

Vliv emisí z měst ve střední Evropě na atmosférickou chemii a klima

Peter Huszár, Tomáš Halenka, Michal Belda

*Matematicko-fyzikální fakulta UK v Praze
Katedra fyziky atmosféry*

Výroční seminář ČMeS
21-23. září, 2015, Žermanická přehrada u Ostravy

Pomocí numerických modelů fyziky a chemie kvalifikovat a kvantifikovat nejdůležitější aspekty interakce:

městské prostředí \leftrightarrow klima \leftrightarrow čistota ovzduší

UCCh interakce (Urban–Climate–Chemistry)



Atmosféra

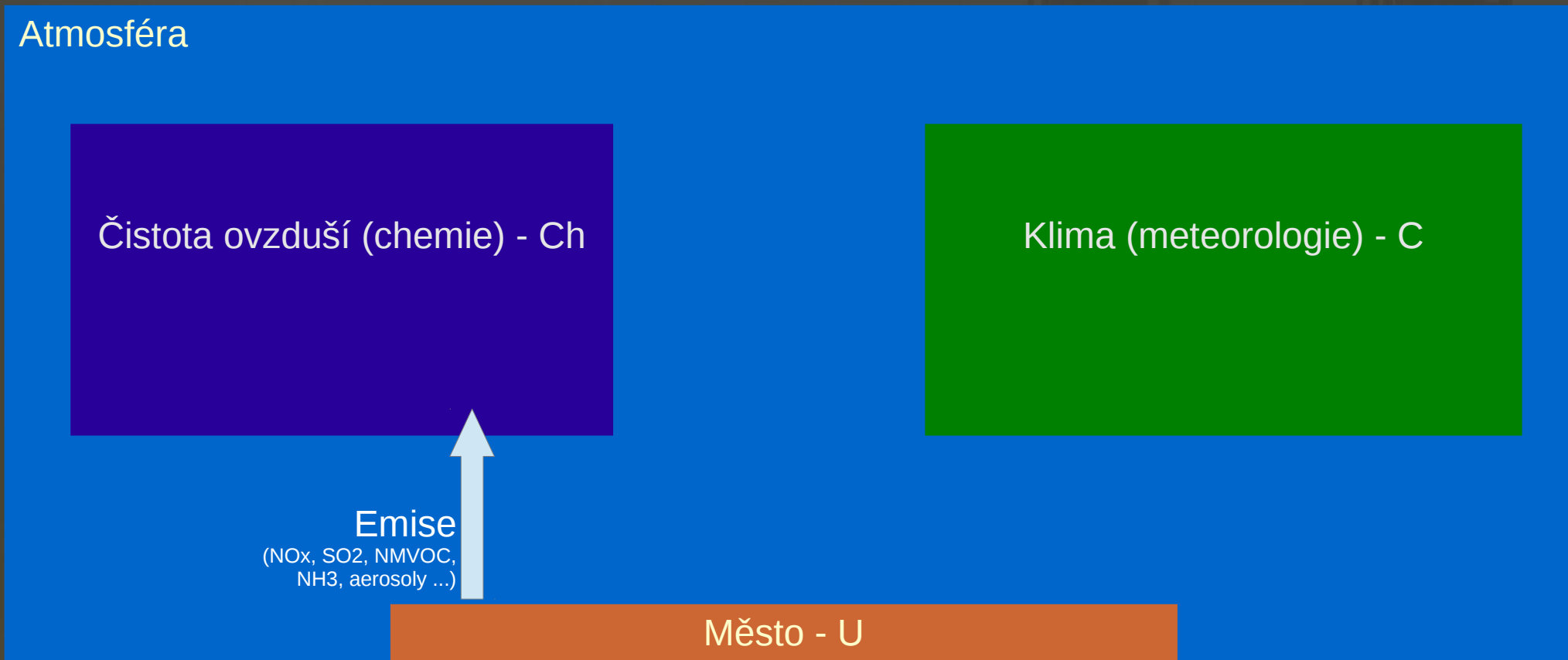
Město - U

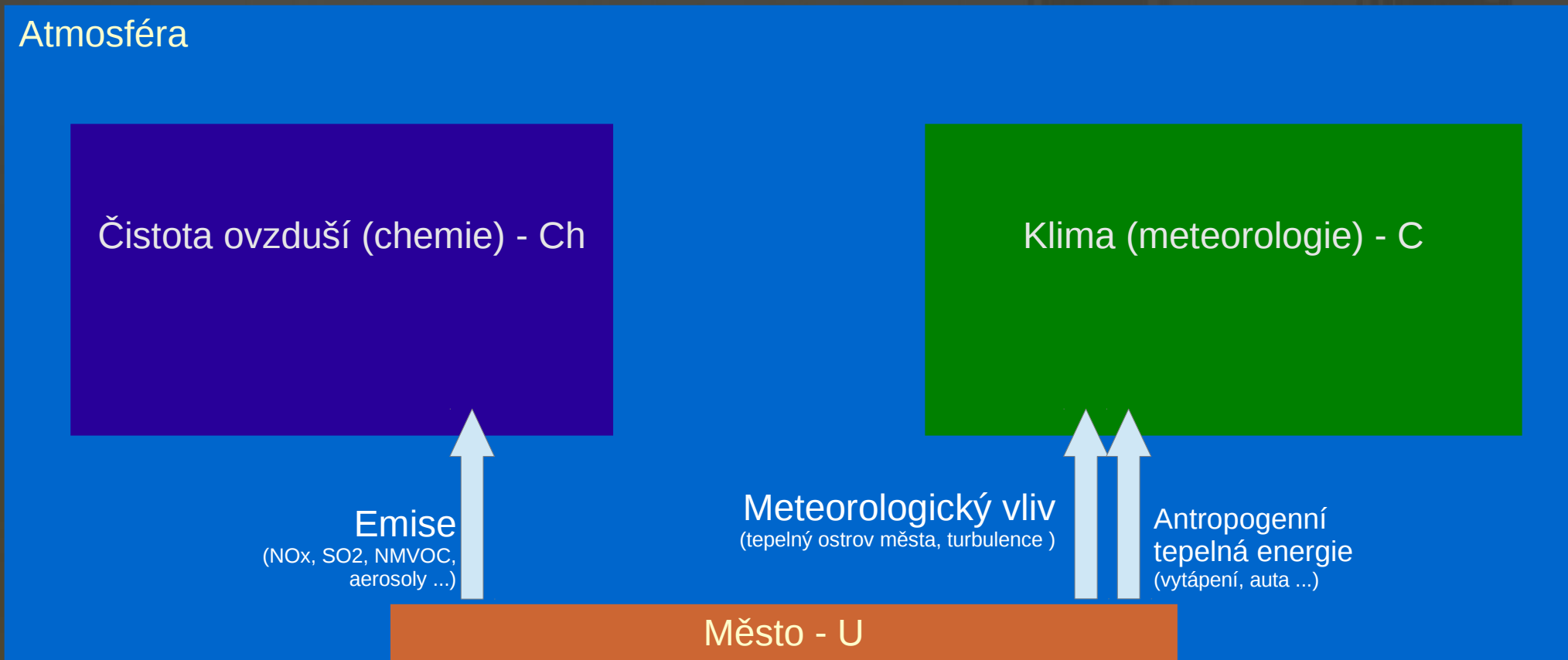
Atmosféra

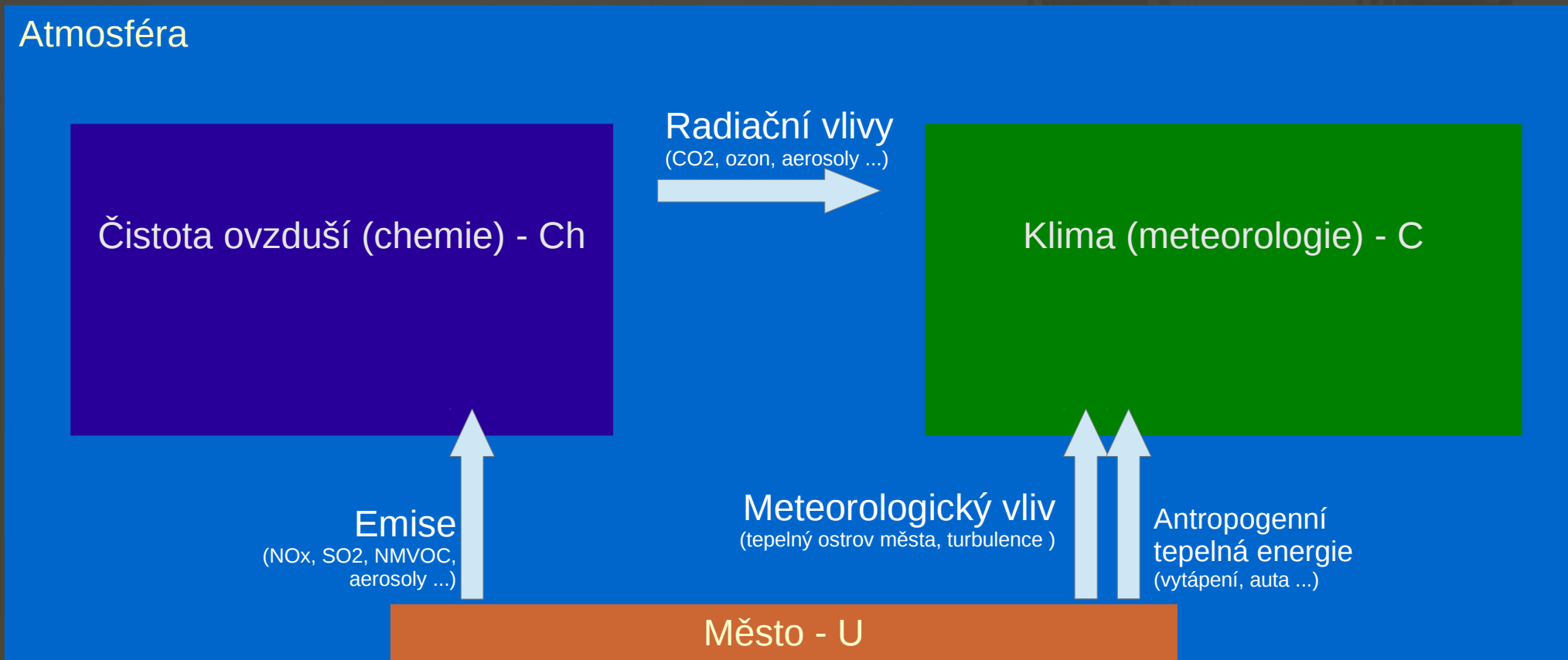
Čistota ovzduší (chemie) - Ch

