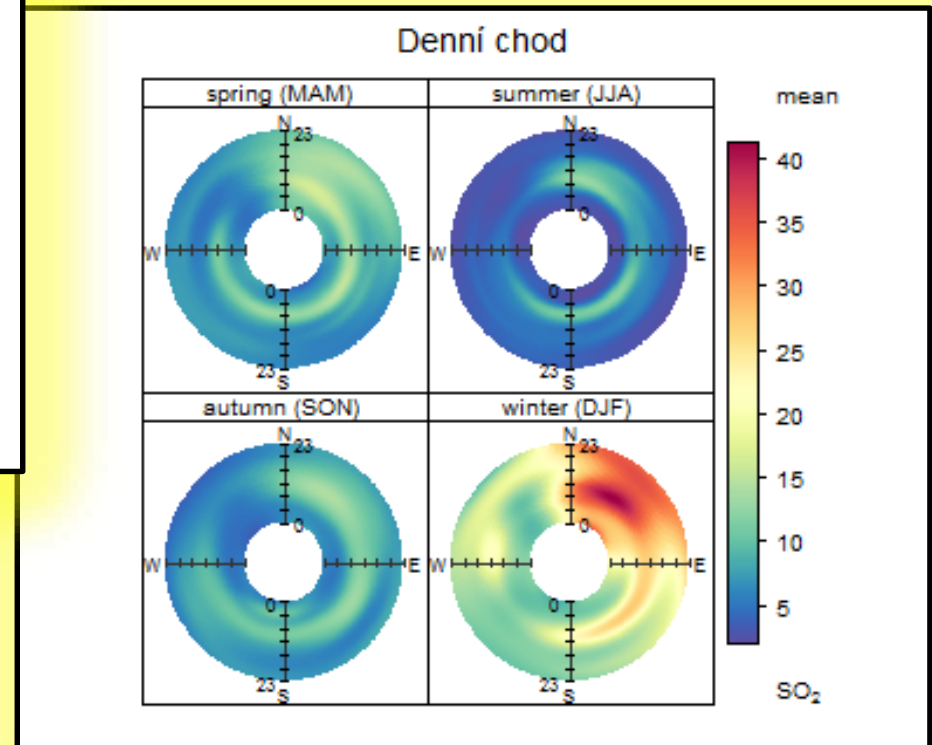


Denní chod středních hodnot PM_{10} a SO_2 , sezóna



PM_{10}

SO_2



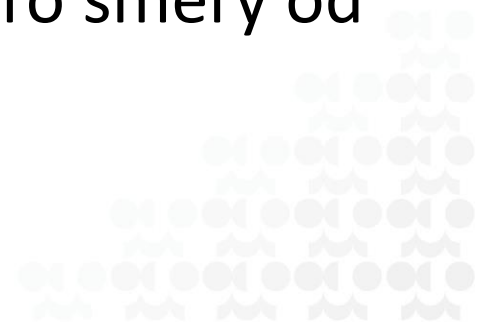
Co z grafů plyne

- Nejvyšší hodnoty PM_{10} v NE sektoru, v topné sezóně, v ranních a večerních hodinách, v poledne minimum
- Odpovídá vlivu domácích topenišť
- V případě SO_2 se maxima objevují celoročně, dopoledne a v poledních hodinách, patrně vliv vysokých zdrojů
- Nejvyšší hodnoty SO_2 v zimě z NE sektoru, projevuje se rovněž sektor SE, kde leží elektrárna Dětmarovice

