

VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK NA KONCENTRACE ŠKODLIVIN V OVZDUŠÍ V AGLOMERACI BRNO A JIHMORAV- SKÉM KRAJI

Robert Skeřil, Jana Šimková

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Kroftova 43, 616 67 Brno
robert.skeril@chmi.cz

Abstract

The meteorological conditions are significantly interfered in air quality – primarily by physical and chemical processes in atmosphere and secondarily by mostly antropogenous processes. In the first category could be classified the air temperature, temperature inversion (one of the precursors of smog situations in winter period), rain (wash out the suspended particles from air), processes leading to secondary atmospheric aerosols etc. The second category is represented mainly by the length of the heating season in dependency on the winter season length and temperatures.

So meteorological could significantly influence also the process of areas with worsen air-quality definition. Temperature in winter season, the length of winter (heating) season or dispersion conditions could determine whether the locality will exceed the air-quality limits or not. This could result in two completely different situations in the same area in the two following years. That happened in recent years in South Moravia region, where the area with worsen air-quality represented 3% of the region area in the year 2004. In the year 2005 represented the area with worsen air-quality 65% of the region South Moravia area.

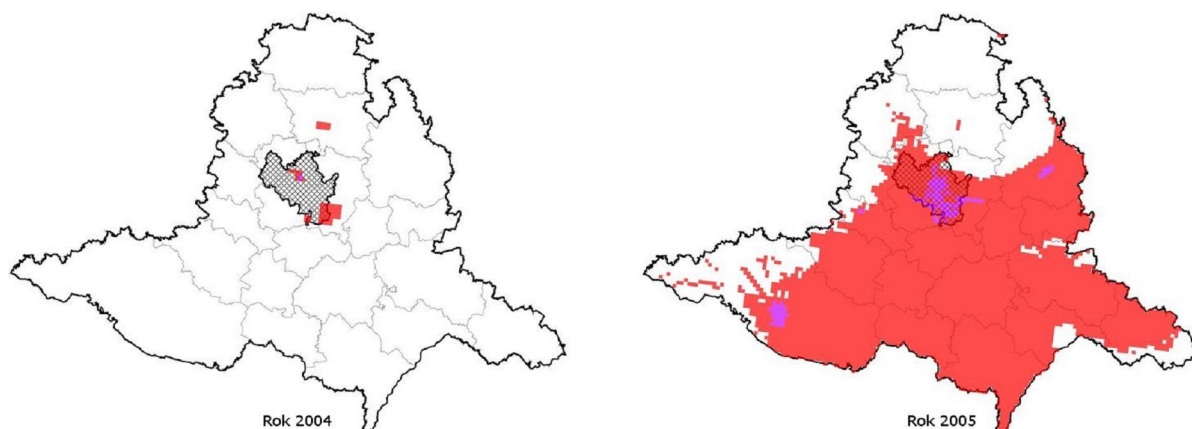
This important change comes up without any significant change in structure or amount of air pollutant sources. The reason of increase of areas, where is at least for one pollutant the air-quality limit exceeded must, be found somewhere else – in meteorological characteristics. The most evidential is the relationship between the air temperature and the concentrations of the air pollutants. The correlations between suspended particles, sulphur dioxide, nitrogen dioxide or benzo(a)pyrene and air temperature was found. Also influence of air temperature on particle size distribution was observed. Ozone is also influenced by global radiation.

Keywords: meteorological conditions, smog, air pollution, air-quality limits, areas with worsen air-quality, particles

Meteorologické podmínky se velmi výrazně promítají do kvality ovzduší, a to jak primárně fyzikálně – chemickými procesy probíhajícími v atmosféře, tak sekundárně, kdy je zdrojem převážně antropogenní činnost. Do první kategorie by se daly zařadit teplota a teplotní inverze (jeden ze zdrojů špatných rozptylových podmínek v zimním období), déšť (vymývá suspendované částice z ovzduší) procesy vedoucí k tvorbě sekundárních atmosférických aerosolů atp. Druhá kategorie je pak zejména reprezentována dél-

kou topné sezóny v závislosti na délce zimy a teplotách v zimním období.

Meteorologické podmínky se tak mohou velmi významně promítnout i do vymezení oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší (OZKO), kdy o překročení nebo nepřekročení limitu v jednotlivých lokalitách rozhoduje teplota v zimním období, délka zimy a rozptylové podmínky. Výsledný efekt pak ukazuje obr. 1, popisující dva po sobě jdoucí roky v Jihomoravském kraji.