Klima (meteorologie) - C

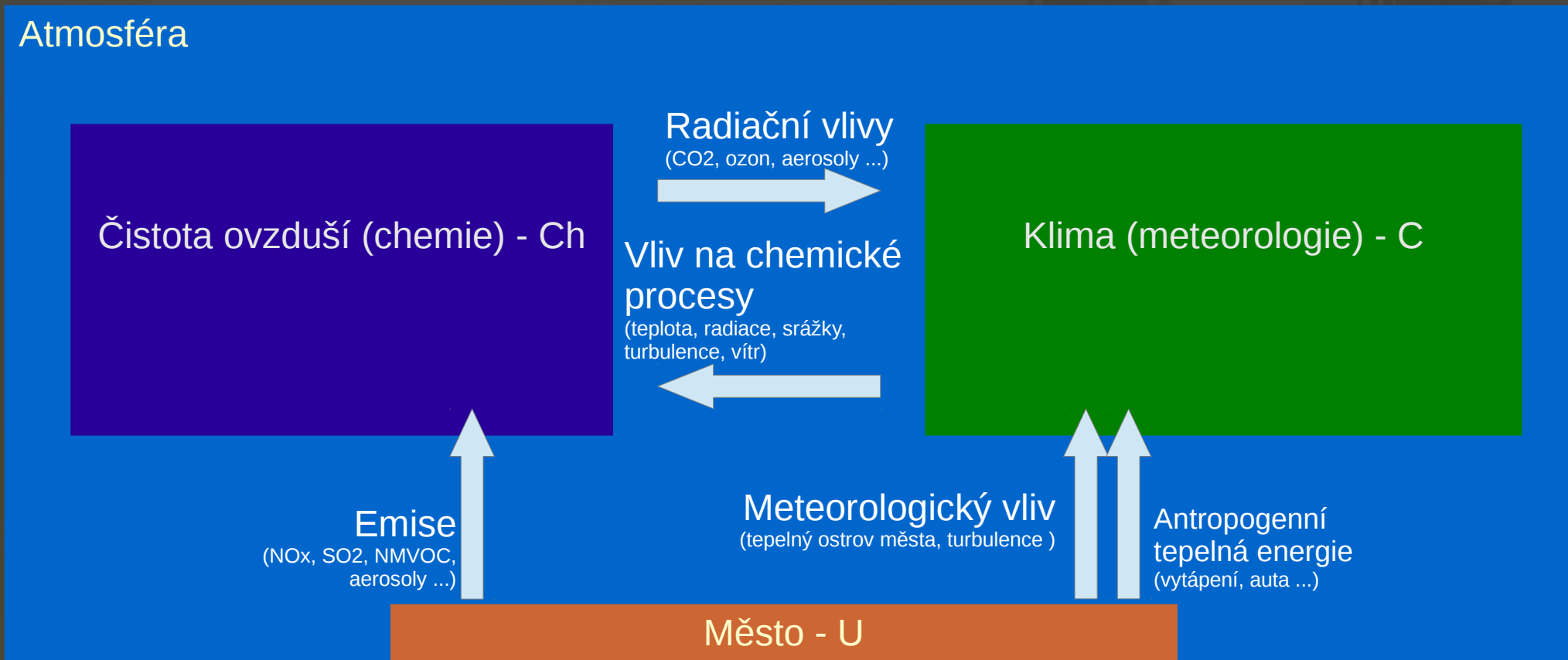
Město - U

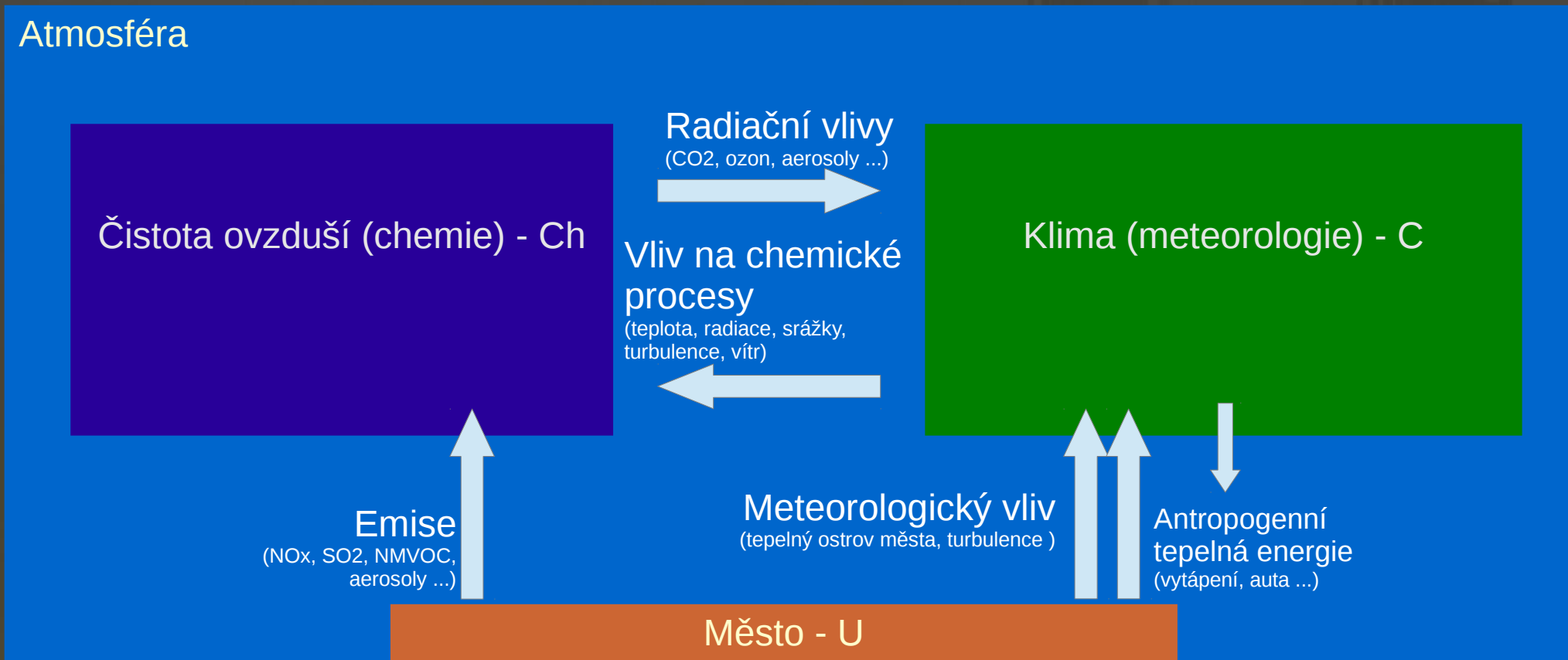




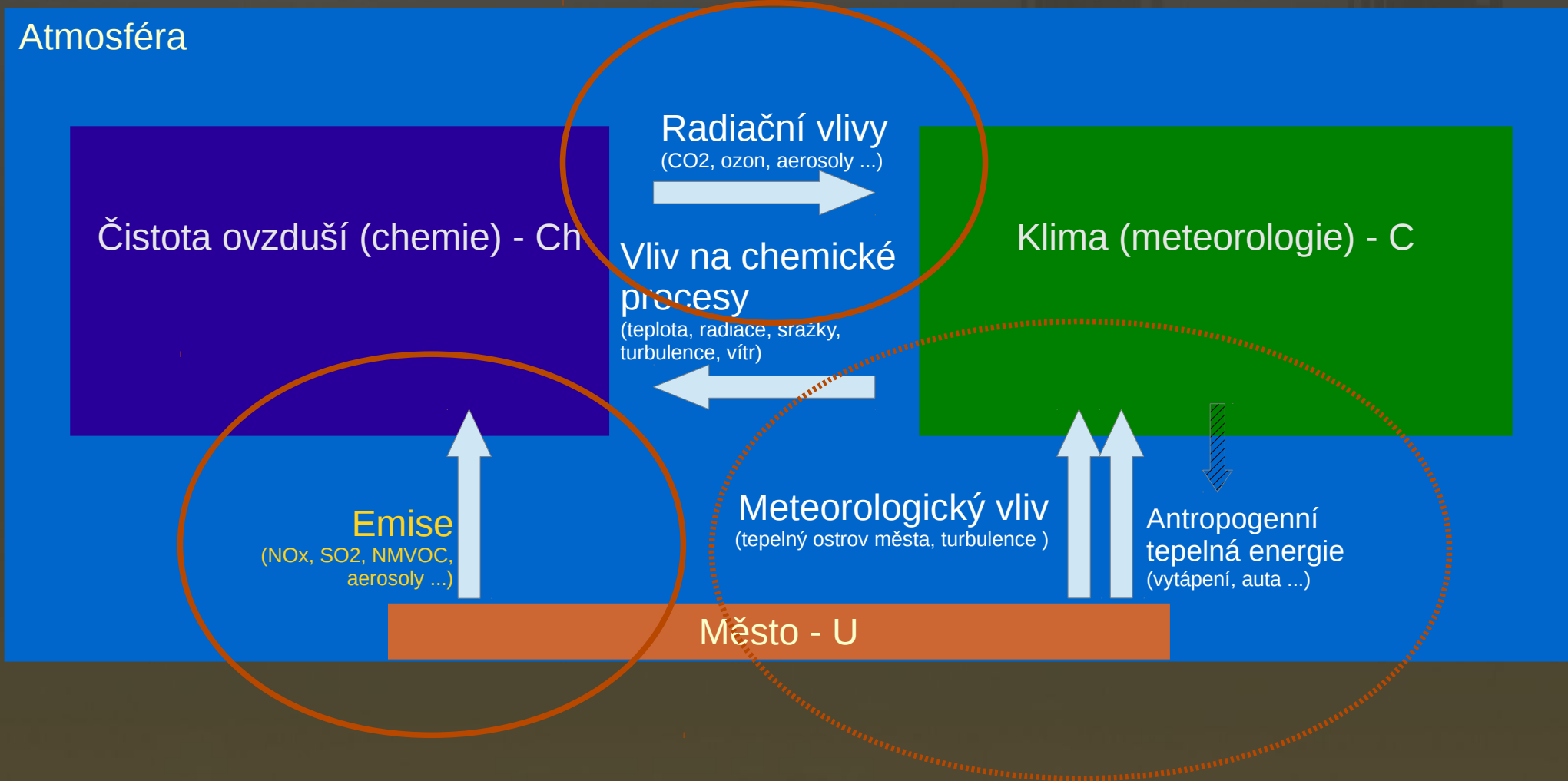


Interakce UCCh





Interakce UCCh

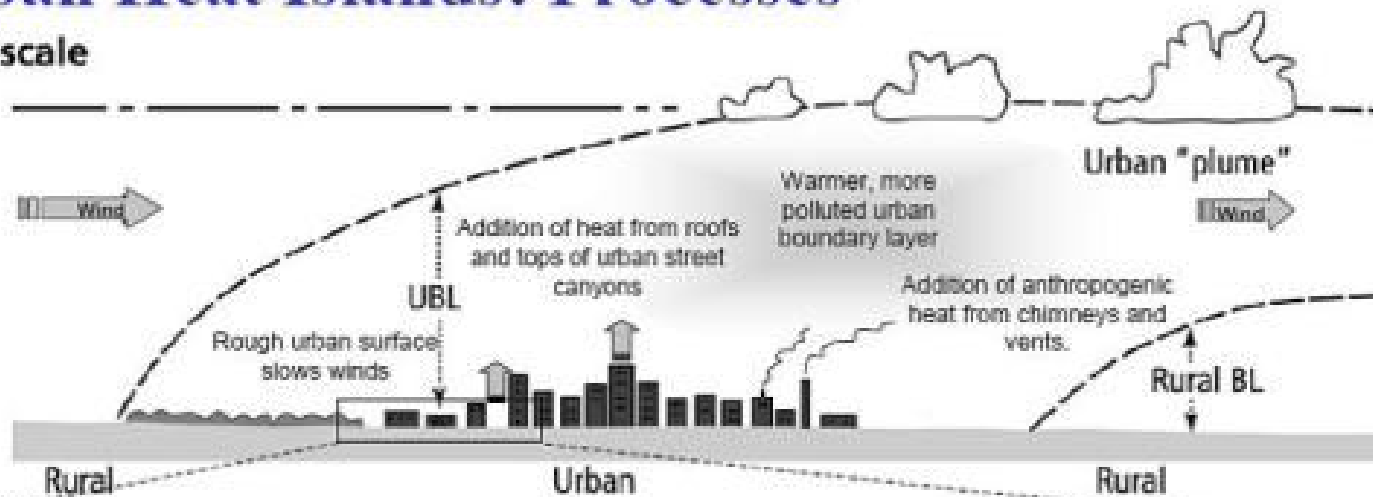


Vliv městské zástavby na regionální klima

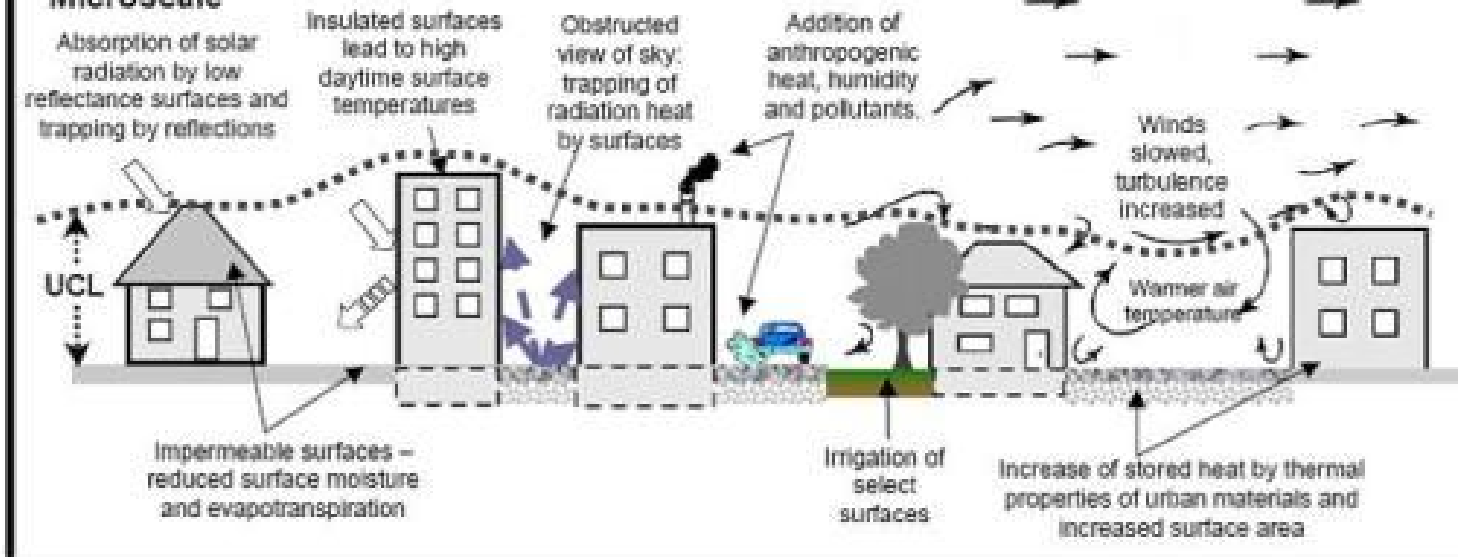
Atmosferické procesy v městské zástavbě

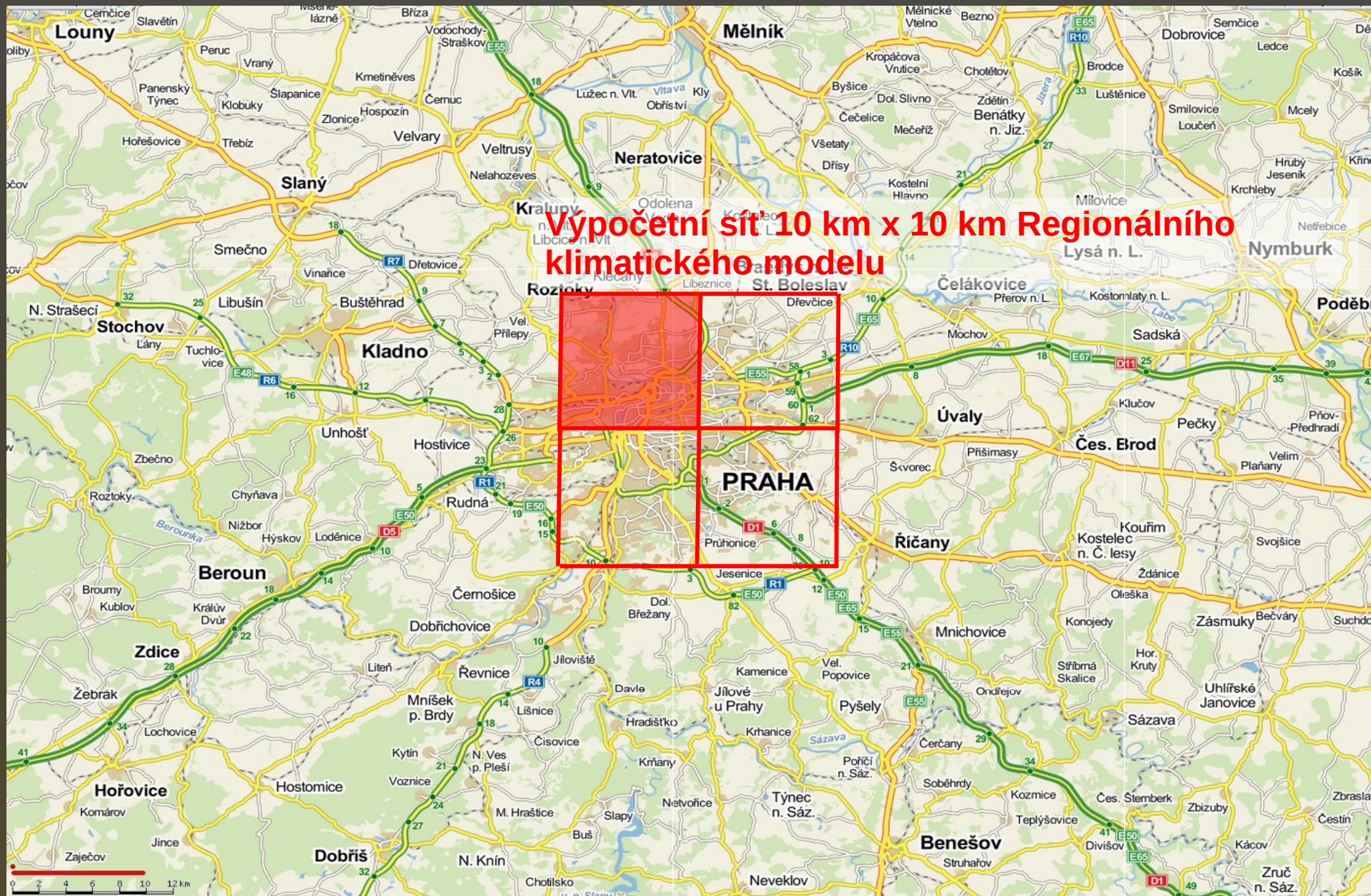
Urban Heat Islands: Processes

Mesoscale



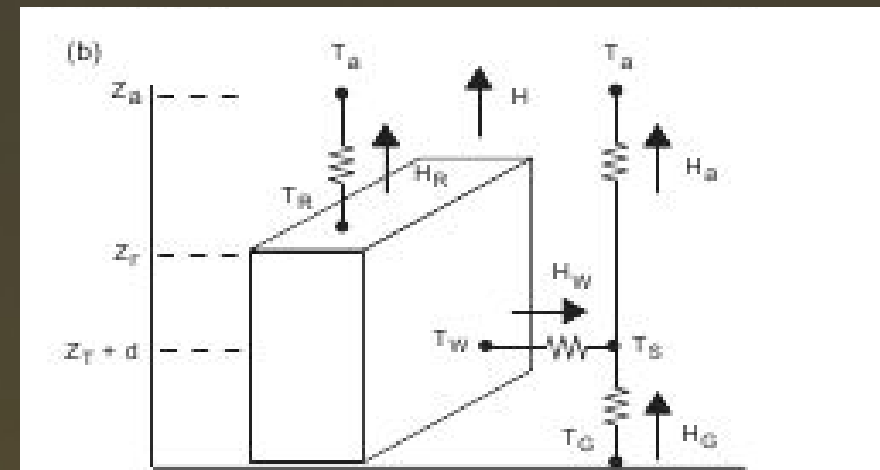
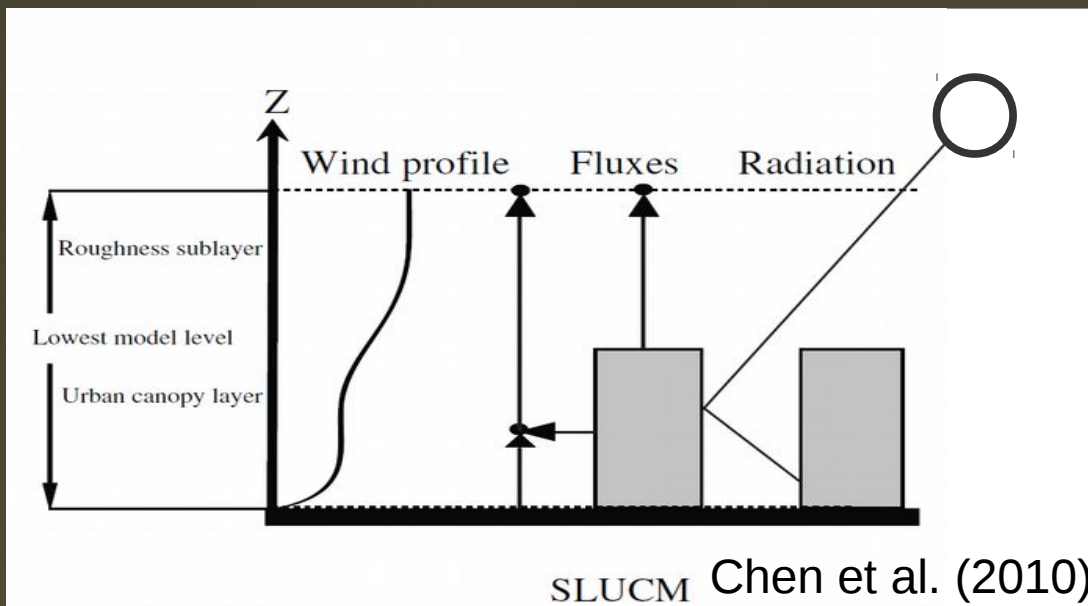
Microscale





SLUCM (Single-Layer urban Canopy Model) – jednovrstvový model městského povrchu (Kusaka et al. (2001), Chen et al. (2010))