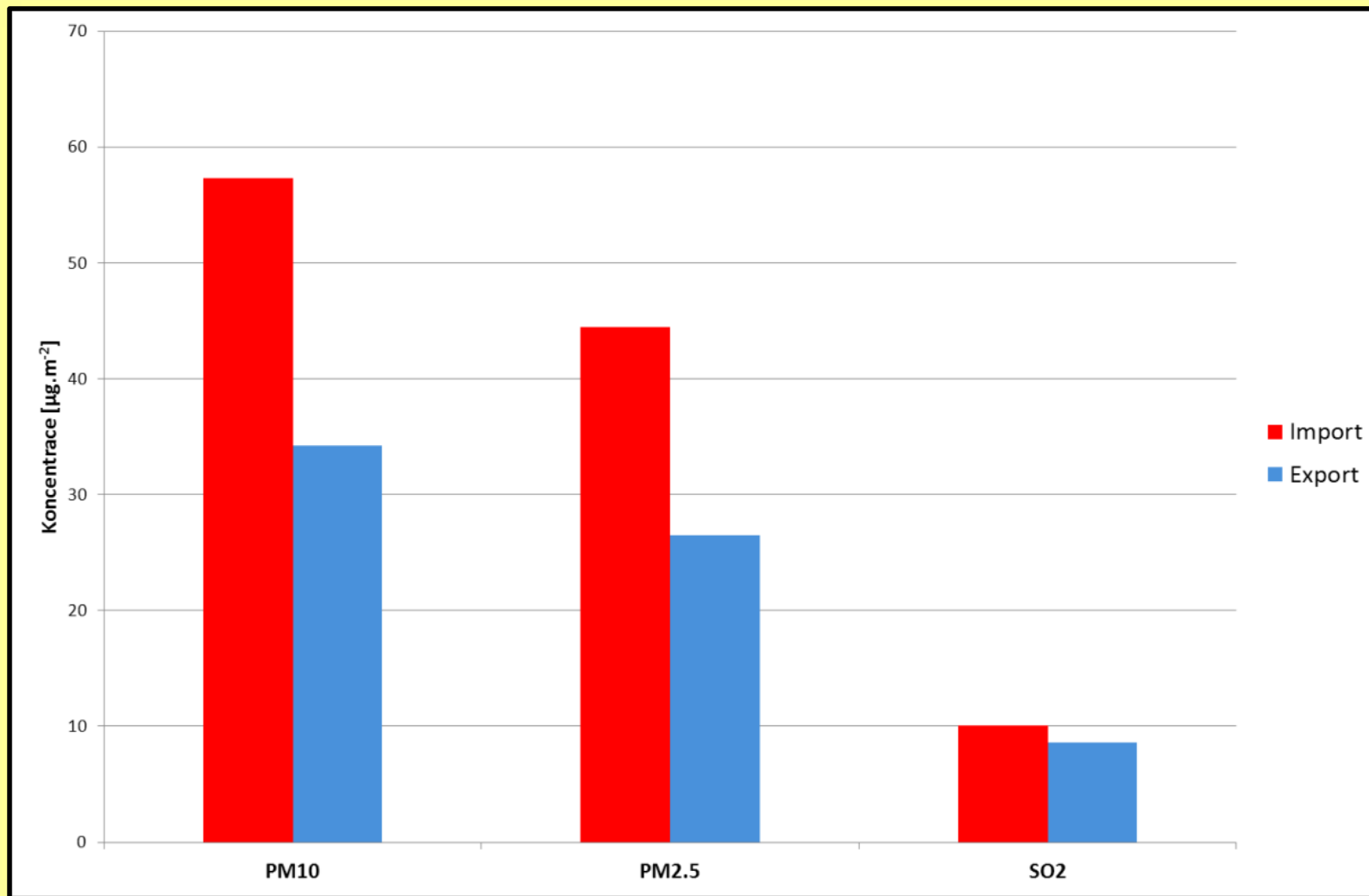


Režim proudění export / import

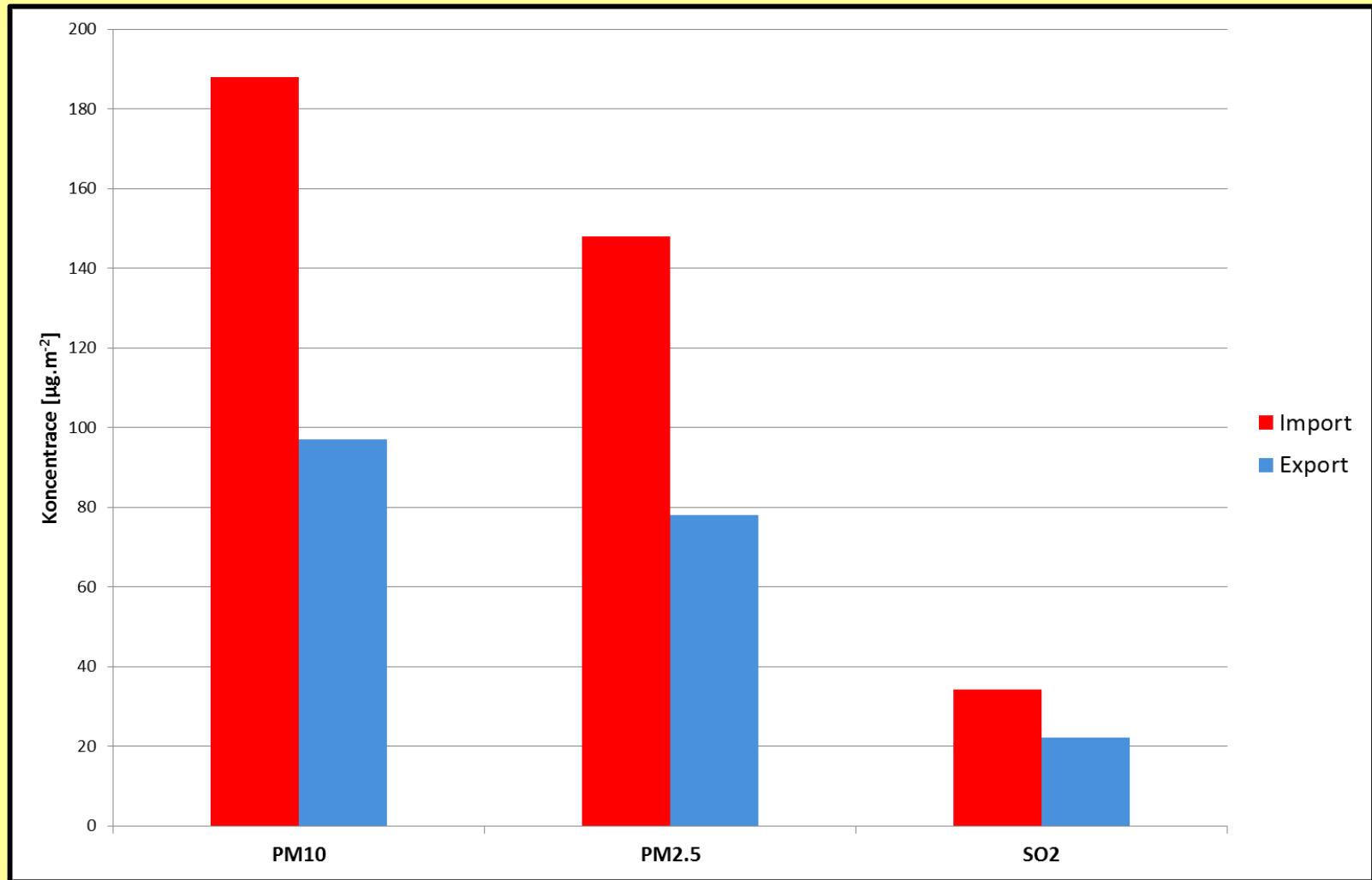
- Výsledky analýz navozují myšlenku definovat exportní a importní režim proudění na stanici Věřňovice a odhadnout bilanci přeshraničního přenosu znečištění látek v okolí této lokality
- Jako hranice pro rozlišení exportních a importních směrů větru byl pro Věřňovice stanoven
- sektor azimutů 109° až 293° pro **export** z území ČR
- sektor azimutů od 293° do 360° a dále pro směry od severu do 109° pro **import** na území ČR