Obr. 1: Vymezení OZKO pro Jihomoravský kraj v letech 2004 a 2005 [4]

Z obrázku je patrná významný rozdíl v ploše území Jihomoravského kraje spadající do OZKO. Zatímco v roce 2004 spadalo do OZKO pouze 3% území Ji-

homoravského kraje, v roce 2005 to bylo již 65%. Přitom jak je patrné z tabulky 1, z hlediska zdrojů znečištění ovzduší nedošlo k žádným výrazným změnám.

Tab. 1 - Emise hlavních znečišťujících látek v Jihomoravském kraji, REZZO 1-4 [2]

	TZL	SO ₂	NO _x	CO	VOC
2004 (t/rok)	4488,1	4200,9	19390,2	33018,1	16433,2
2005 (t/rok)	4676,4	4289,9	20165,8	33540,3	16482,5
Rozdíl (%)	4,20%	2,12%	4,00%	1,58%	0,30%

Příčinu nárůstu oblastí s překročeným imisním limitem pro některou ze škodlivin je tedy nutné hledat jinde – v meteorologických charakteristikách. Zřejmě nejprůkaznější je pak vztah teploty a koncentrací škodlivin.

Pro získání představy o závislostech koncentrací škodlivin na teplotě byly použity 3 stanice ležící v aglomeraci Brno a zóně Jihomoravský kraj. Jednalo se o stanice Brno - Kroftova, Brno – Tuřany a Mikulov – Sedlec. Tyto lokality se liší svou charakteristikou dle EoI a rovněž svou reprezentativností. Stanice Brno – Kroftova se nachází v zastavěné lokalitě MČ Brno – Žabovřesky, poblíž se nachází rušná silnice, z hlediska zástavby pak zejména rodinné domy. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 235 m.n.m. Dle klasifikace EoI je stanice charakterizovaná jako dopravní, typ zóny městská, charakteristika zóny obytná. Reprezentativnost lokality je v rámci oblastního měřítka - městské nebo venkov (4 - 50 km).

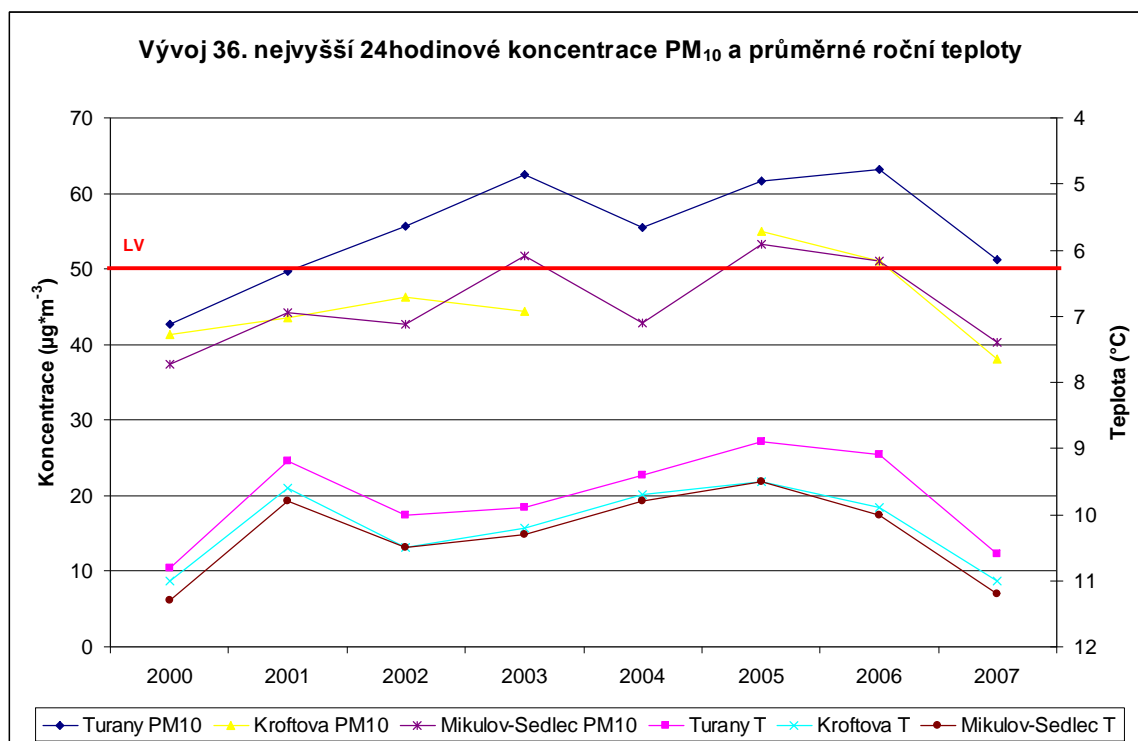
V této lokalitě se nachází i meteorologická stanice Brno – Žabovřesky, ze které byly převzaty údaje o teplotě. Stanice Brno – Tuřany se nachází v prostoru letiště Brno - Tuřany. Lokalita leží v jihovýchodní části Brna, oproti centru města leží ve vyšší nadmořské výšce na tzv. Tuřanské terase. Stanice je umístěna v nadmořské výšce 241 m.n.m. Dle klasifikace EoI je stanice charakterizovaná jako pozadová, typ zóny předměstská, charakteristika zóny obytná. Reprezentativnost lokality je v rámci oblastního měřítka - městské nebo venkov (4 - 50 km). Stanice je považována za charakteristickou pro pozadí města Brna. V této lokalitě se nachází i profesionální meteorologická stanice Brno – Tuřany, ze které byly převzaty údaje o teplotě. Stanice Mikulov – Sedlec je umístěna mezi městy Lednice a Mikulov v kopci nad obcí Sedlec. V okolí stanice se rozprostírají vinice, nedaleko je rovněž Sedlecký rybník. Stanice je umístěna v nadmořské