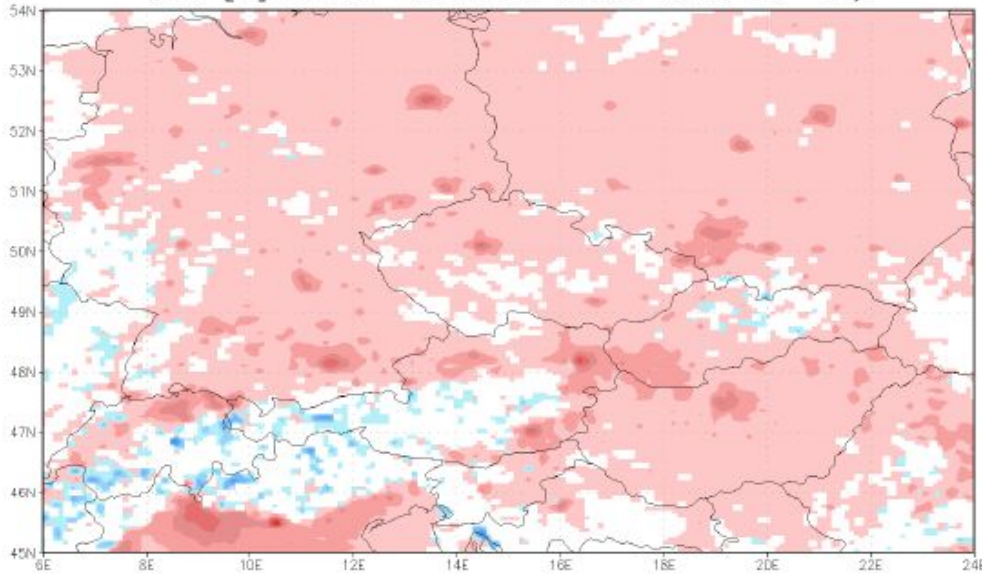
- Uvažuje uliční kanály a budovy
- Toky tepla a záření mezi vzduchem v uličním kanálu a okolními budovami
- “Uváznutí” záření v uličním kanálu – Trapping of radiation
- Neuvažuje vertikální změnu veličin v uličním kanálu
- Výpočetně nenáročný proto vhodný pro dlouhé klimatické simulace
- **Zahrnutí do regionálního klimatického modelu RegCM4**



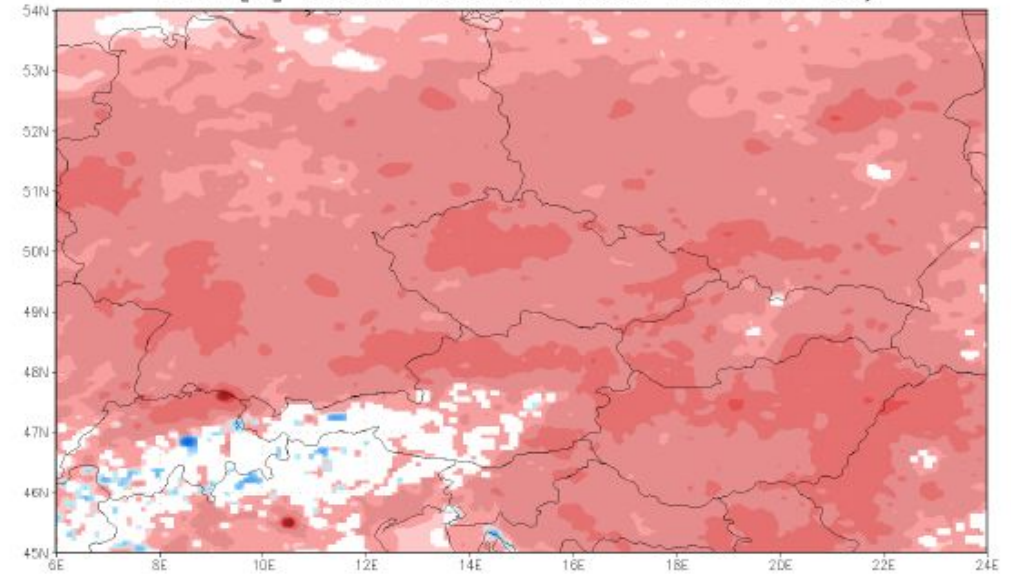
Kusaka and Kimura (2004)

Teplota ve 2 m

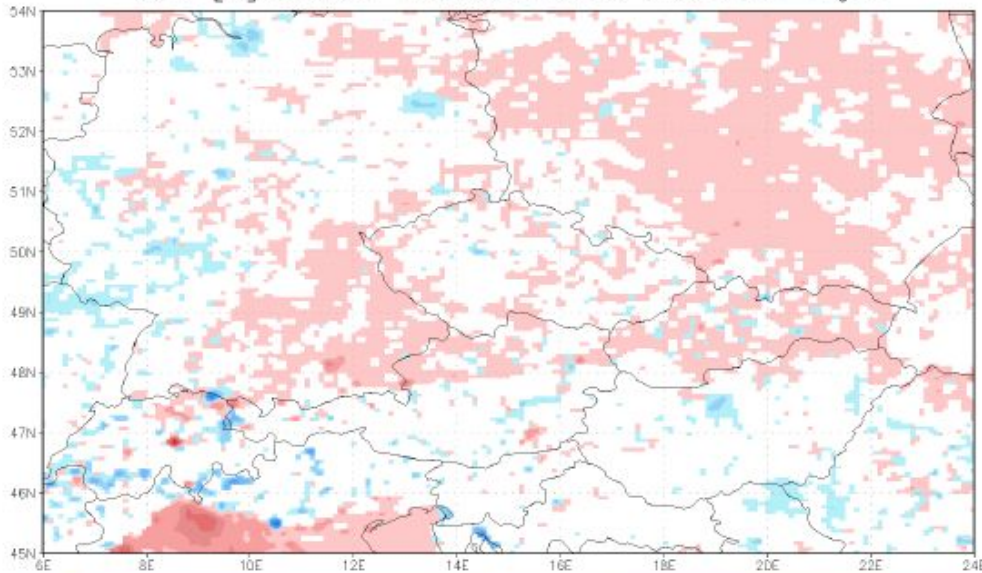
t2m [K] SLUCM-NOURBAN 2005-2009 DJF day



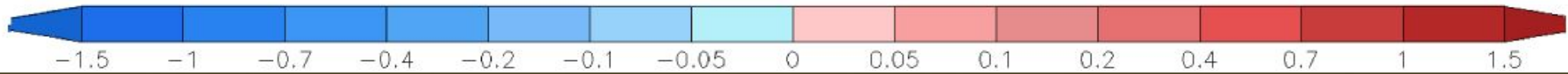
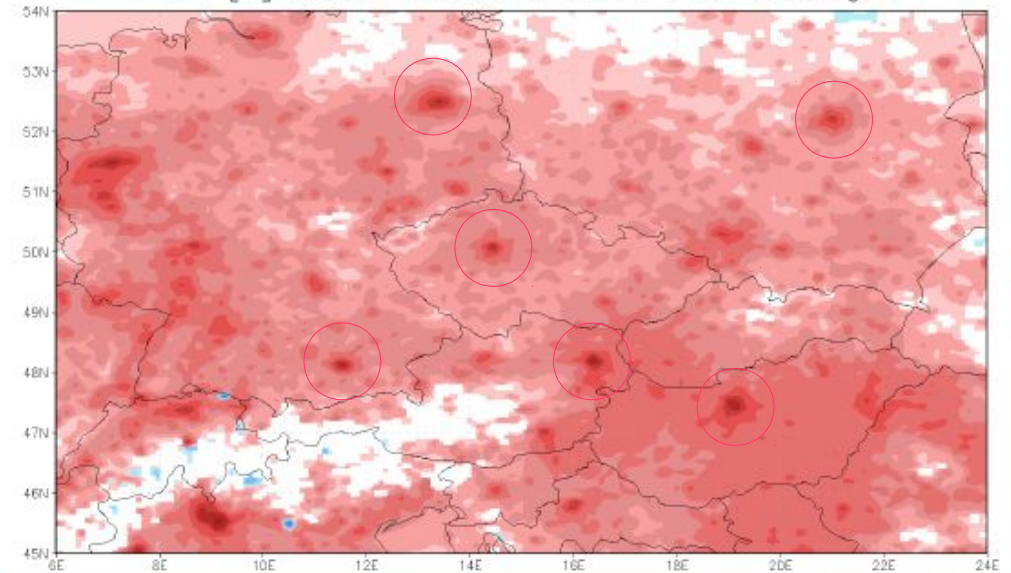
t2m [K] SLUCM-NOURBAN 2005-2009 JJA day



t2m [K] SLUCM-NOURBAN 2005-2009 DJF night



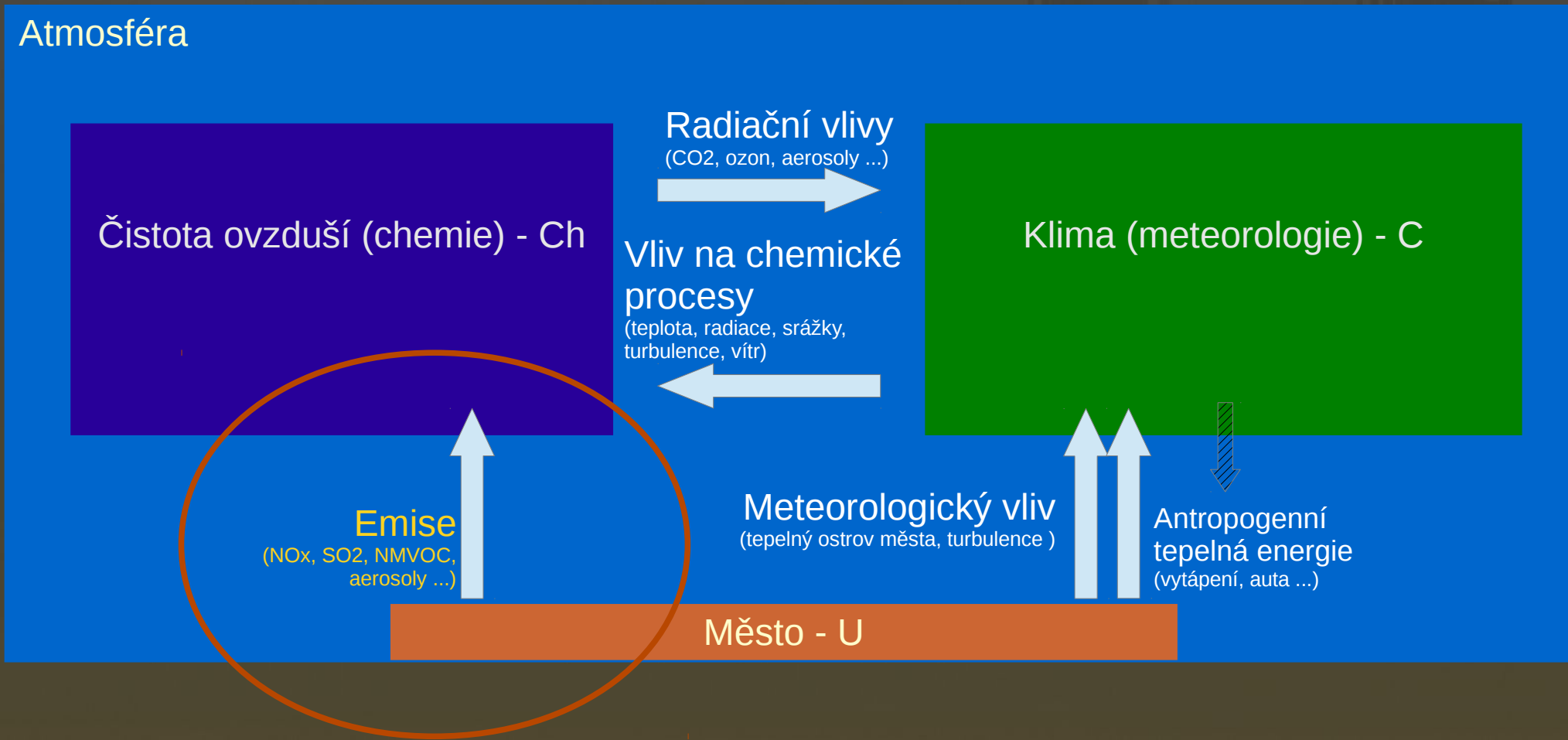
t2m [K] SLUCM-NOURBAN 2005-2009 JJA night



Teplota – vertikální řez N 50.0°

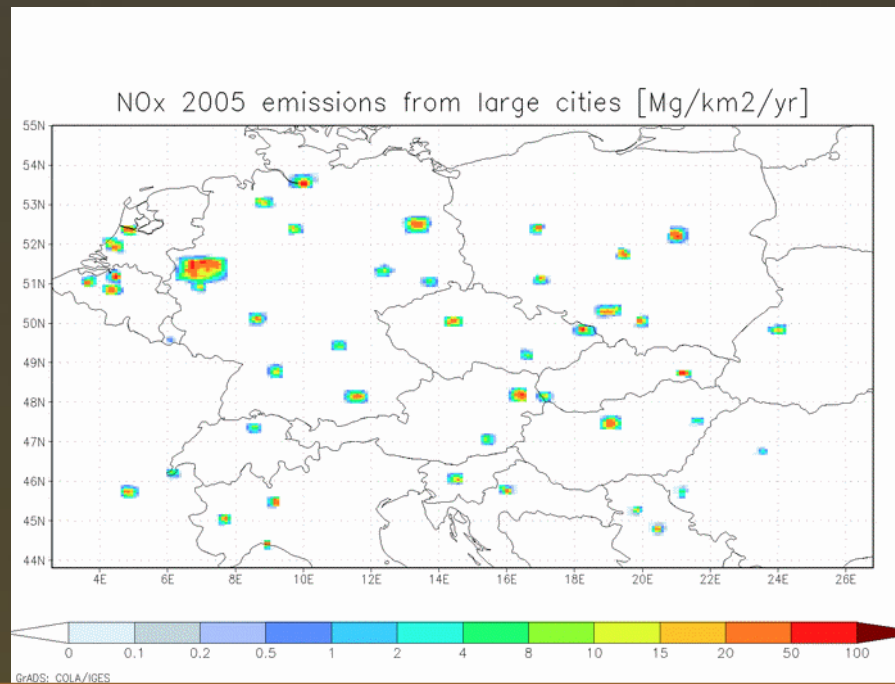


Vliv na kvalitu ovzduší



Vliv emisí z měst na kvalitu ovzduší

- Vyhodnocení vlivu emisí z měst na regionální čistotu ovzduší a troposférickou chemii
- Model CAMx – verze 5.40: Eulerovský fotochemický model atmosféry + modul pro aerosoly
- Emise z databáze TNO pro rok **2005**
- Období 2001-2010
- Doména s rozlišením 10 km x 10 km, střed nad ČR
- Běh se všemi emisemi vs. běhy bez emisí z měst
- Uvažujem mešta obvykle nad populací 500 000 (výjimky ve střední a východní Evropě)
- Vliv radiačně aktivních plynů/aerosolů na radiační rovnováhu a klima

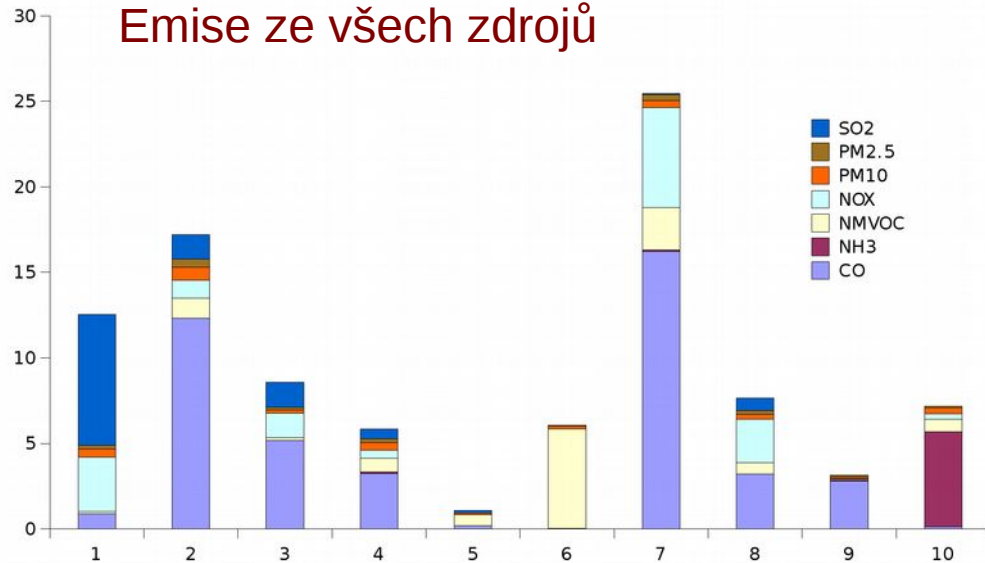


- Dvě zásadní otázky:

- 1) Jak přispívají městské emise k množství znečišťujících látek nad oblastmi venkovskými (i nad samotnými městy)
- 2) Jak ne-městské emise přispívají k znečištění nad městy