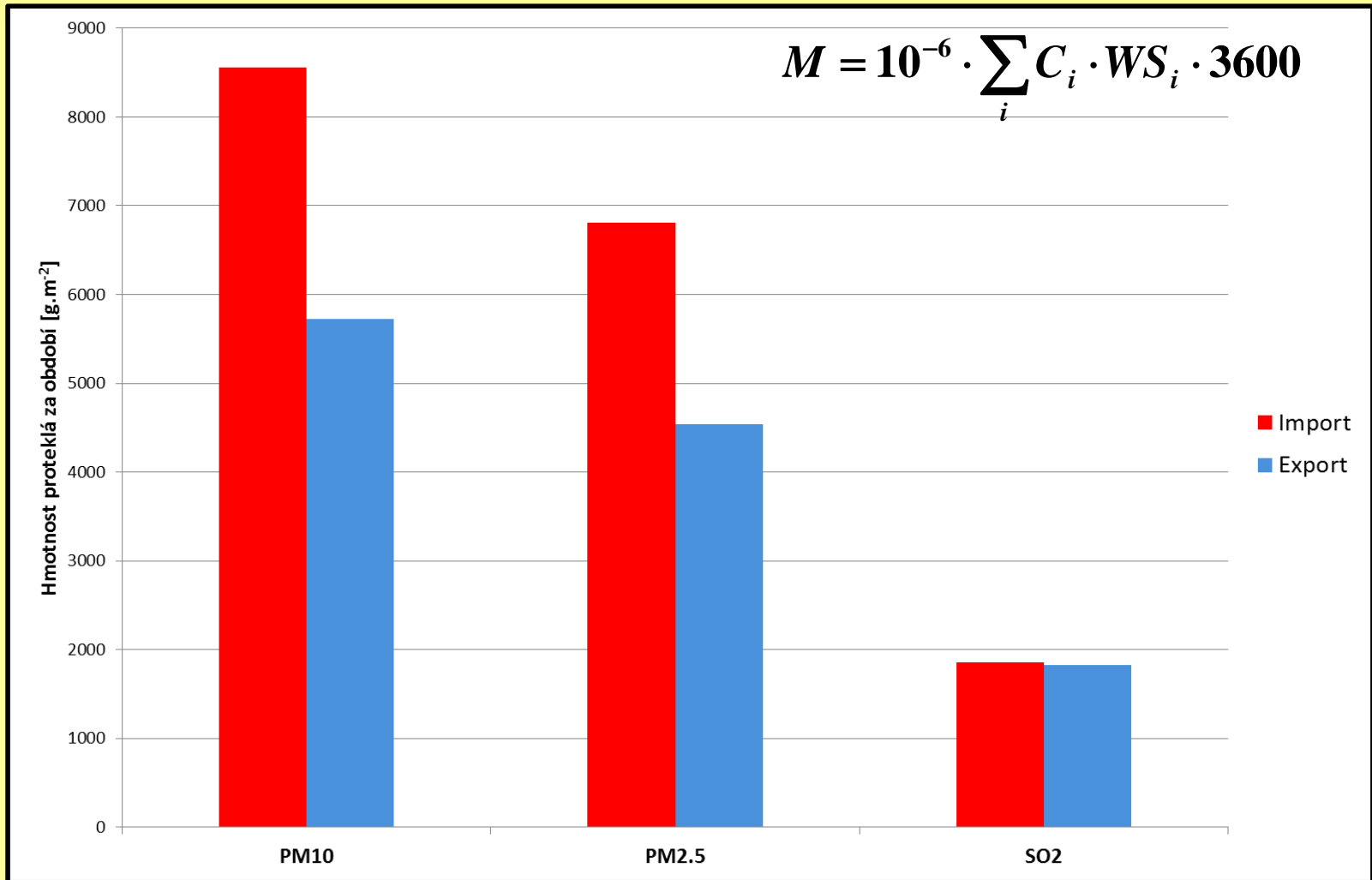
Průměrné koncentrace při exportním a importním režimu proudění (za celé období)



Hodnoty 95.percentilu koncentrace při exportním a importním režimu proudění



Porovnání hmotnosti znečišťujících látek, exportovaných a importovaných přes jednotku plochy na stanici Věřňovice během sledovaného období [g.m⁻²]





