Metodika tvorby map atmosférické depozice pro účely řešení projektu TAČR SS01010231 "Dopady atmosférické depozice na vodní prostředí se zohledněním klimatických podmínek".

Iva Hůnová, Pavel Kurfürst, Markéta Schreiberová
Český hydrometeorologický ústav, Praha

Metodika tvorby map atmosférické depozice benzo[a]pyrenu

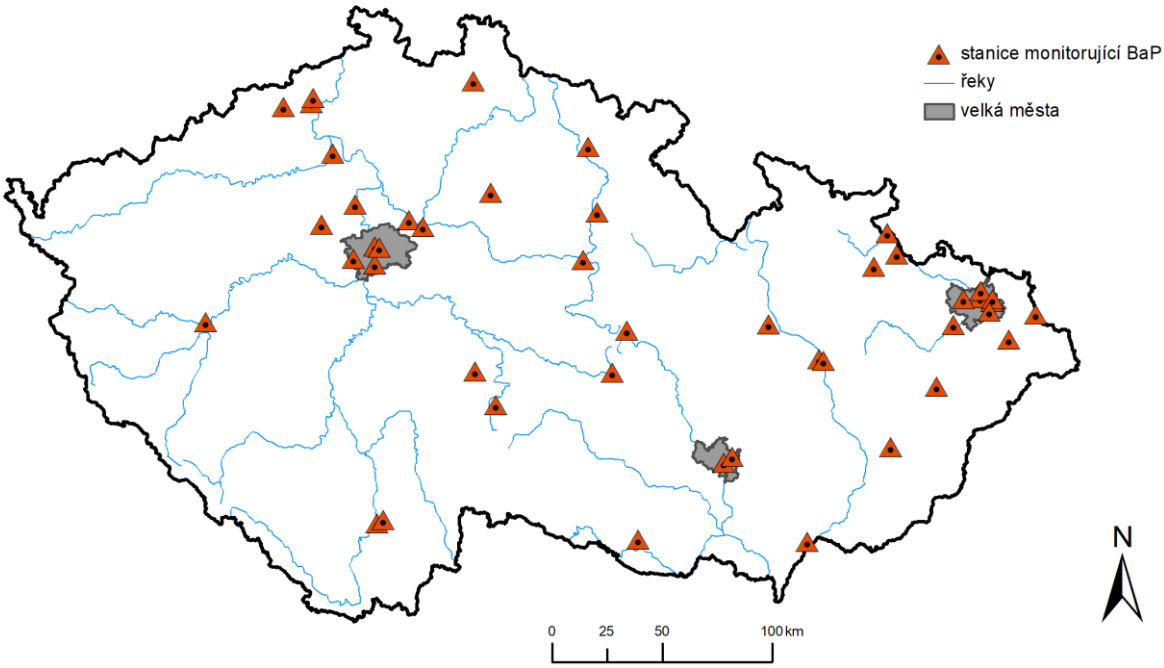
Mapy roční atmosférické depozice benzo[a]pyrenu (BaP) pro kalendářní roky 2012, 2015 a 2019, představují depoziční toky BaP deponované suchou cestou. Finální mapy jsou v prostorovém rozlišení 1 x 1 km. Mapa suché roční depozice BaP je vytvořena na základě inferenční metody (Seinfeld, Pandis, 1998; Wesely, Hicks, 2000), tedy znásobením průměrné imisní koncentrace BaP a příslušné průměrné roční depoziční rychlosti. Pro mapu suché depozice byla použita staniční měření ČHMÚ z národní monitorovací sítě, kde se koncentrace BaP stanovuje z odebraného vzorku aerosolu frakce PM_{10}. Aktuální mapa znázorňující rozložení stanic k roku 2019 je znázorněna na ***Obr. 1***.

Koncentrace naměřené na stanicích slouží jako hlavní zdroj pro tvorbu imisní mapy. Protože je však monitorovacích stanic pouze omezený počet (kolísá kolem 50 stanic), jsou pro potřeby mapování využita i různá doplňková data, která poskytují komplexní informaci o celém území ČR, přičemž vykazují regresní závislost s přímo naměřenými daty. Jde zejména o výsledky modelu transportu a rozptylu znečišťujících látek v ovzduší, které využívají informací emisních inventur a meteorologických dat. Konkrétně se jedná o Eulerovský chemický disperzní model CAMx (CAMx, 2021) a Gaussovský model SYMOS (ČHMÚ, 2020a). Dále se využívá i závislosti koncentrací na nadmořské výšce a populační hustota. Vytvoření pole imisních koncentrací BaP uvedeným způsobem tzv. RIMM, Regression-Interpolation-Merging Mapping (ETC/ACC, 2007) je poměrně komplikovanou záležitostí a detailně je popsáno např. v publikaci (ČHMÚ, 2020b). Používá se v ČR i v rámci mapování imisních koncentrací BaP v Evropě (ETC/ATNI, 2022).