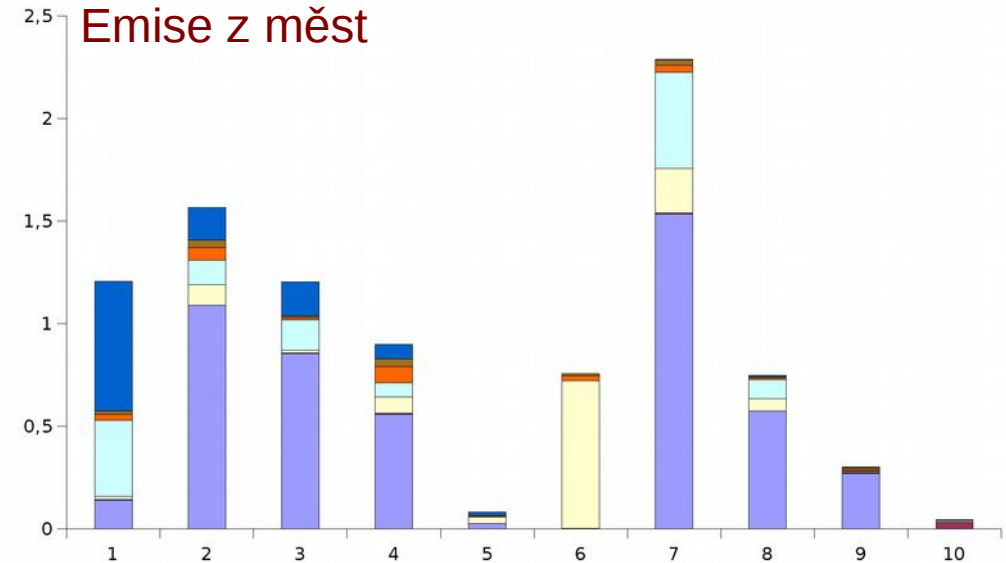
Domain wide emissions by SNAP sectors [Tg/year]

Emise ze všech zdrojů

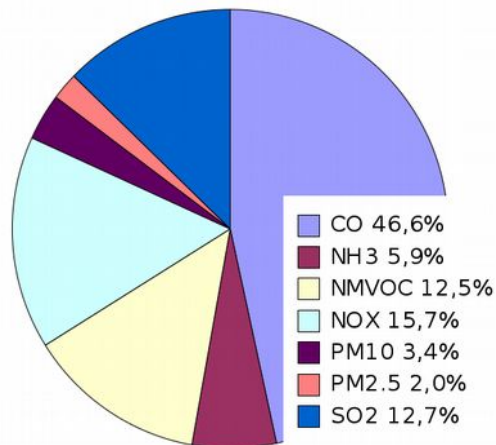


City emissions by SNAP sectors [Tg/year]

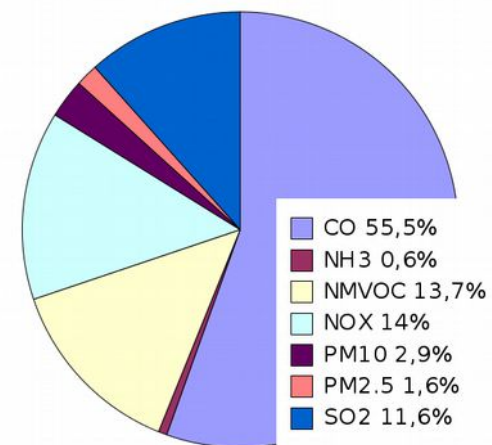
Emise z měst



TNO emissions 2005 ALL



TNO city emissions 2005



Plyny

měsíční chod

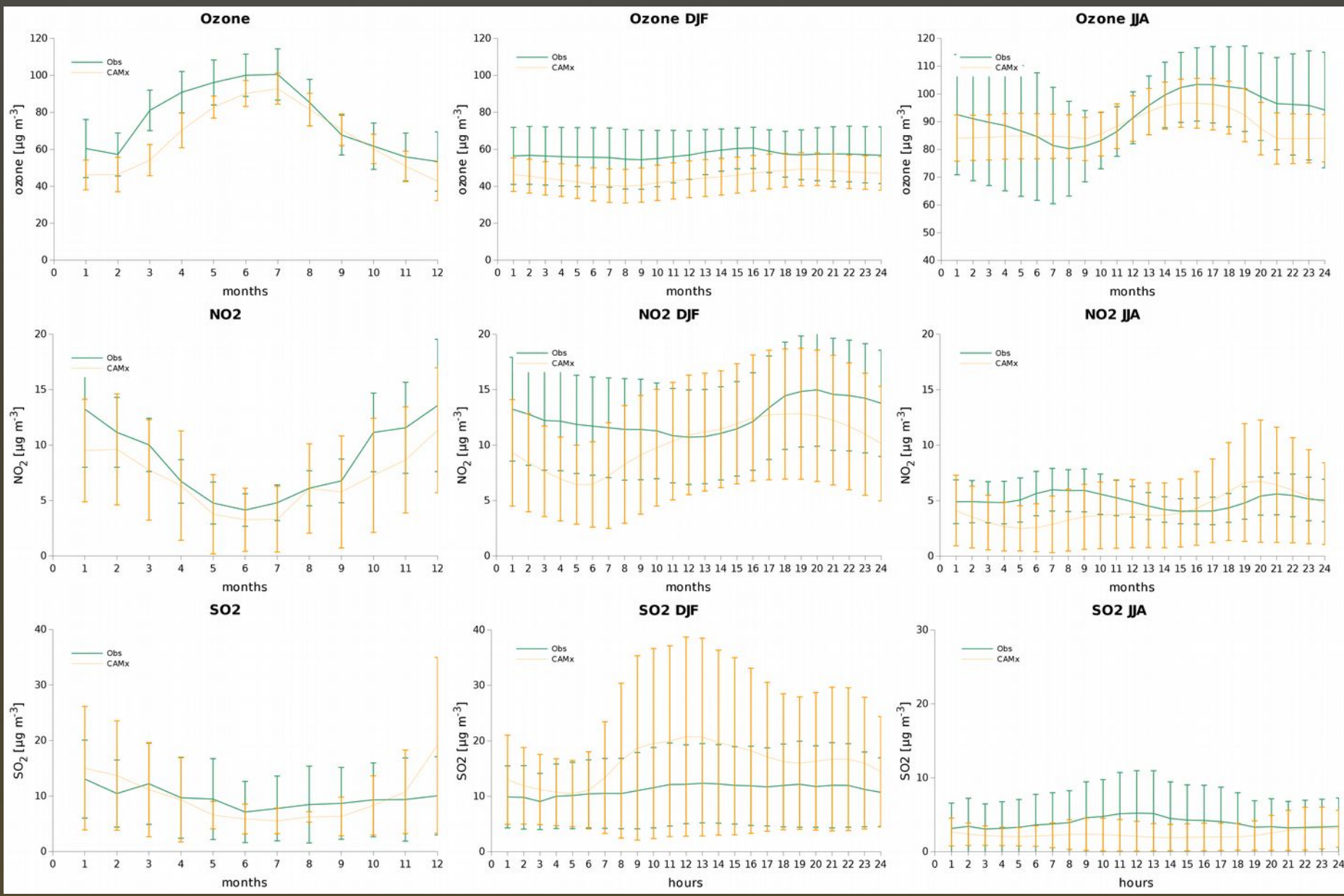
denní chod zima

denní chod léto

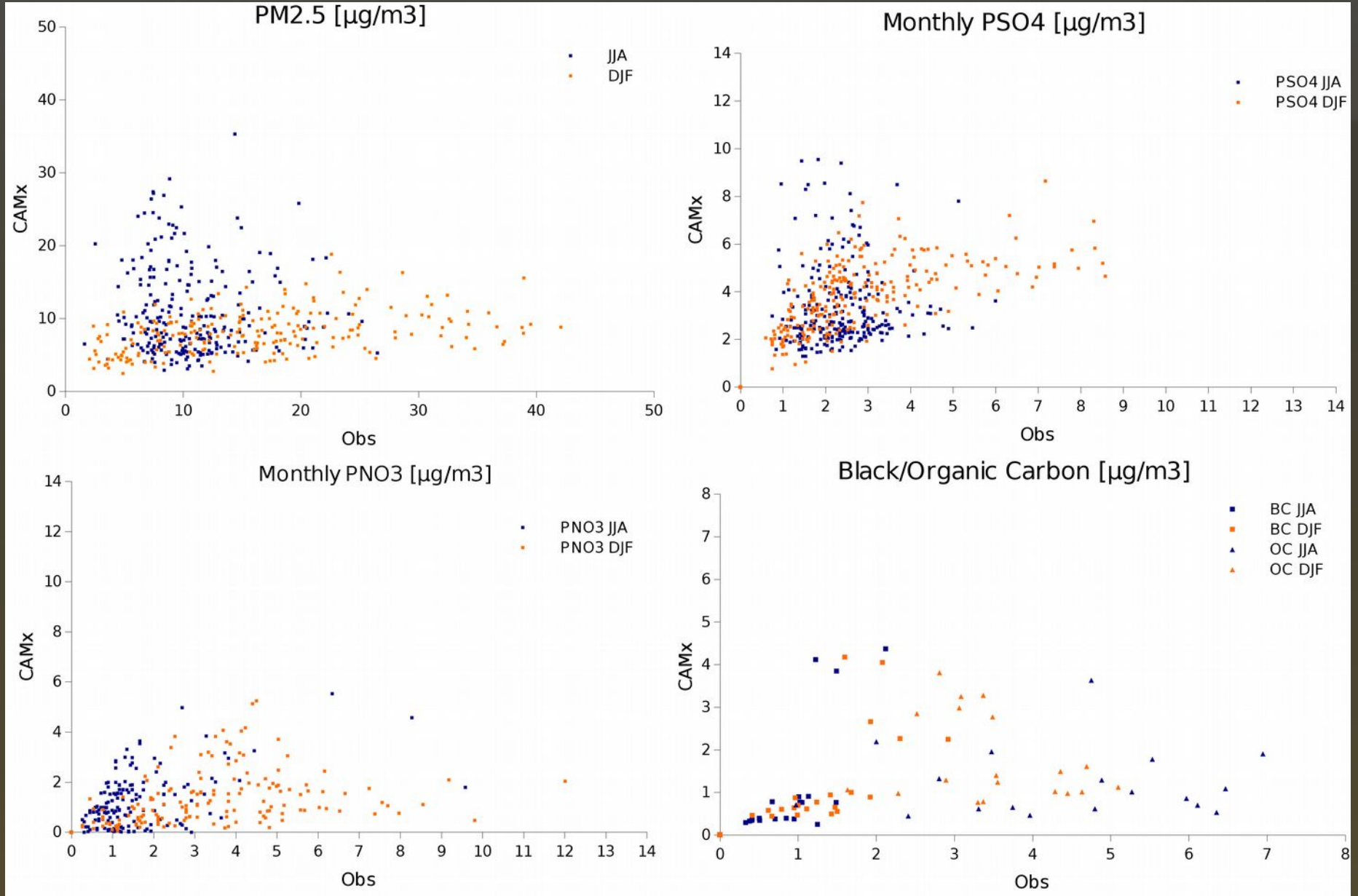
Ozon

NO₂

SO₂



Aerosoly



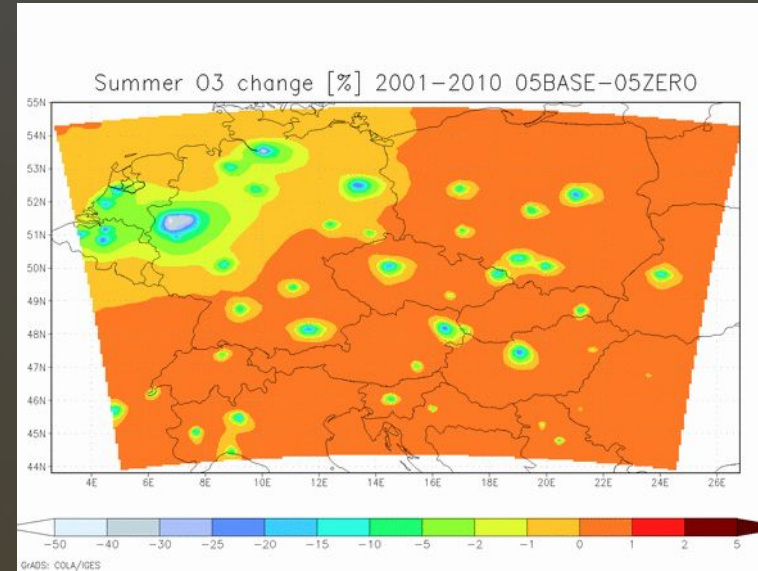
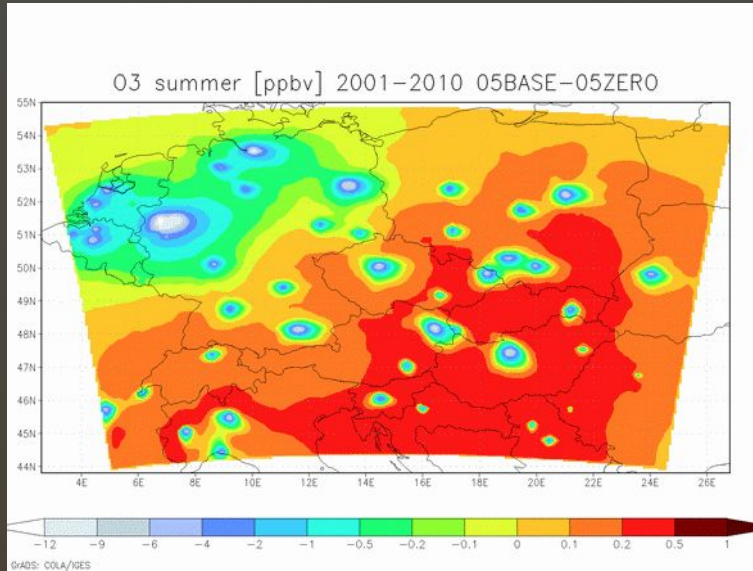
Vliv městských emisí na troposférickou chemii

Vliv na ukazatele čistoty ovzduší vč. imisních limitů v $\mu\text{g m}^{-3}$

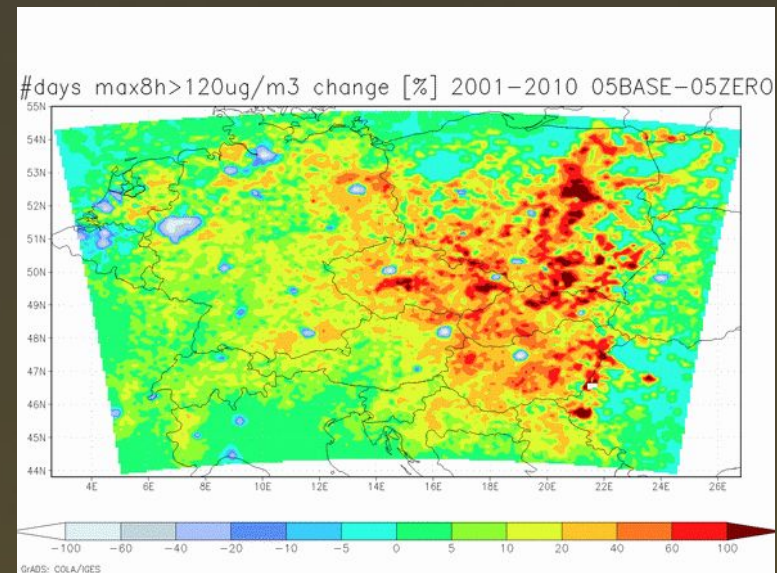
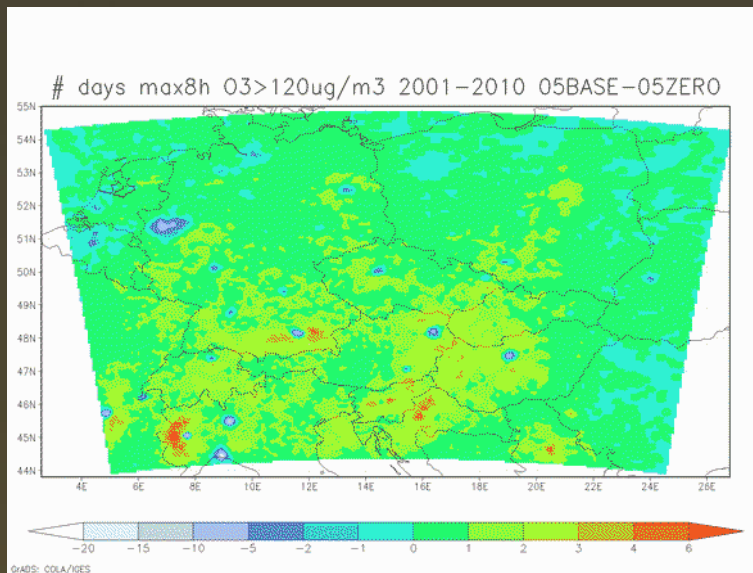
Averaging interval	O ₃	NO ₂	SO ₂	PM2.5
Hourly	-	200	350	-
Daily	120 (8h max)	-	125	-
Annual	-	+	+	+
DJF	-	-	+	+
JJA	+	-	-	-
AOT (crop/forest)JJA	+	-	-	-