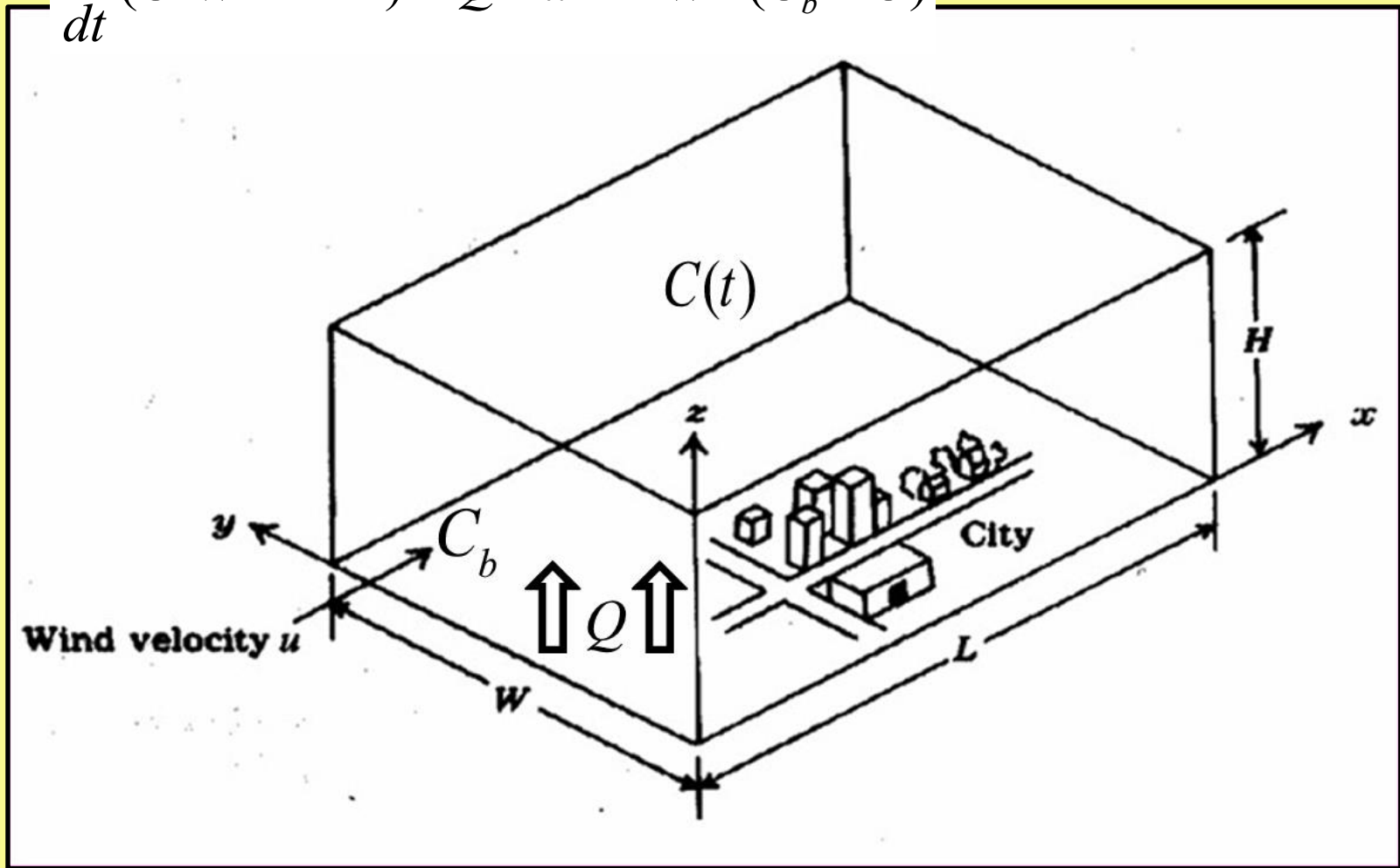
Import od sousedů, zejména v případě PM_{10} ,
je významný

Může to ovlivnit efekt opatření v rámci
SVRS?

Zkusme vliv simulovat jednoduchým modelem

Box-model (Zanetti 1990; Seinfeld & Pandis 2016)

$$\frac{d}{dt}(C \cdot W \cdot L \cdot H) = Q + u \cdot H \cdot W \cdot (C_b - C)$$



Řešení bilanční rovnice

$$\frac{d}{dt}(C \cdot H) = \frac{Q}{W \cdot L} + \frac{u \cdot H}{L} \cdot (C_b - C) = q + \frac{u \cdot H}{L} \cdot (C_b - C)$$