Jako průměrná roční depoziční rychlost pro BaP byla použita hodnota 0,89 $cm.s^{-1}$, spočítaná Eulerovským chemickým a transportním modelem EMEP (Gusev et al., 2005). Modelový běh vytvořený specificky pro území ČR pro r. 2018 ukázal, že hodnota depoziční rychlosti se pohybovala v rozmezí 0,18–2,22 $cm.s^{-1}$ s maximem dosaženým v červnu a průměrnou hodnotou za celý kalendářní rok rovnou 0,89 $cm.s^{-1}$ (Gusev, 2020).

Pro vytvoření mapy mokré depozice neexistuje v ČR dostatek podkladů, protože koncentrace BaP v atmosférických srážkách se měří pouze na jediné stanici v ČR, a to na Národní observatoři Košetice (NAOK) provozované ČHMÚ. Nicméně z odborné literatury vyplývá, že u BaP je zcela převládající cestou depozice je depozice suchá (Škrdlíková et al., 2011; Keyte et al., 2013), a to ve formě pevné, kdy je BaP navázán na aerosol (Gocht et al., 2007), což bylo potvrzeno i analýzou dat z NAOK (Hůnová, 2022). Při modelování Imisních koncentrací BaP pro Evropu se uvažuje, že 100 % BaP je přítomno v pevné fázi vzhledem k průměrným teplotám vzduchu (Van Jaarsveld et al., 1997; Guerreiro et al., 2016).

Detailně je metodika vytvoření map včetně komentáře výsledných map prezentována v publikaci Hůnová et al. (2022), která vznikla v přímé souvislosti s projektem TAČR SS01010231 "Dopady atmosférické depozice na vodní prostředí se zohledněním klimatických podmínek".



Obr. 1. ***Mapa staniční sítě pro monitoring BaP, 2019. Stanice použité pro vytvoření map suché atmosférické depozice.***

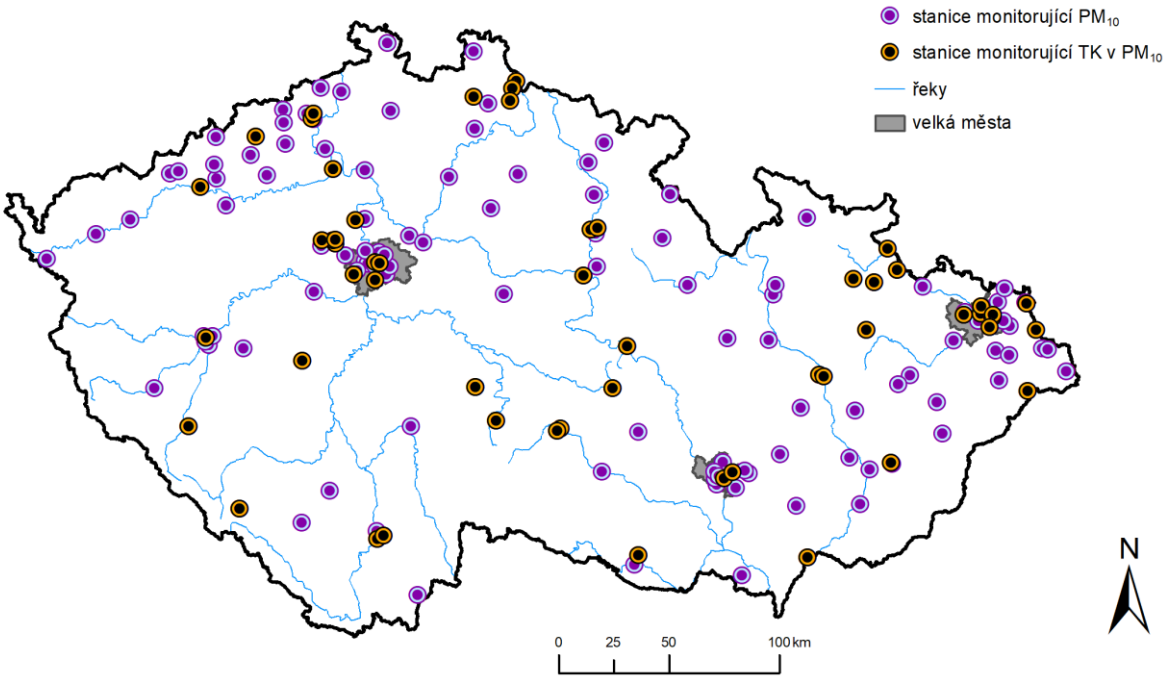
Metodika tvorby map atmosférické depozice vybraných těžkých kovů – olova, kadmia, niklu a arsenu