výšce 245 m.n.m. Dle klasifikace EoI je stanice charakterizovaná jako pozad'ová, typ zóny venkovská, charakteristika zóny zemědělská. Reprezentativnost lokality je v rámci oblastního měřítka (desítky až stovky km). Data o teplotě byly převzaty z nedaleké meteorologické stanice Lednice.

Na všech těchto stanicích jsou měřeny suspendované částice frakce PM₁₀, SO₂, NO₂ a O₃. Lokalita Brno-Kroftova poskytuje rovněž informace o koncentracích benzo(a)pyrenu – zástupci polyaromatických uhlovodíků, u kterého dochází k překračování imisního limitu. Lokalita Brno - Tuřany měří i jemnější frakci suspendovaných částic – PM_{2,5}.

Suspendované částice

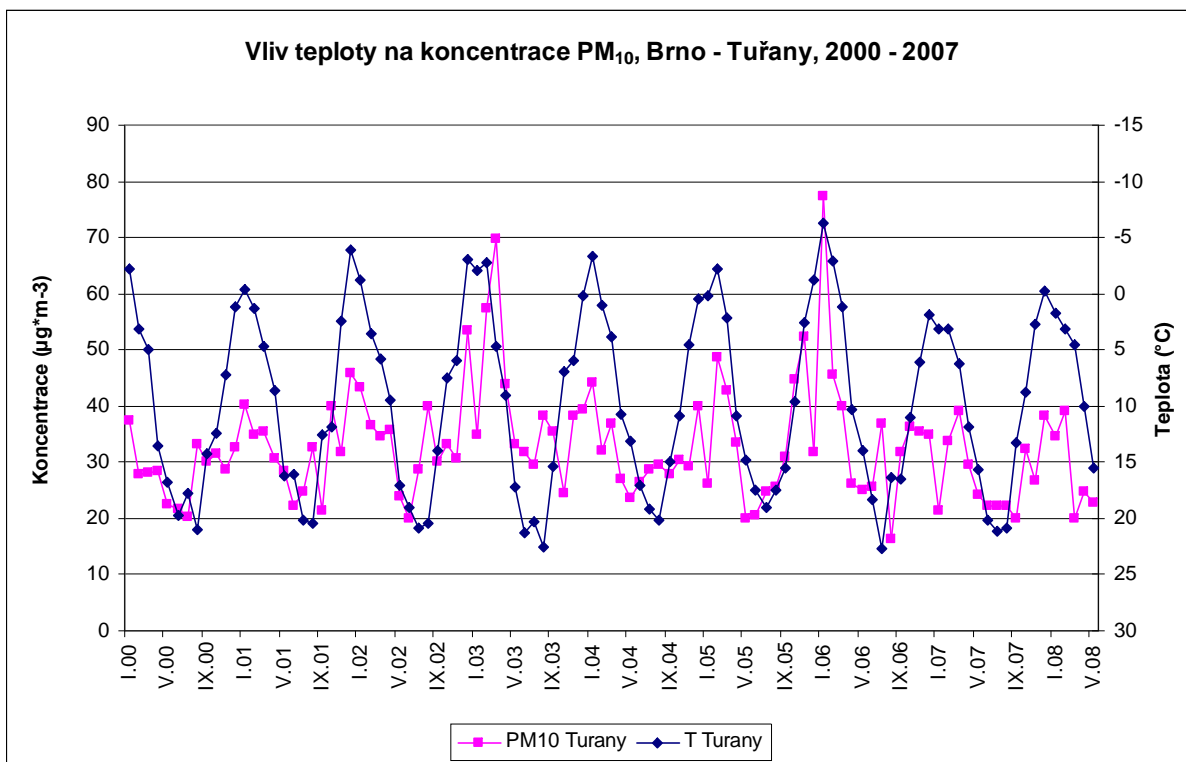