Za předpokladu, že $H = \text{konst.}$

$$\frac{dC}{dt} = \frac{q}{H} + \frac{(C_b - C)}{\tau}$$

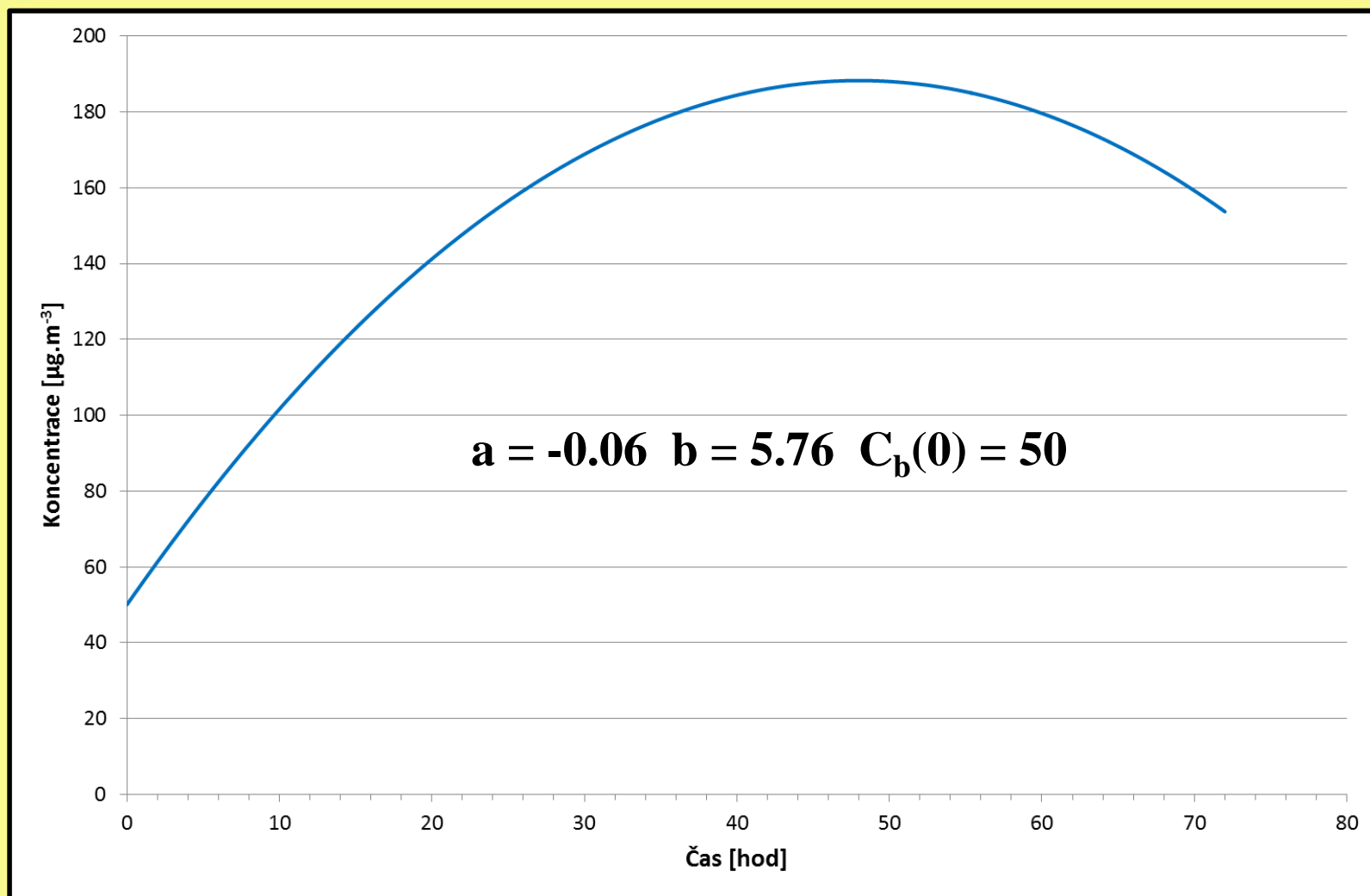
kde q je měrná emise v $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $\tau = \frac{L}{u}$

Předpokládejme $L = 15000 \text{ m}$, $q = 1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$