Vliv městských emisí na troposférickou chemii

Ozón – průměr JJA

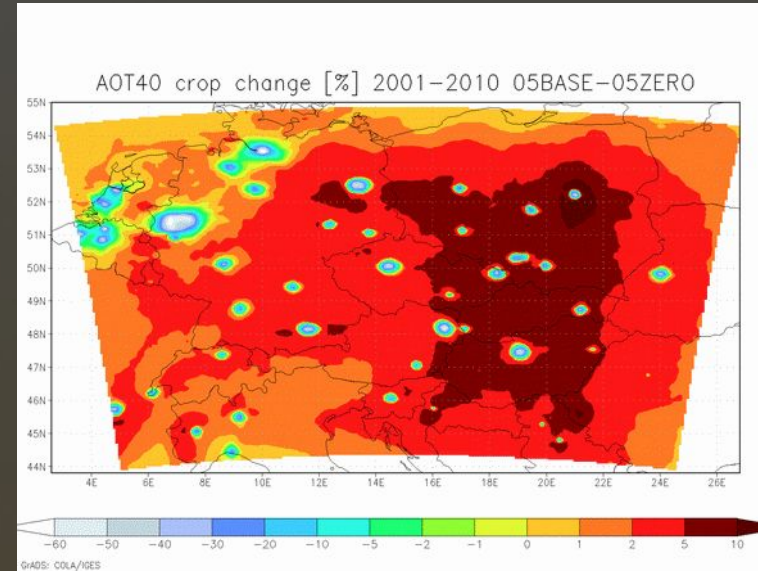
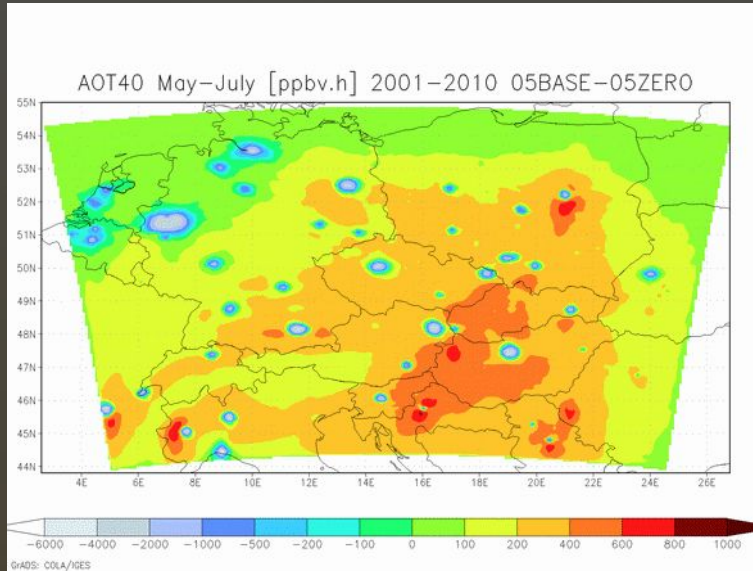


Ozón – počet dnů s max 8h průměrem nad $120 \mu\text{g m}^{-3}$

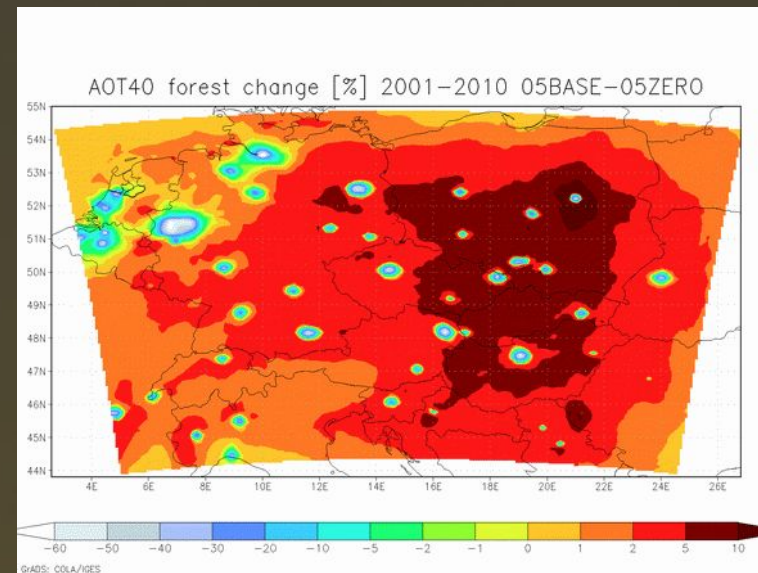
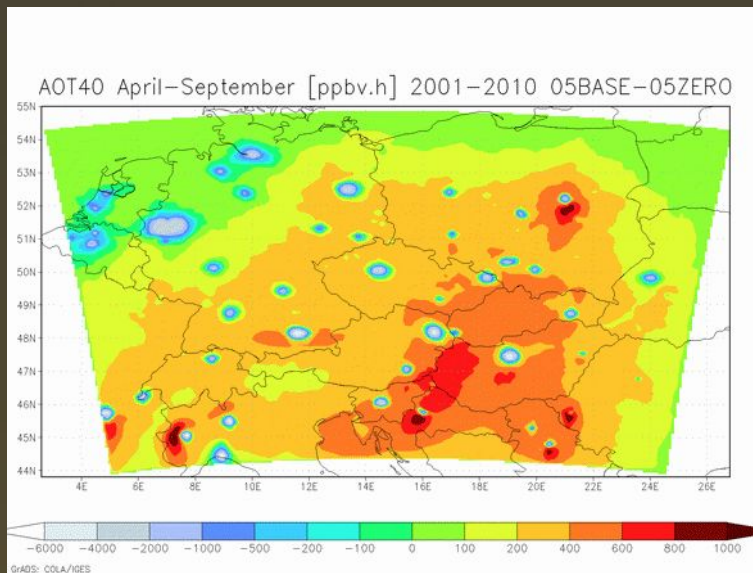


Vliv městských emisí na troposférickou chemii

Ozón – AOT40 zemědělské plodiny

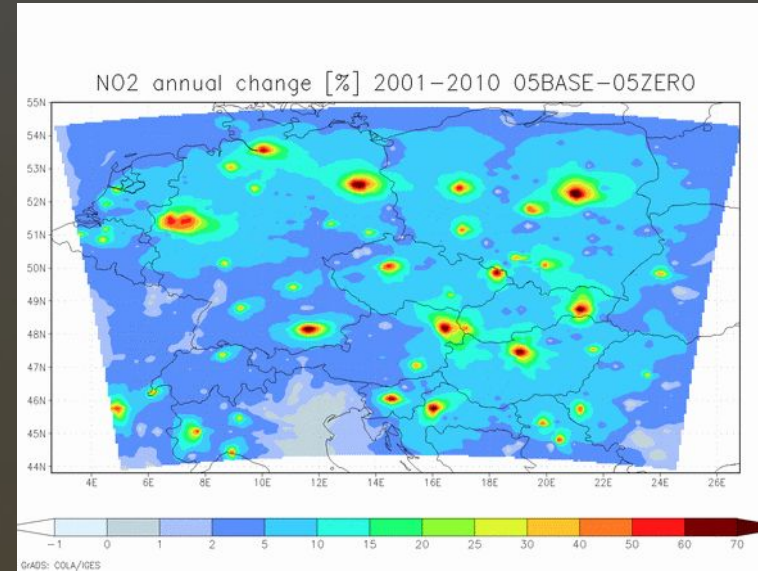
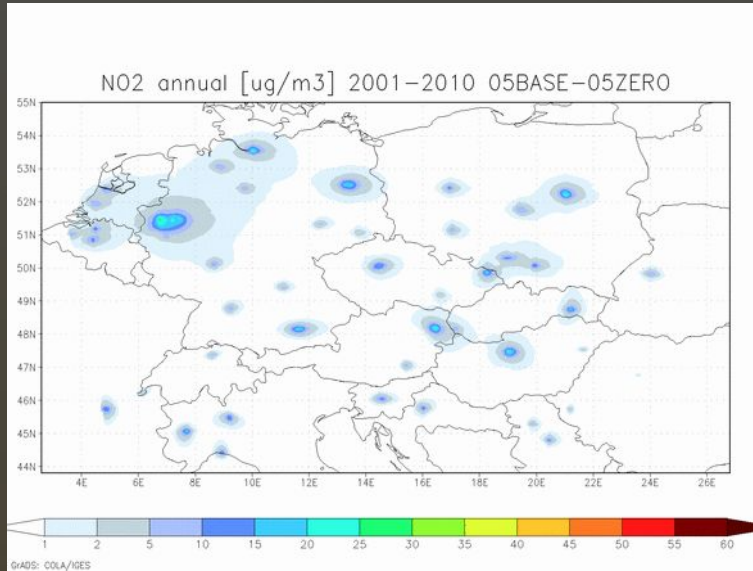


Ozón – AOT40 lesy

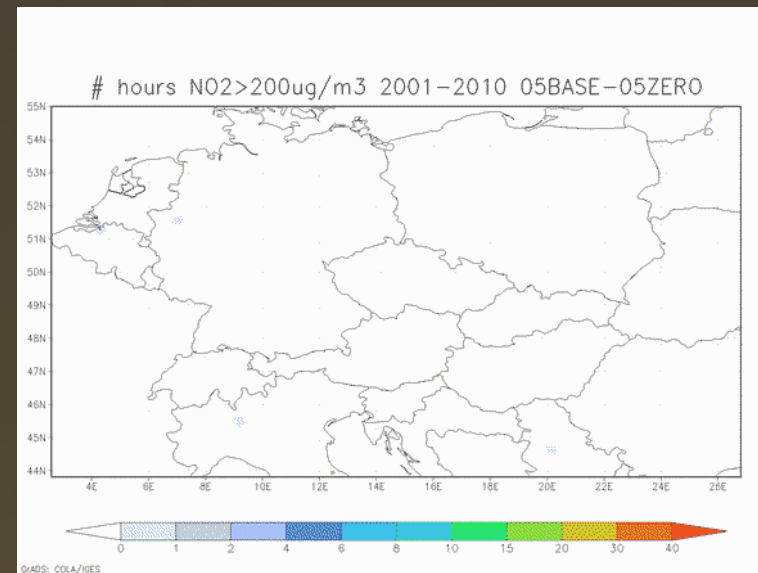
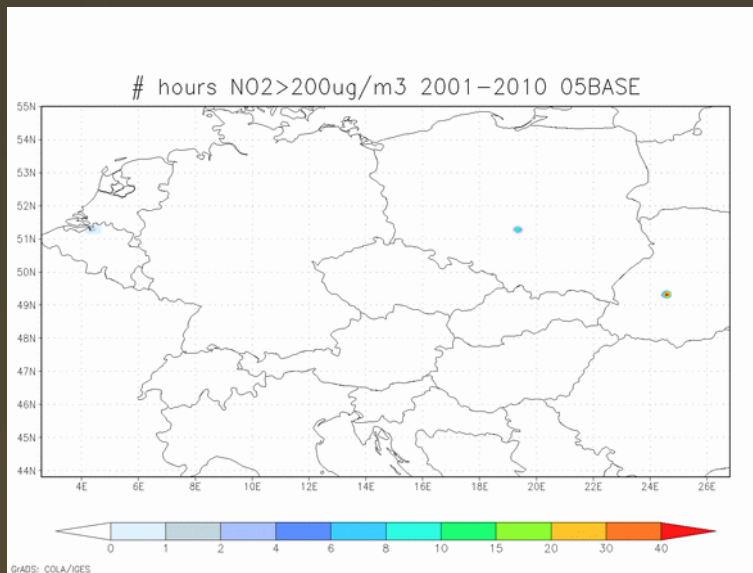


Vliv městských emisí na troposférickou chemii

NO₂ – roční průměr

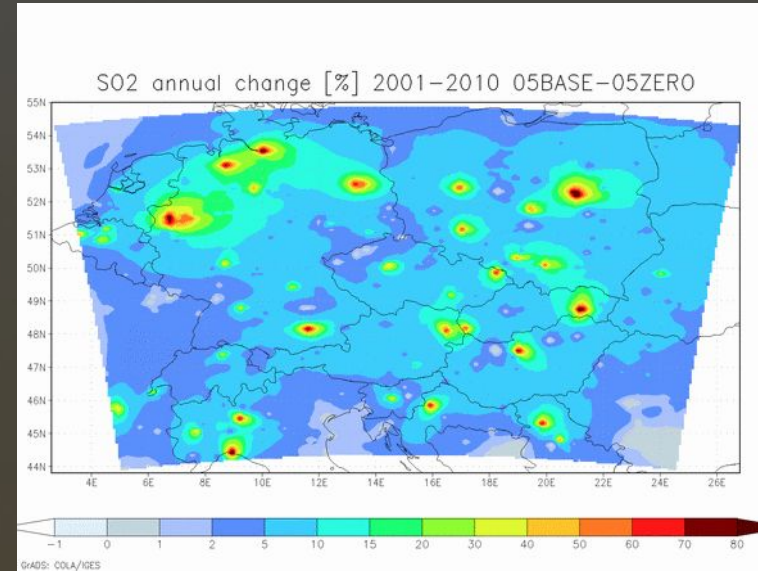
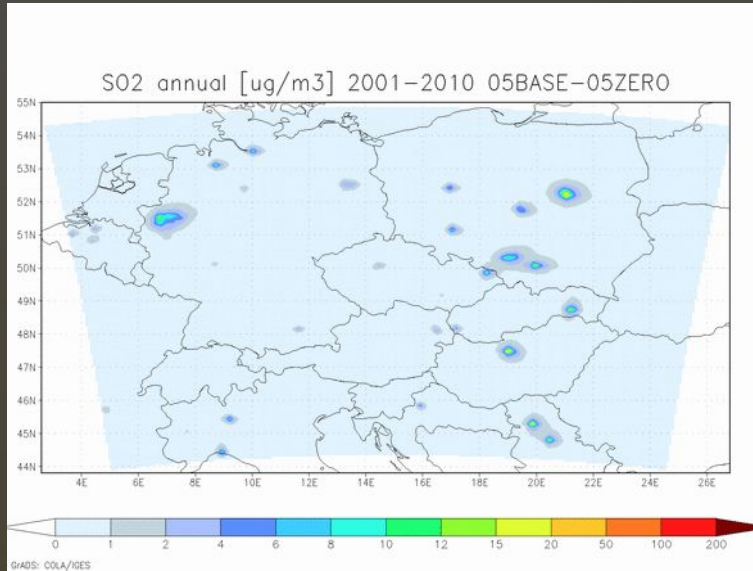


NO₂ – počet hodin s průměrem nad 200 μg m⁻³

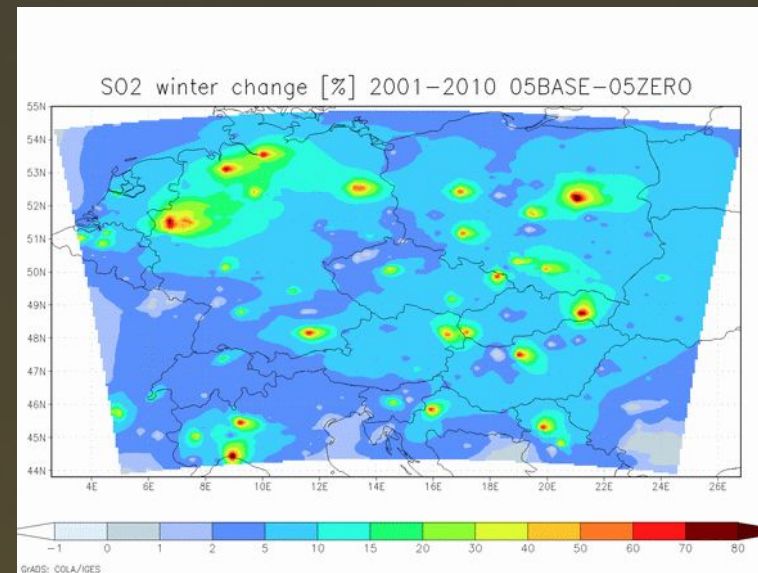
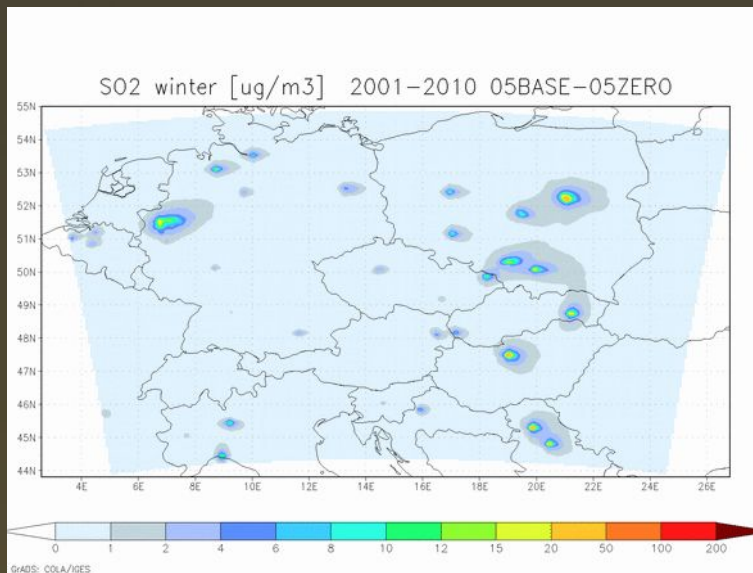