Suspendované částice PM₁₀ mají v české legislativě dva imisní limity – pro průměrnou roční koncentraci a dále pak pro 24-hodinovou koncentraci. Právě imisní limit pro průměrnou 24hodinovou koncentraci PM₁₀ je hlavním zdrojem výrazné změny v ploše OZKO v Jihomoravském kraji. Tento imisní limit má hodnotu 50 μg*m⁻³ a může být za kalendářní rok 35x překročen, čili pokud 36. nejvyšší 24hodinová koncentrace přesáhne hranici 50 μg*m⁻³, dojde k překročení imisního limitu [6]. Vývoj těchto koncentrací spolu s průměrnou roční teplotou ukazuje následující obrázek 2



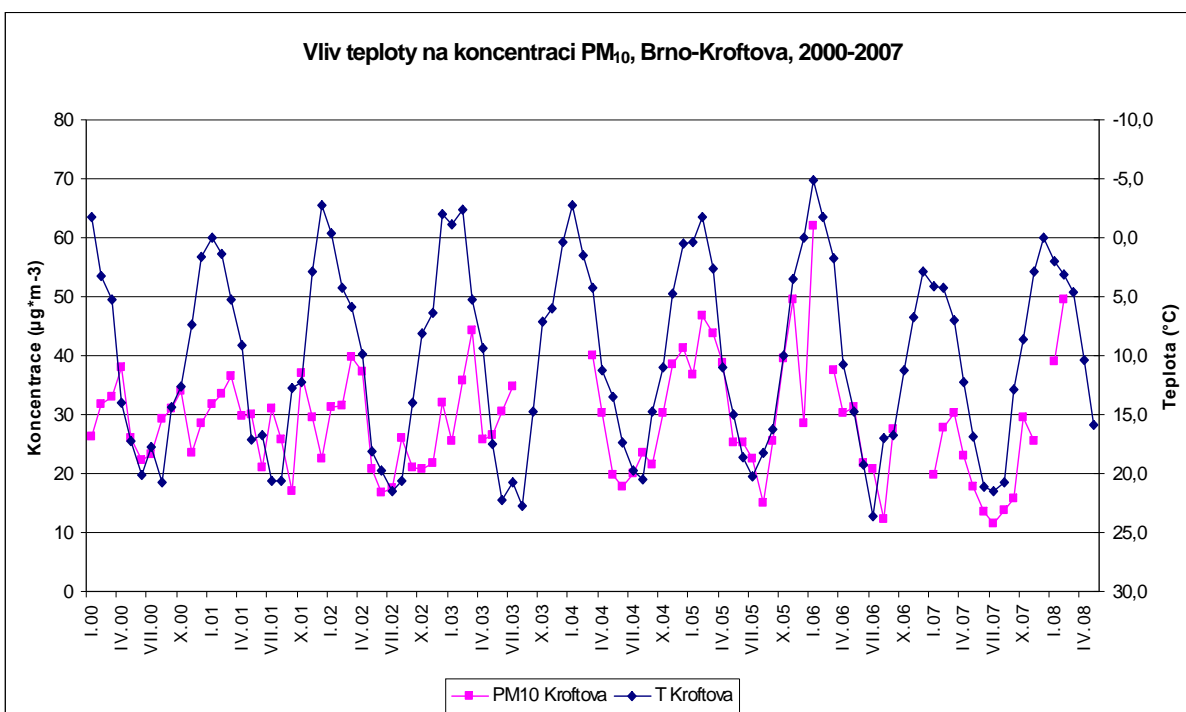
Obr. 2: Vývoj 36. nejvyšší 24hodinové koncentrace PM₁₀ a průměrné roční teploty