Předpokládejme kvadratickou závislost C_b na čase

$$C_b(t) = a \cdot t^2 + b \cdot t + C_b(0)$$



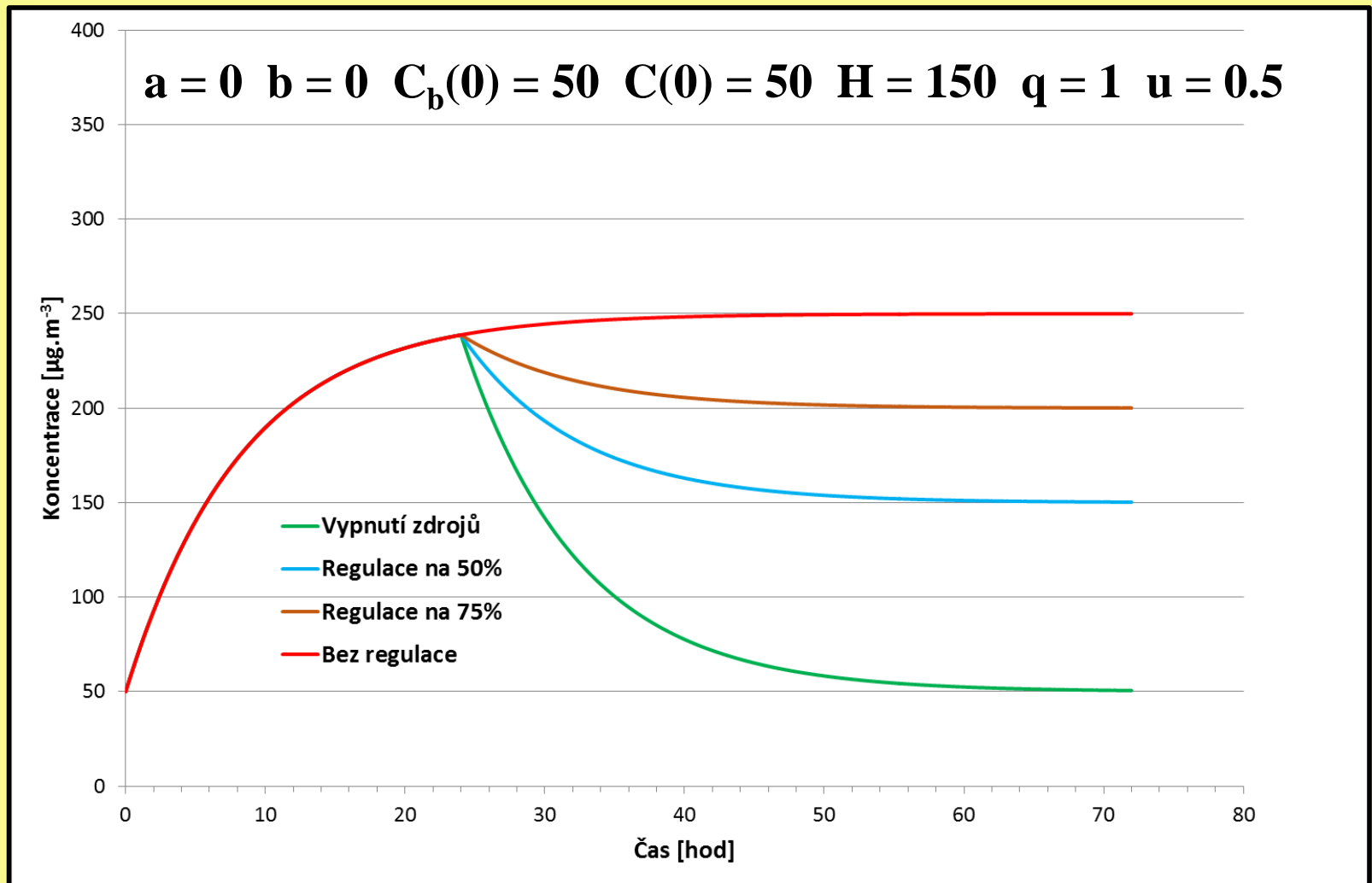
Řešení diferenciální rovnice

$$C(t) = \left[C(0) - \frac{q \cdot \tau}{H} - C_b(0) + \tau \cdot (b - 2 \cdot a \cdot \tau) \right] \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} +$$
$$+ \frac{q \cdot \tau}{H} + a \cdot t^2 + (b - 2 \cdot a \cdot \tau) \cdot (t - \tau) + C_b(0)$$