Mapy celkové roční atmosférické depozice vybraných těžkých kovů (TK), olova (Pb), kadmia (Cd), niklu (Ni) a arsenu (As), pro kalendářní roky 2012, 2015 a 2019, byly vytvořeny vždy jako součet map suché a mokré depozice pro příslušný TK. Finální mapy jsou v prostorovém rozlišení 1 x 1 km. Zatímco mapy depozice Pb a Cd se připravují pravidelně pro účely každoročního hodnocení znečištění ovzduší na území ČR (ČHMÚ, 2021), mapy depozičních toků niklu a arsenu byly vytvořeny v přímé souvislosti s řešením projektu TAČR SS01010231 "Dopady atmosférické depozice na vodní prostředí se zohledněním klimatických podmínek".

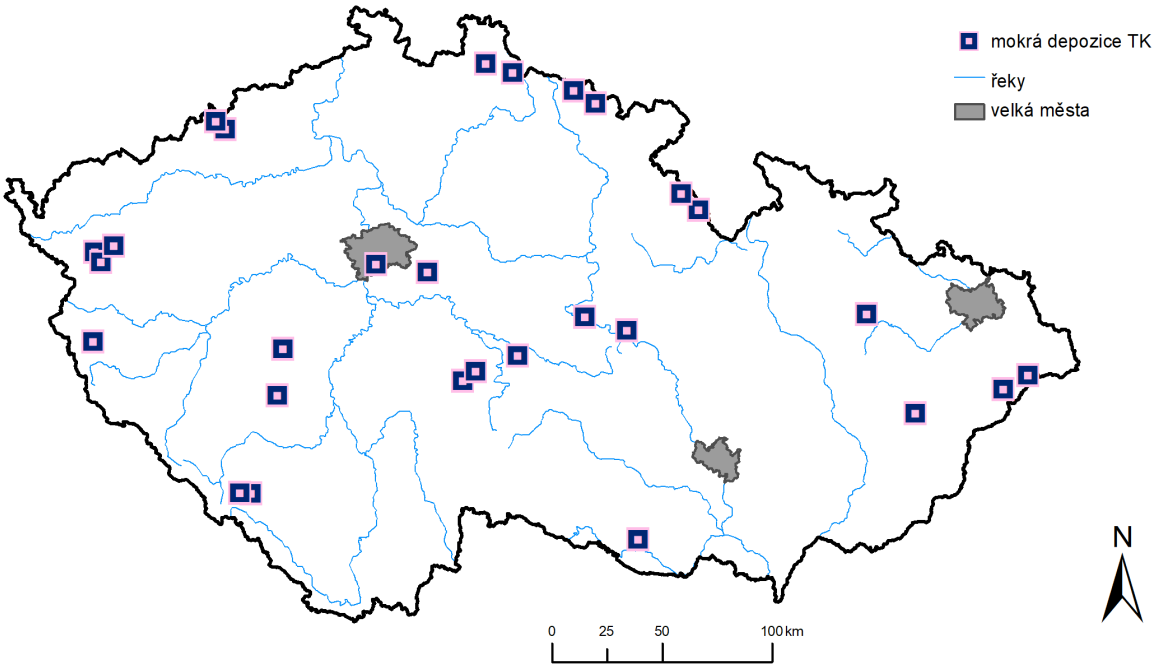
Suchá depozice byla kvantifikována na základě tzv. inferenční metody (Seinfeld, Pandis, 1998; Wesely, Hicks, 2000), tedy znásobením průměrné roční imisní koncentrace uvažovaného TK a jeho příslušné průměrné roční depoziční rychlosti. Pro mapu suché depozice byla použita staniční měření ČHMÚ z monitorovací sítě AIM, kde se koncentrace příslušných TK stanovuje z odebraného vzorku aerosolu frakce PM_{10}. Aktuální mapa znázorňující rozložení stanic k toku 2019 je prezentována na ***Obr. 2***. Pole depozičních toků pro jednotlivé TK je pak výsledkem součinu imisní koncentrace a průměrné roční depoziční rychlosti relevantní pro každý z TK. Depoziční rychlosti pro Pb a Ni jsou používány dlouhodobě na základě provedené rešerše odborné literatury, hodnoty depozičních rychlostí pro As a Ni vycházely z údajů poskytnutých modeláři EMEP na základě specifického běhu modelu EMEP pro území ČR (Gusev, 2022). Konkrétně byly použity následující hodnoty depozičních rychlostí:

Pb: 0,25 $cm.s^{-1}$ (les), 0,08 $cm.s^{-1}$ (území mimo les)
Cd: 0,27 $cm.s^{-1}$ (les), 0,1 $cm.s^{-1}$ (území mimo les)
As: 0,57 $cm.s^{-1}$ (les), 0,07 $cm.s^{-1}$ (území mimo les)
Ni: 0,52 $cm.s^{-1}$ (les), 0,09 $cm.s^{-1}$ (území mimo les)

Mapy mokré depozice jednotlivých TK byly konstruovány z pole koncentrací TK ve srážkách (na základě průměrných ročních koncentrací vážených srážkovým úhrnem vypočtených z naměřených údajů) a z pole ročních srážkových úhrnů, které bylo vytvořeno na základě údajů ze 750 srážkoměrných stanic se zohledněním vlivu nadmořské výšky na množství srážek. Mapu staniční sítě měření koncentrací TK v atmosférických srážkách ukazuje ***Obr. 3***.



Obr. 2. ***Mapa staniční sítě pro monitoring těžkých kovů v aerosolu, 2019. Stanice použité pro vytvoření map suché atmosférické depozice.***



Obr. 3. ***Mapa staniční sítě pro monitoring těžkých kovů v atmosférických srážkách, 2019. Stanice použité pro vytvoření map mokré atmosférické depozice.***

Literatura:

CAMx User´s Guide, Version 7.10. Dostupný na: https://camx-wp.azurewebsites.net/Files/CAMxUsersGuide_v7.10.pdf.

ČHMÚ, 2020a. Český referenční rozptylový model SYMOS'97. Dostupný na: http://portal.chmi.cz/aktualnisituace/stav-ovzdusi/modelovani-kvality-ovzdusi/model-symos.

ČHMÚ, 2020b. Systém sběru, zpracování a hodnocení dat v roce 2020. ČHMÚ,Praha. Dostupný na: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/20_teormet_komplet_final_26072021.pdf.

ČHMÚ, 2021. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2020. Český hydrometeorologický ústav, Praha.

ETC/ACC, 2007. Spatial Mapping of Air Quality for European Scale Assessment. ETC/ACC Technical Paper 2006/6. Dostupný na: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etcacc_technpaper_2006_6_spat_aq.

ETC/ATNI, 2022. Benzo(a)pyrene (BaP) Annual Mapping. Evaluation of Its Potential Regular Updating. ETC/ATNI Report 18/20212022. Dostupný na: https://doi.org/10.5281/zenodo.5898376.

Gocht T., Klemm O., Grathwol P., 2007. Long-term atmospheric bulk deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in rural areas of Southern Germany. *Atmos. Environ*. **41**, 1315–1327.

Guerreiro C.B.B., Horálek J., de Leuw F., Couvidat F., 2016. Benzo(a)pyrene in Europe: Ambient air concentrations, population exposure and health effects. *Environ. Pollut*. **214**, 657–667.

Gusev A., 2020. (Meteorological Synthesizing Centre—East, Moscow, Russia). Deposition velocities for BaP for the CR. Personal communication.

Gusev A., 2022. (Meteorological Synthesizing Centre—East, Moscow, Russia). Deposition velocities for As and Ni for the CR. Personal communication.

Gusev A., Mantseva L., Shatalov V., Strukov B., 2005. Regional Multicompartment Model MSCE-POP; EMEP/MSC-E Technical Report 5/2005. Meteorological Synthesizing Centre-East: Moscow, Russia.

Hůnová I., Kurfürst P., Vlasáková L., Schreiberová M., Škáchová H., 2022. Atmospheric Deposition of Benzo[a]pyrene: Developing a Spatial Pattern at a National Scale. *Atmosphere* **13**, 712.

Keyte I.J., Harrison R.M., Lammel G., 2013. Chemical reactivity and long-range transport potential of polycyclic aromatic hydrocarbons—A review. *Chem. Soc. Rev*. **42**, 9333.

Seinfeld J.H., Pandis, S.N., 1998. Atmospheric Chemistry and Physics; John Wiley: New York, NY, USA, p. 1326.

Škrdlíková L., Landlová L., Klánová J., Lammel G., 2011. Wet deposition and scavenging efficiency of gaseous and particulate phase polycyclic aromatic compounds at a central European suburban site. *Atmos. Environ*. **45**, 4305–4312.

Van Jaarsveld J.A., van Pul W.A.J., de Leeuw F.A.A.M., 1997. Modelling transport and deposition of persistent organic pollutants in the European region. *Atmos. Environ*. **31**, 1011–1024.

Wesely M.L., Hicks B.B., 2000. A review of the current status of knowledge on dry deposition. *Atmos. Environ*. **34**, 2261–2282.