Již z tohoto grafu lze vypočítat jisté trendy, obzvláště v posledních letech, kdy se snižující se průměrnou roční teplotou roste hodnota 36. nejvyšší 24hodinové koncentrace. Mnohem markantněji je

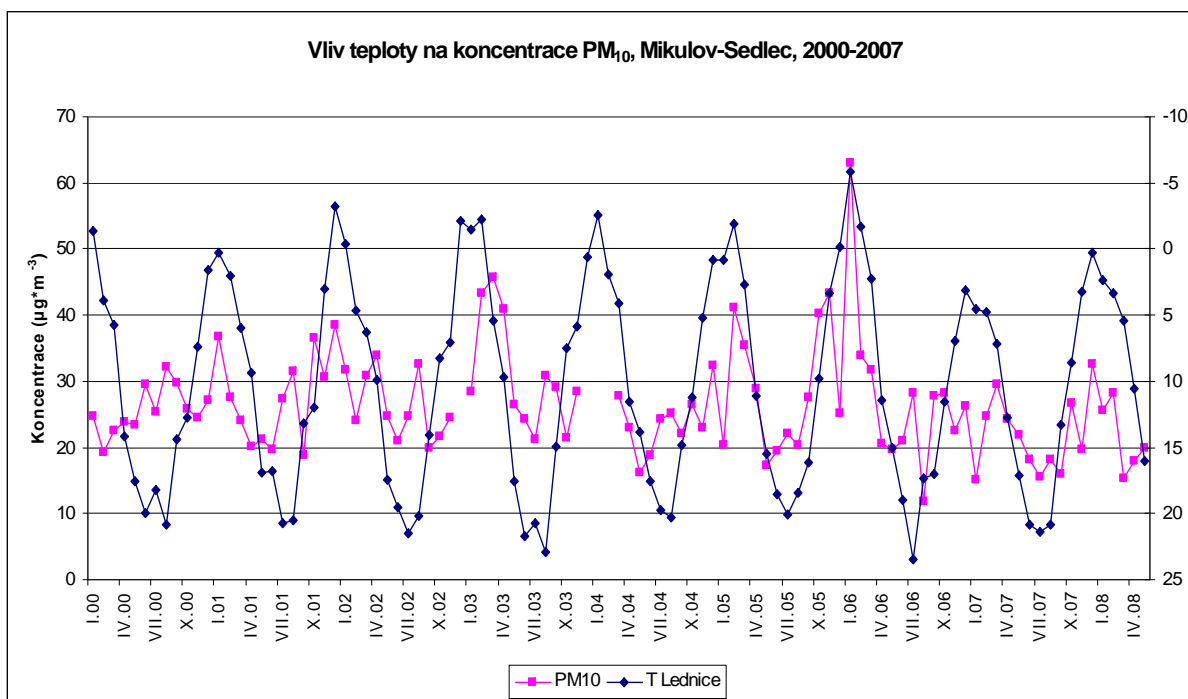
však tento vztah pozorovatelný, pokud jsou proti sobě postaveny hodnoty průměrované za stejné časové období – tedy měsíční průměrné koncentrace a teploty, jak je uvedeno na obr. 3-5.