Umožňuje konstruovat různé scénáře vývoje koncentrace
a regulačních zásahů

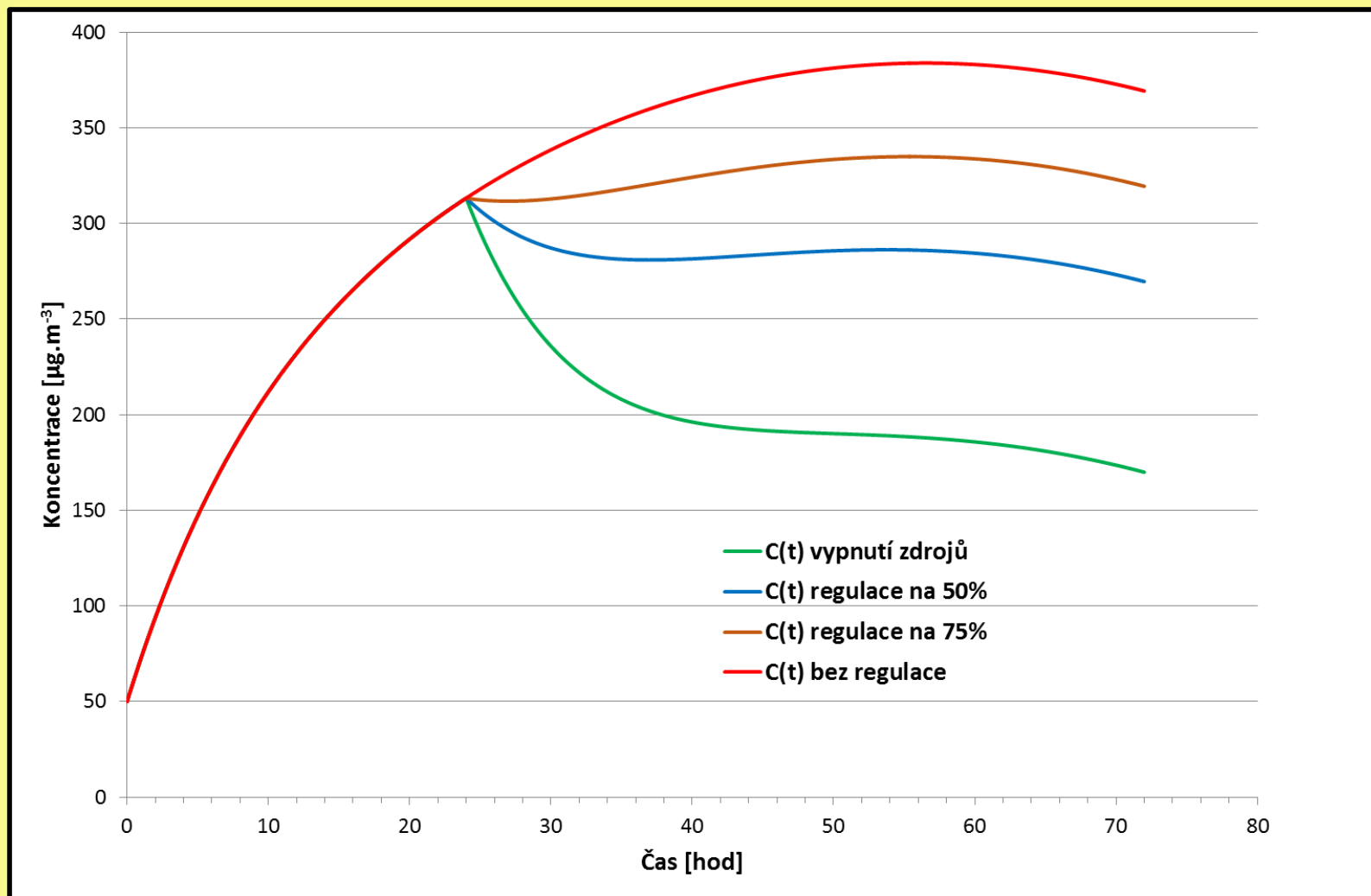


Regulační zásah ve 24. hodině, $C_b = \text{konst.}$



Regulační zásah ve 24. hodině, C_b roste v čase

$a = -0.06$ $b = 5.76$ $C_b(0) = 50$ $C(0) = 50$ $H = 150$ $q = 1$ $u = 0.5$

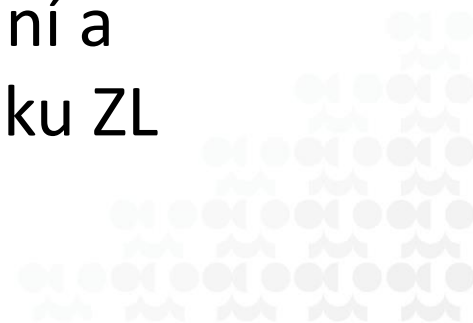


Co plyne ze simulace

- V případě stacionární situace (žádná veličina se v čase nemění), se úroveň znečištění ustálí na určité hladině
- Regulační zásahy (snížení hodnoty q) mohou situaci zlepšit
- Nicméně ani utlumení všech zdrojů ($q = 0$) vzduch zcela nevyčistí, koncentrace se ustálí na hodnotě C_b , importované do „boxu“
- Když importovaná koncentrace roste C_b v čase, je dosažení znatelného efektu regulace obtížné
- Ani naprosté utlumení zdrojů situaci úplně nezlepší, ta je zcela v režii importu přes vstupní stěnu „boxu“ a jeho vyčištění trvá dlouho
- Proces by samozřejmě uspíšilo zlepšení podmínek rozptylu

Co by šlo dělat dál

- Měnit čas regulačního zásahu
- Řešení rovnice pro časově proměnlivou výšku boxu H
- Řešení rovnice pro jiné tvary časové závislosti importované koncentrace
- Řešení rovnice pro skokovou změnu rychlosti větru
- Sledovat reálné změny H pomocí ceilometru ve Věřňovicích za inverzních situací
- Pomocí měření za pohybu zjistit vertikální a horizontální rozložení přeshraničního toku ZL



Závěrečné prohlášení

Zjištěné výsledky naznačují, že efekt regulací je limitován vnějšími příčinami, které očekávaný přínos regulačních opatření mohou snižovat nebo zcela potlačit

Nikterak nepopírají opodstatněnost provozu SVRS a aplikaci regulačních opatření

Dávají odpověď na otázku, proč i při použití masivních regulací nedojde k veřejností požadovanému poklesu úrovně znečištění

Naznačují směr, na který by bylo možné se soustředit při hledání možností, jak situaci zlepšit