Vliv městských emisí na troposférickou chemii

SO₂ – roční průměr

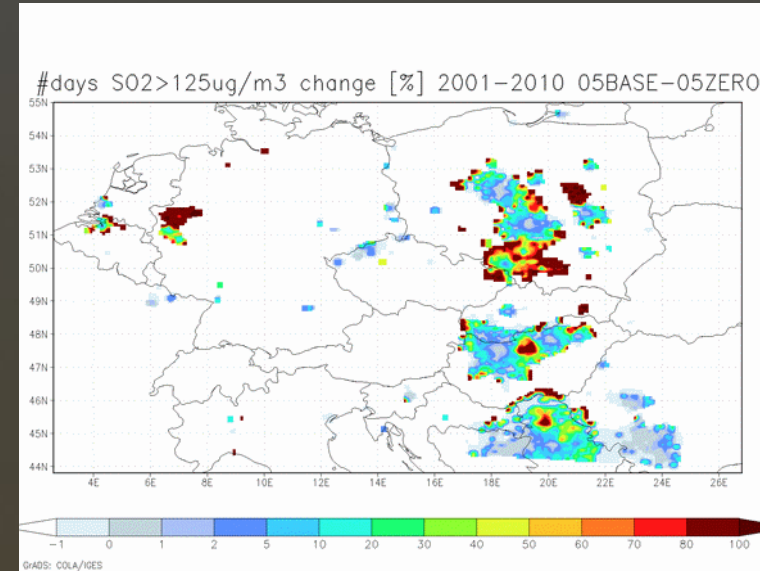
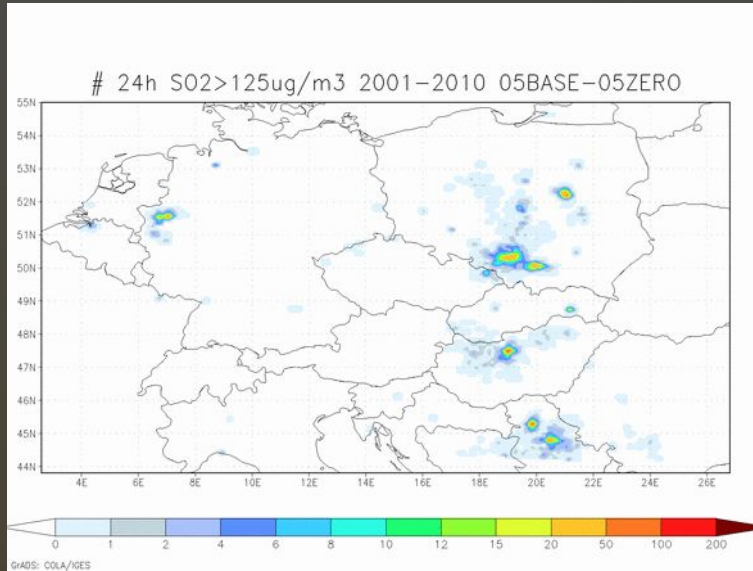


SO₂ – zimní průměr

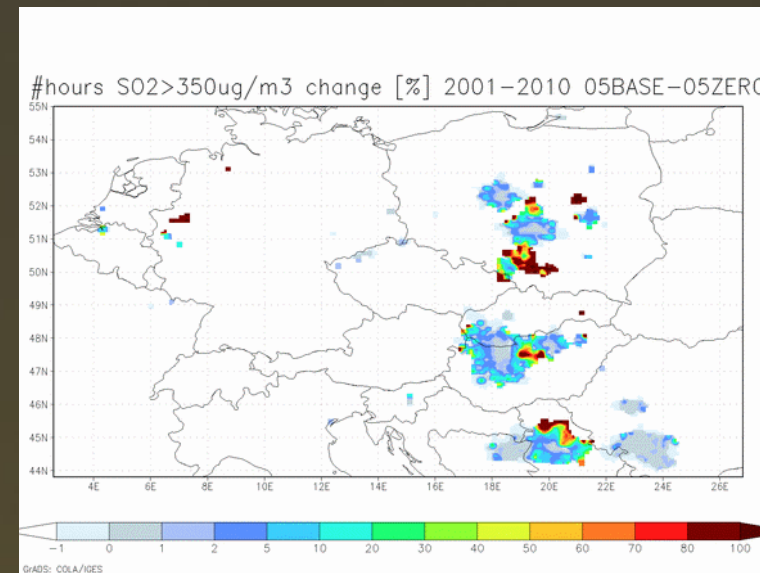
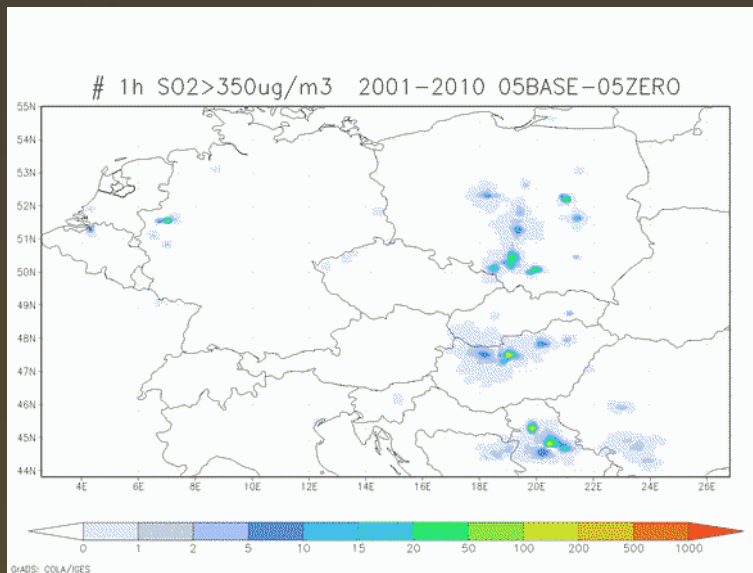


Vliv městských emisí na troposférickou chemii

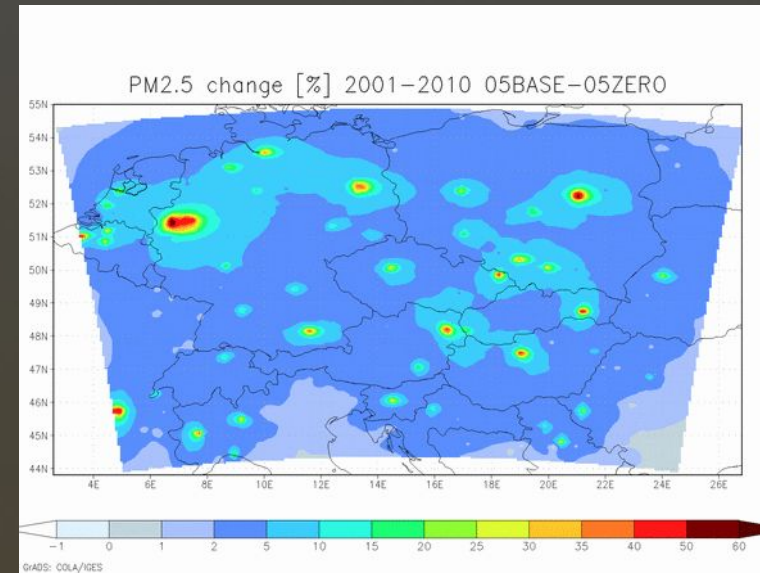
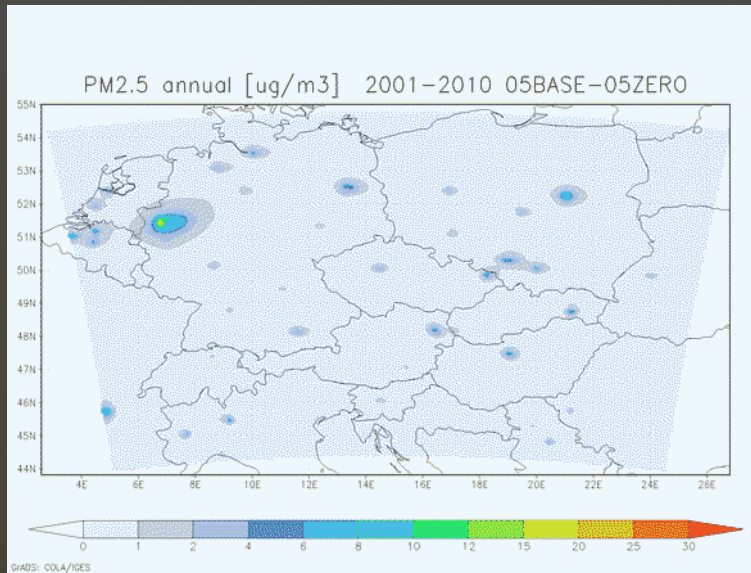
SO₂ – počet dnů s průměrem nad 125 μg m⁻³



SO₂ – počet hodin s průměrem nad 350 μg m⁻³



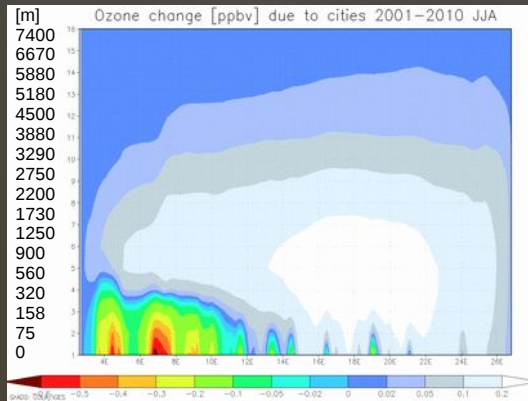
PM2.5 – roční průměr



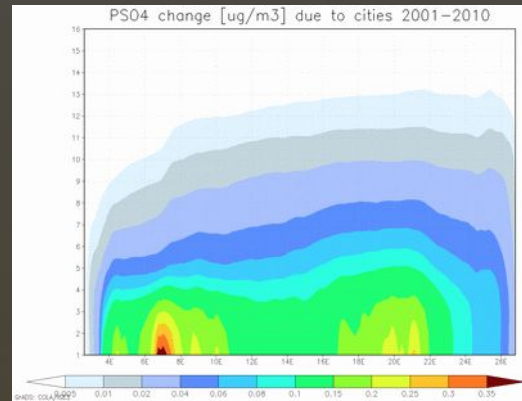
Vliv městských emisí na troposférickou chemii

Vertikální rozložení dopadu, průměr 2001-2010 JJA

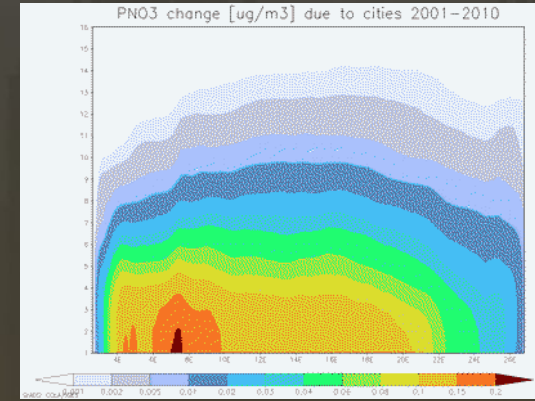
Ozon



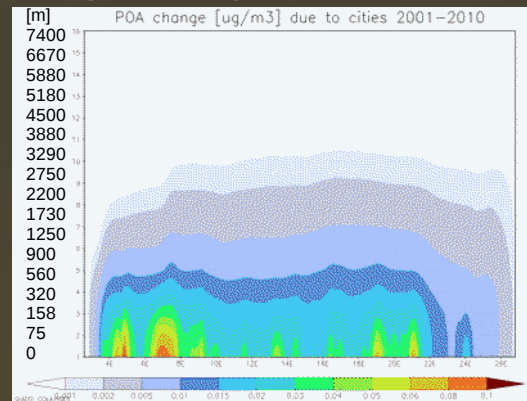
Sulfáty



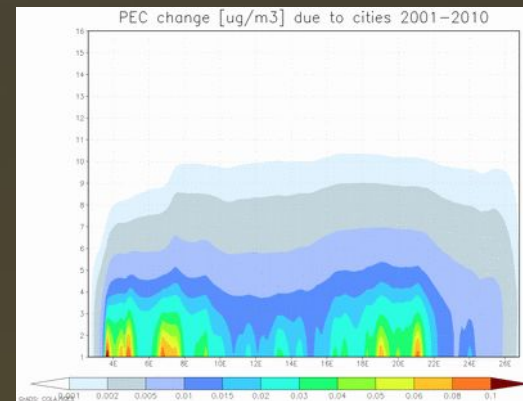
Nitráty



Organický aerosol



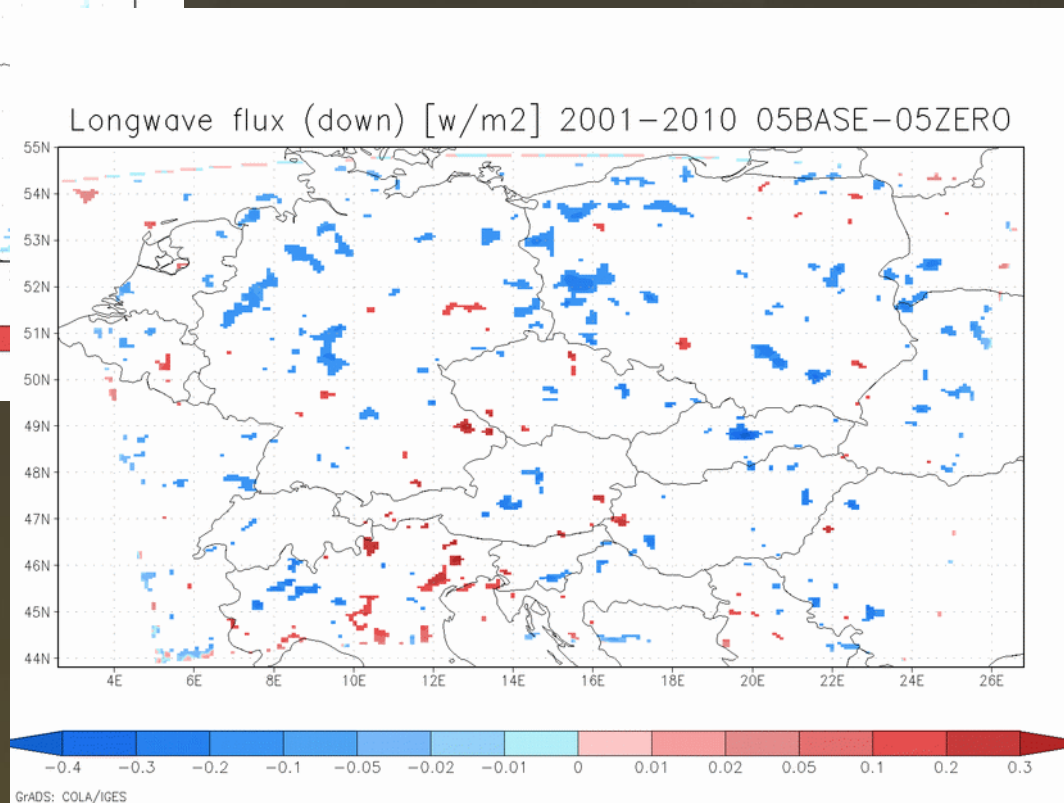
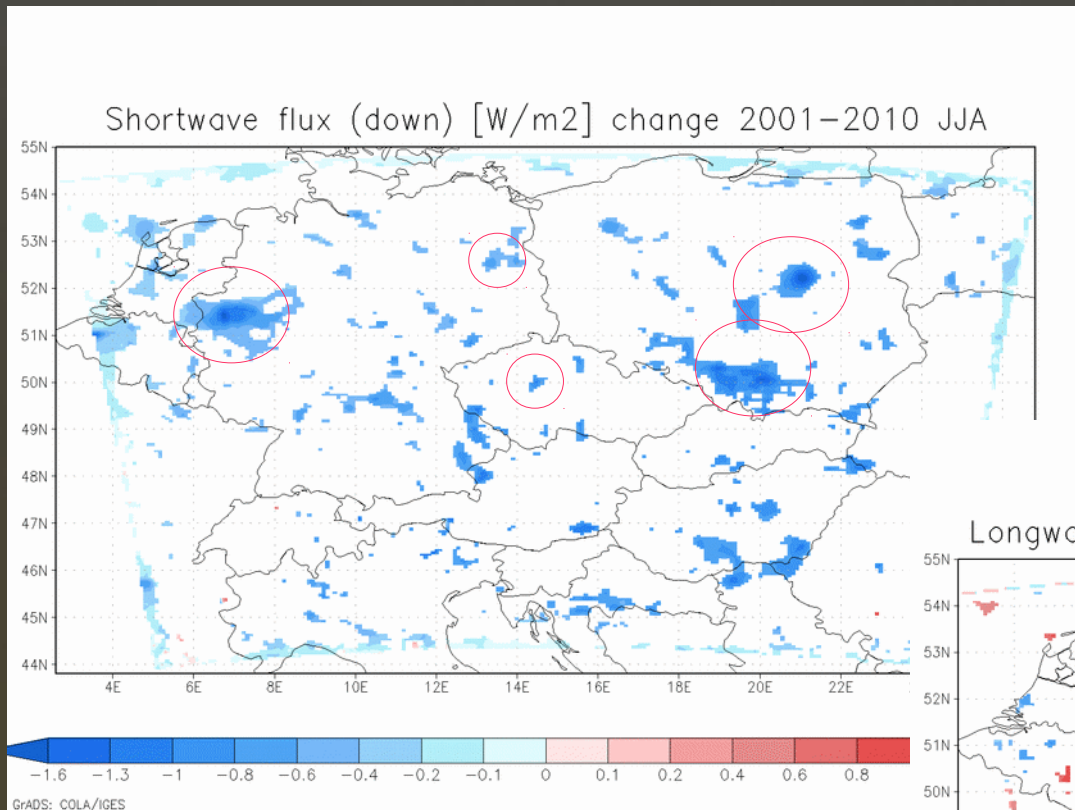
Saze