Obr. 3: Vliv teploty na koncentrace PM₁₀, Brno - Tuřany, 2000 – 2007 [3]



Obr. 4: Vliv teploty na koncentraci PM₁₀, Brno-Kroftova, 2000-2007 [3]

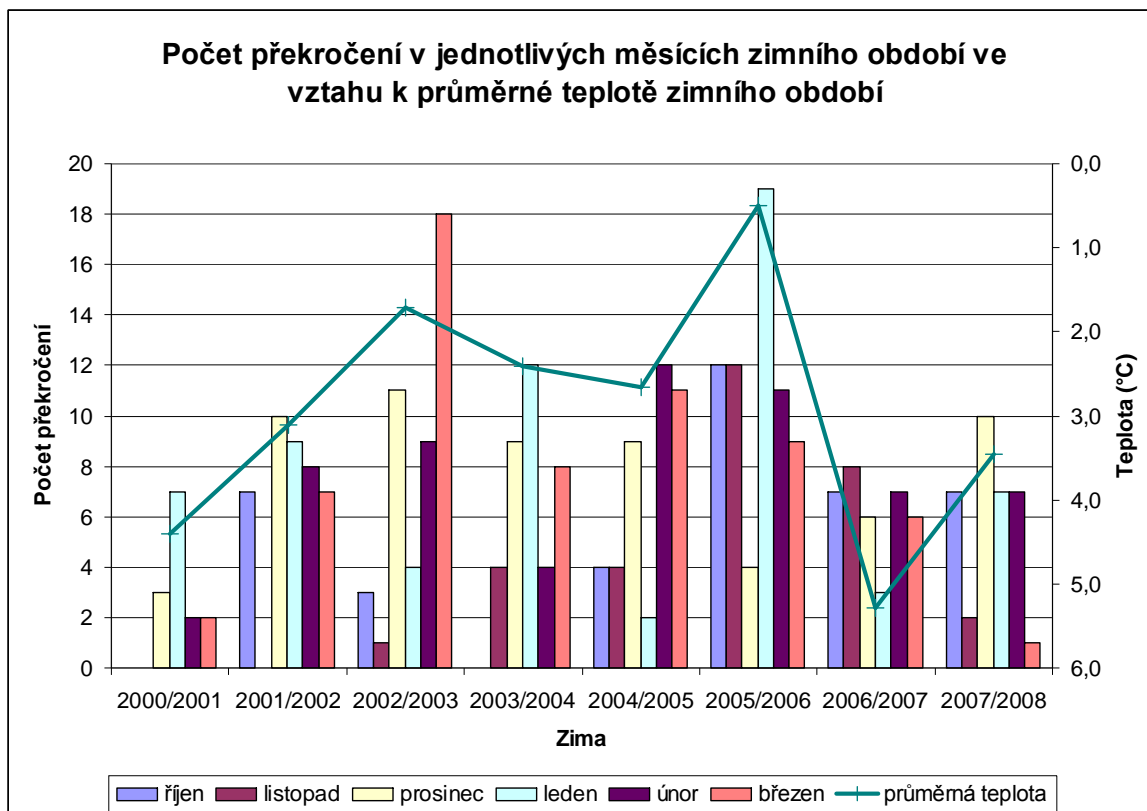


Obr. 5: Vliv teploty na koncentrace PM₁₀, Mikulov-Sedlec, 2000-2007 [3]