- Modifikované prostorové a časové rozložení koncentrace plynů a aerosolů
- Radiačně aktivní plyny: O_3 (skleníkový plyn)
- Aerosoly: sulfáty, nitráty, organické aerosoly, elementární uhlík
- Radiační působení počítáno v radiačním modulu CCM3 modelu RegCM4
- Průmerný vliv pro období 2001-2010

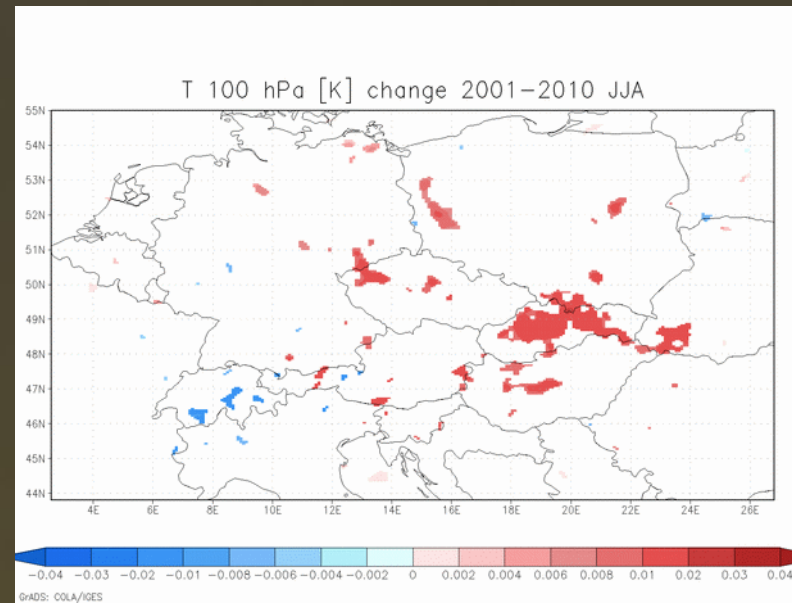
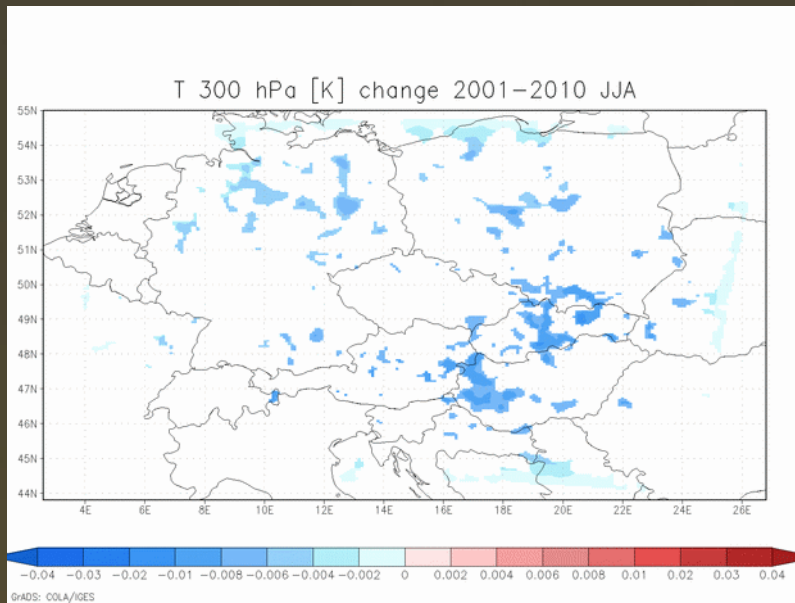
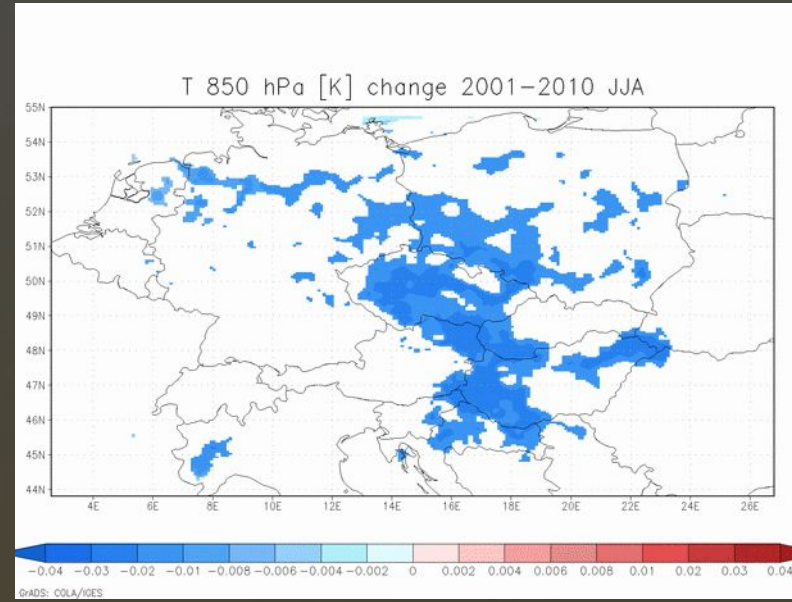
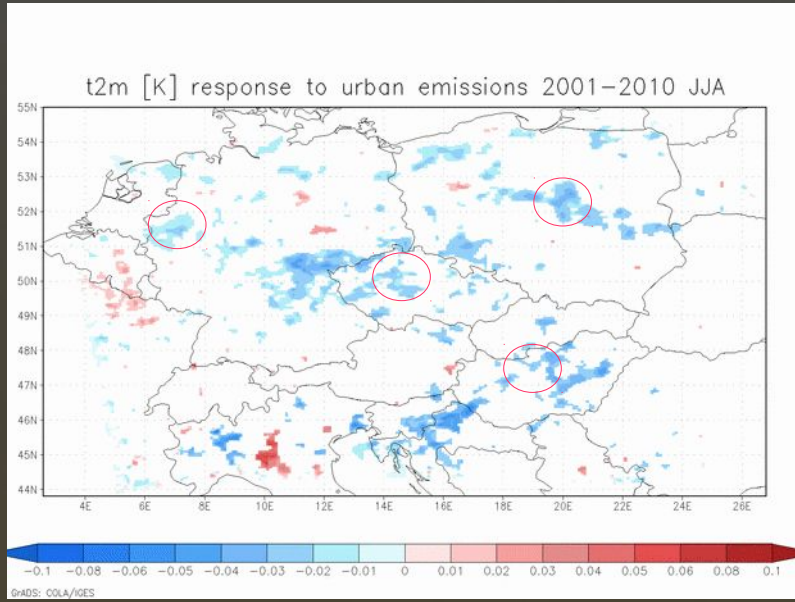
Vliv městských emisí na klima