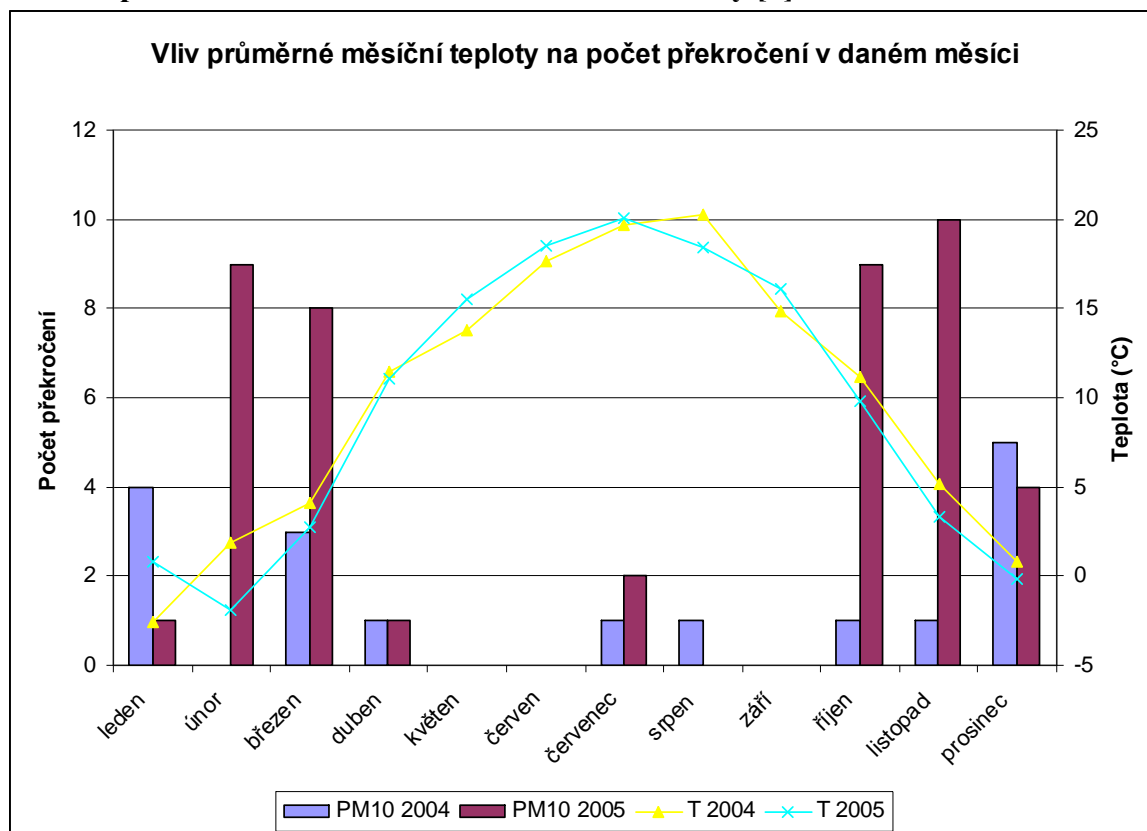
Z uvedených grafů je patrný společný chod průměrných měsíčních koncentrací PM₁₀ s inverzně vynášenými průměrnými měsíčními teplotami. V absolutních hodnotách se sice od sebe koncentrace na jednotlivých lokalitách liší, avšak ovlivnění teplotou je patrné ve všech případech. Z uvedených grafů je rovněž patrné, že nejhorší imisní situace nastala v lednu 2006, kdy se průměrné měsíční koncentrace pohybovaly v Jihomoravském kraji mezi 60 až 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Rovněž to byl měsíc s nejnižší průměrnou měsíční teplotou cca $-6\text{ }^\circ\text{C}$. Obecně lze říci, že o tom, zda oblast spadne do OZKO rozhoduje zimní období od října do března. Následující obr. 6 znázorňuje počty překročení koncentrace $50\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ v jednotlivých měsících zimních období a jejich vztah k průměrné teplotě tohoto zimního období v lokalitě Brno - Tuřany.

Z tohoto obrázku je opět patrná korelace mezi teplotou a imisní situací. Za povšimnutí stojí dva vysoké píky z března 2003 a zejména z ledna 2006. Z 31 dnů v měsíci lokalita Brno – Tuřany překročila koncentraci $50\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 18x resp. 19x a vyčerpala tak více než 50% povolených překročení této koncentrace za rok během jediného měsíce. Z grafu rovněž vyplývá, že dané období byly v těchto letech nejchladnější.

Velmi zajímavé je pak srovnání imisní situace z ledna 2006 a ledna 2007. V lednu 2006 došlo k 19 překročením, průměrná měsíční koncentrace PM₁₀ dosáhla hodnoty $77,4\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při průměrné měsíční teplotě $-6,3\text{ }^\circ\text{C}$. O rok později došlo v téže lokalitě v měsíci lednu pouze ke třem překročením, průměrná měsíční koncentrace PM₁₀ dosáhla hodnoty $21,5\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ při průměrné měsíční teplotě $3,2\text{ }^\circ\text{C}$.



Obr. 6: Počet překročení v jednotlivých měsících zimního období ve vztahu k průměrné teplotě zimního období v lokalitě Brno - Tuřany [3]