Toky krátko- a dlouhovlnné dopadající radiace u povrchu



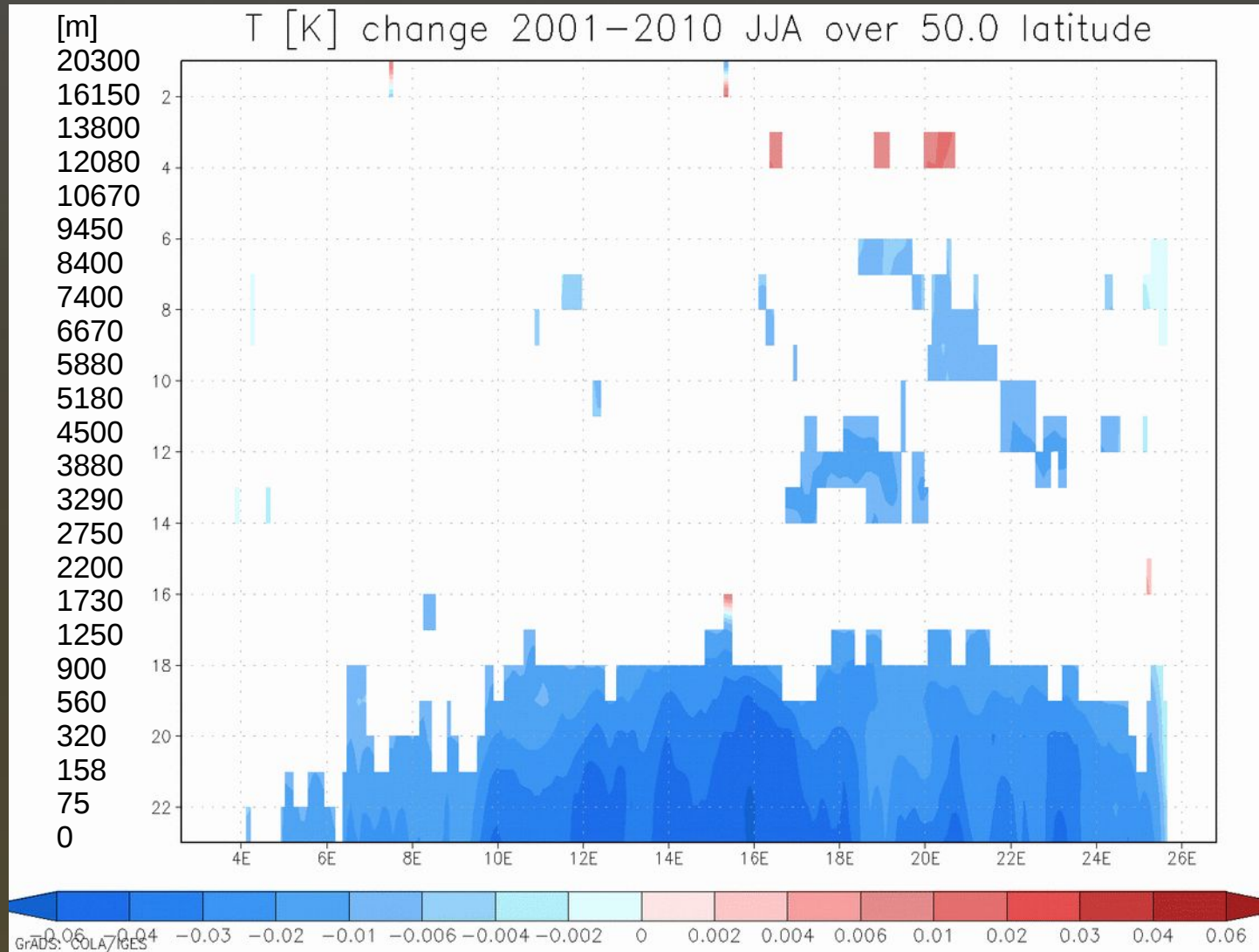
Vliv městských emisí na klima

Teplota vzduchu



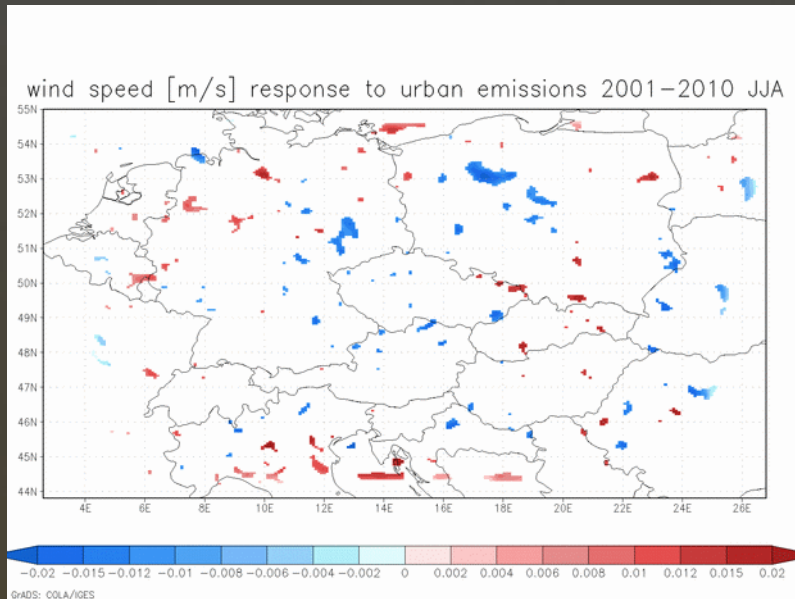
Vliv městských emisí na klima

Dopad na teplotu vzduchu – vertikální řez

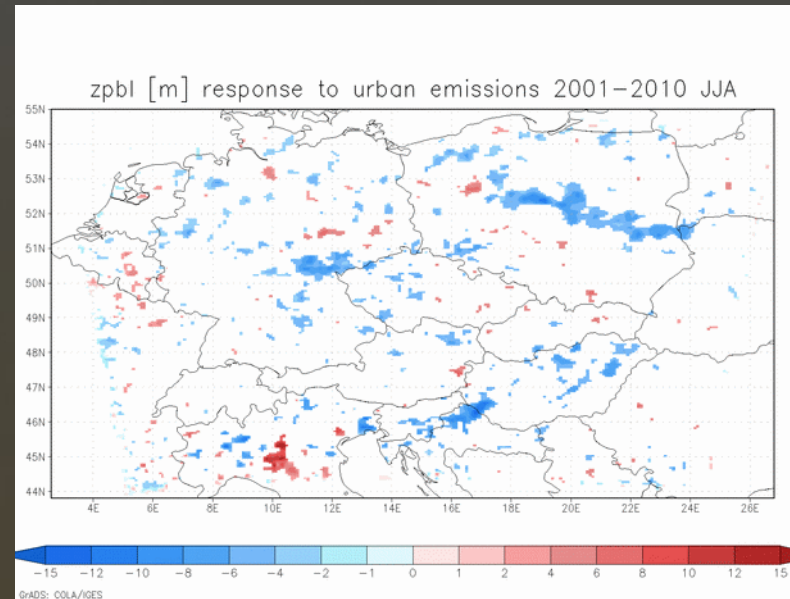


Vliv městských emisí na klima

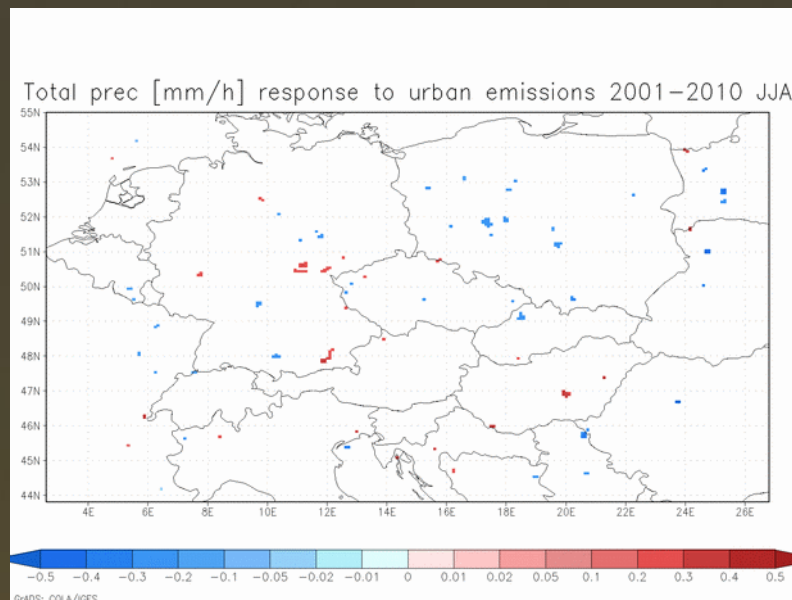
Rychlost větru ve 10 m



Výška mezní vrstvy

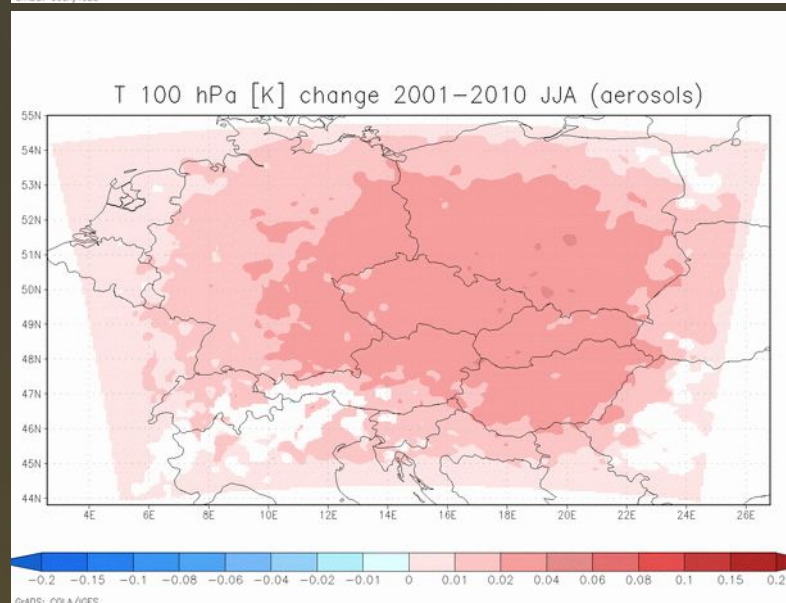
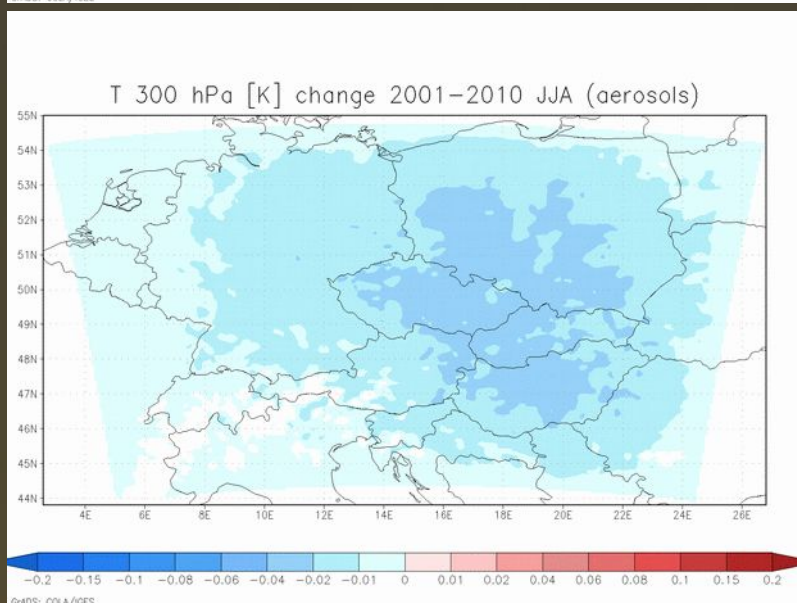
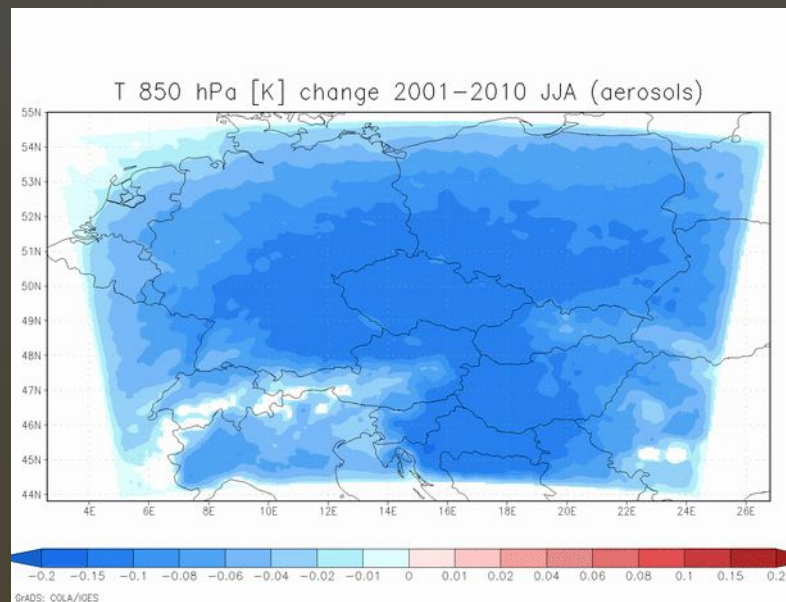
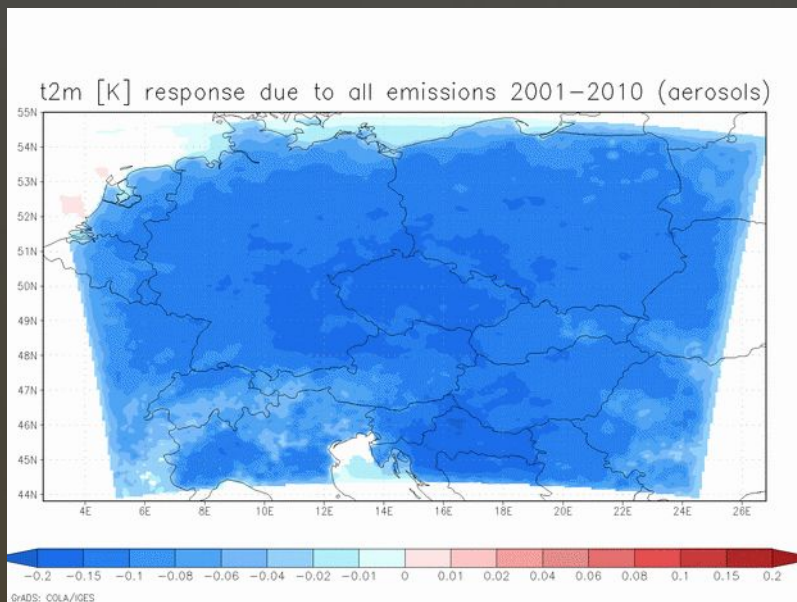


Srážky



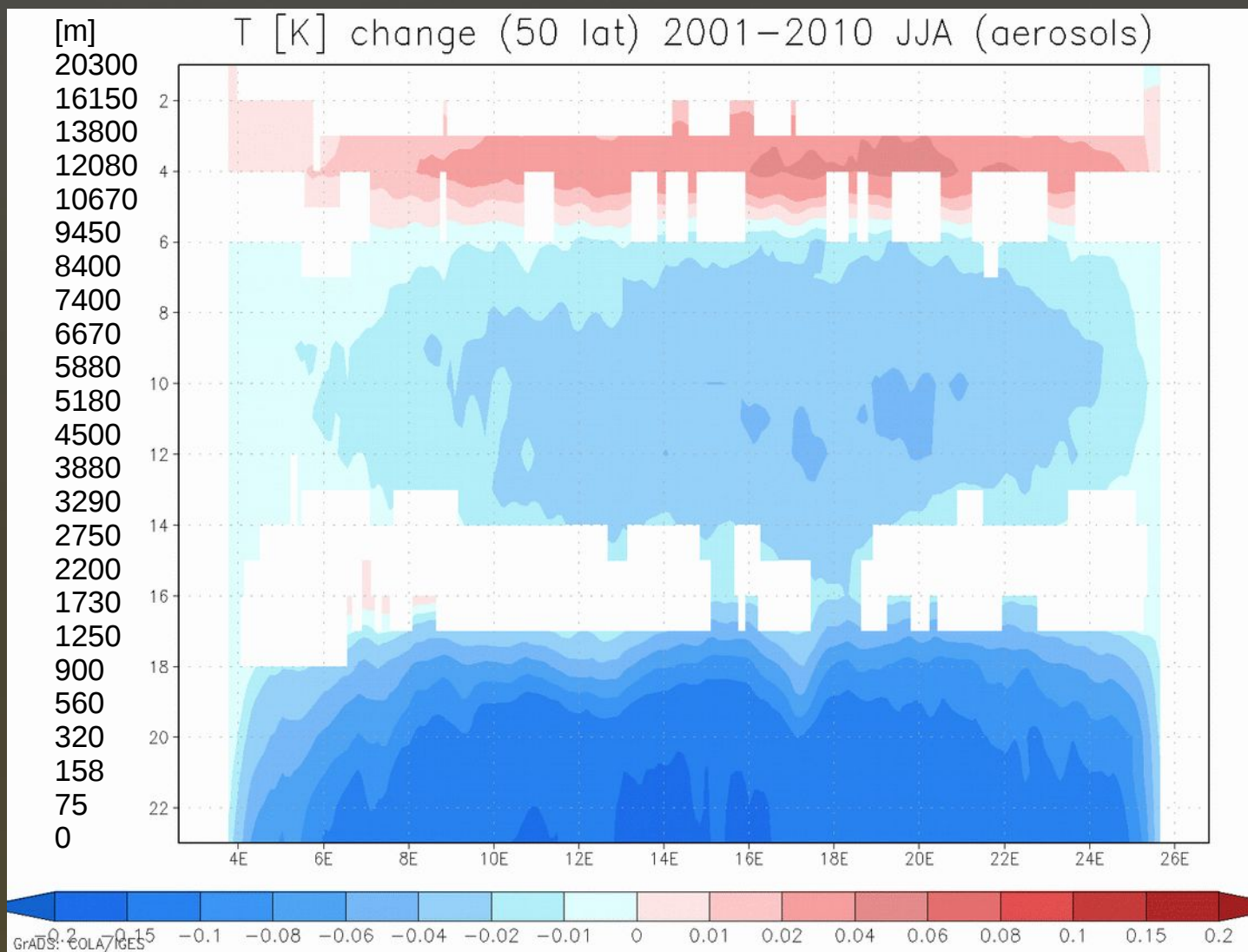
Vliv všech emisí na klima (aerosoly)

Teplota vzduchu



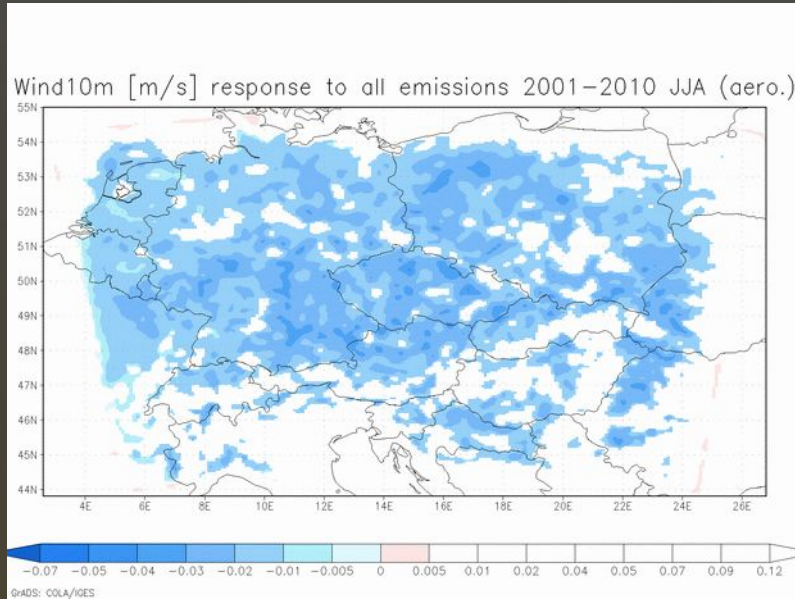
Vliv všech emisí na klima (aerosoly)

Dopad na teplotu vzduchu – vertikální řez

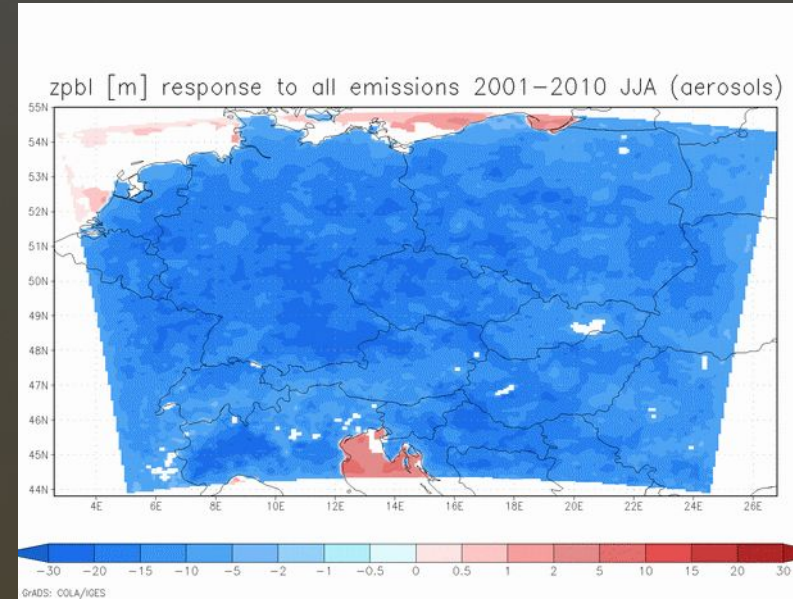


Vliv všech emisí na klima (aerosoly)

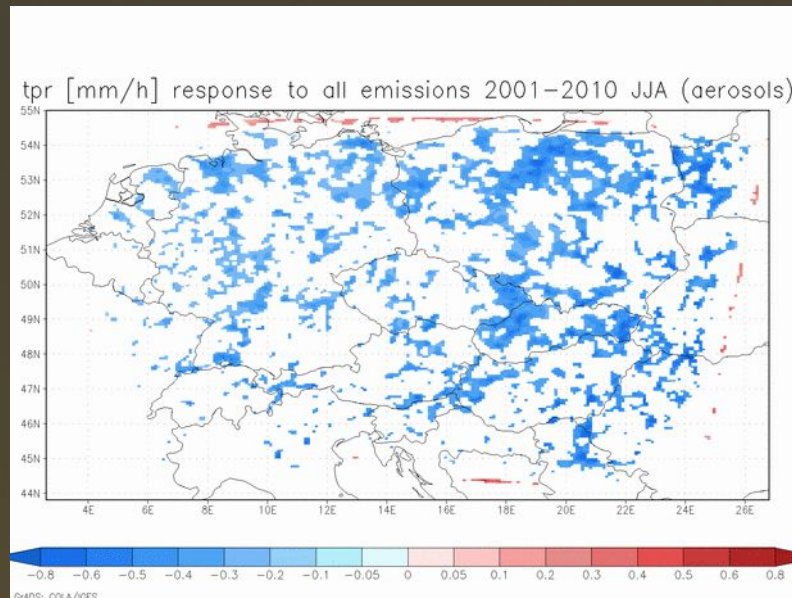
Rychlost větru ve 10 m



Výška mezní vrstvy



Srážky



- Modelový systém RegCMCAMx4 spolu s parameterizací městské zástavby SLUCM byl využit pro účely vyhodnocení vlivu měst na klima střední Evropy: 1) přes meteorologický vliv městské zástavby, 2) přes radiační vlivy chemických změn v troposféře
- Přímý vliv přes městskou zástavbu na průměrnou teplotu ve 2 m do 1.5 K, detekovatelný v celé mezní vrstvě
- Dopad na troposférický ozon: snížení koncentrací nad městy titrací o 20-40 %, jinde nárůst 1-2%. Větší vliv u počtu překročení imisních limitů (nad velkými oblastmi 40-100%) a AOT40 (5-10%)
- Emise NO_2 a SO_2 přispívají k průměrným hodnotám s 50-70% nad městy a cca 5-15% nad venkovskými oblastmi
- $\text{PM}_{2.5}$: městské emise přispívají se 50-60 % k znečištění nad samotnými městy, jinde do 5 %
- “non- CO_2 ”-Vliv na klima se projevuje především s hlediska teploty: převládá ochlazení do 0.1 K (pokles ozónu a aerosoly). Minimální statisticky významný vliv pro jiné meteorologické veličiny.
- Asi 50 % teplotního vlivu všech emisí (ne jenom městských, -0.2 K)
- Závěr pro města střední Evropy: *Vliv na klima přes meteorologické působení městské zástavby je mnohem důležitější než vliv přes emise a následné radiační působení.*

Děkuji za pozornost

Podporované projektem GAČR 13-19733P a částečně projektem UHI
rámcového programu EC OP NN No. 3 CE292P3.

Huszar, P., Halenka, T., Belda, M., Zak, M., Sindelarova, K., and Miksovsky, J.: Regional climate model assessment of the urban land-surface forcing over central Europe, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 12393-12413, doi:10.5194/acp-14-12393-2014, 2014.

Huszar, P., Halenka, T. and Belda, M.: On the impact of emissions from central European cities on regional air-quality, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, in preparation. 2015.