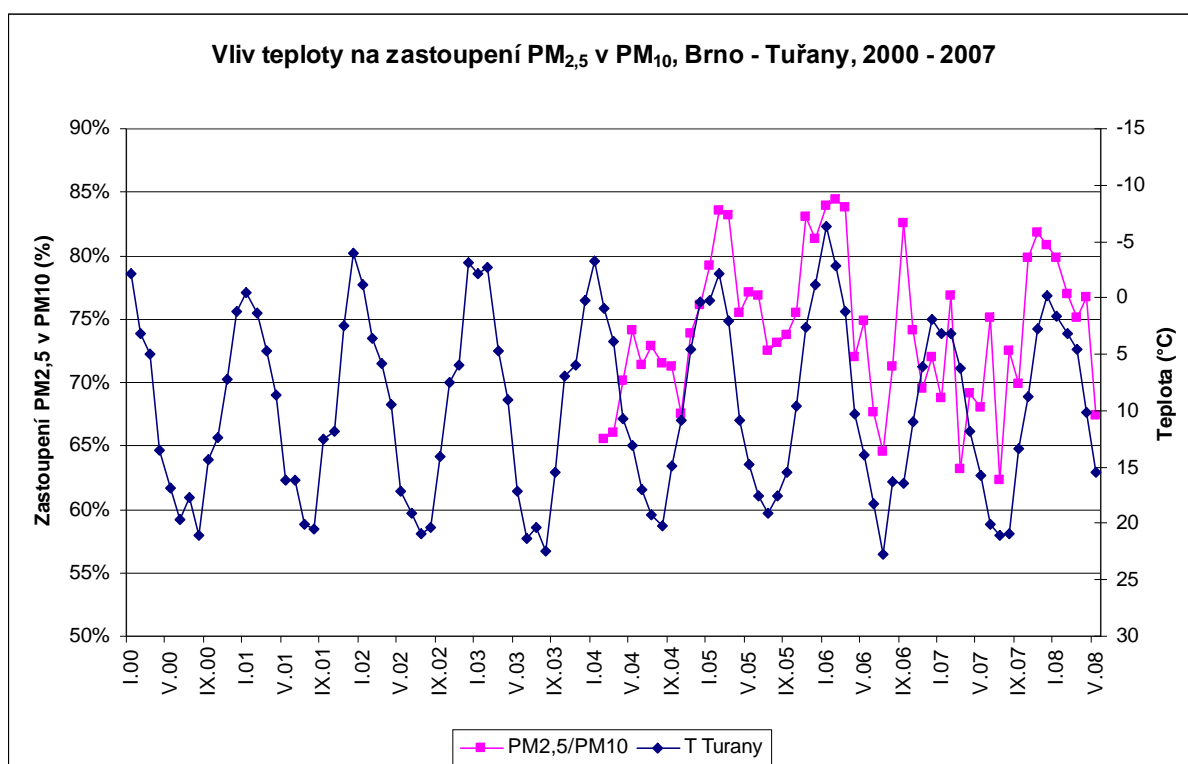


Obr. 7: Vliv průměrné měsíční teploty na počet překročení v daném měsíci v lokalitě Mikulov-Sedlec, roky 2004 a 2005 [3]

Z výše uvedených dat pak vyplývá i důvod výrazné změny plochy OZKO v Jihomoravském kraji v letech 2004-2005 uvedeném na obr. 1. Pro dovysvětlení této situace je na obr. 7 graficky zpracováno, jak o cca 1 až 2°C nižší teplota v zimních měsících roku 2005 výrazně ovlivnila počet překročení PM₁₀. A jelikož je Mikulov-Sedlec pozaďová lokalita s velkou reprezentativností, ovlivnilo překročení imisního limitu této sta-

nice velkou plochu Jihomoravského kraje.

Problematikou vztahu distribuce velikosti suspendovaných částic a meteorologických podmínek se ve své práci zabýval již Dr. Keder [1]. Lokalita Brno – Tuřany, kde se kromě frakce PM₁₀ měří i jemnější frakce PM_{2,5} pouze potvrzuje výsledky této práce.



Obr. 8: Vliv teploty na relativní zastoupení PM_{2,5} v PM₁₀, Brno - Tuřany, 2000 - 2007 [3]

Z grafu na obr. 8 vyplývá, že se snižující se teplotou roste podíl jemnější frakce PM_{2,5} v PM₁₀. Nejvyšší podíl byl naměřen v již zmíněném lednu 2006, kdy se podíl jemnější frakce blížil 85%. Z hlediska zdravotních rizik lze tedy hovořit o lednu 2006 jako o nejhorším měsíci za posledních 7 let, kdy nejenže byly naměřeny nejvyšší koncentrace suspendovaných částic, ale rovněž v těchto vysokých koncentracích byla zastoupena především jemnější frakce, která proniká

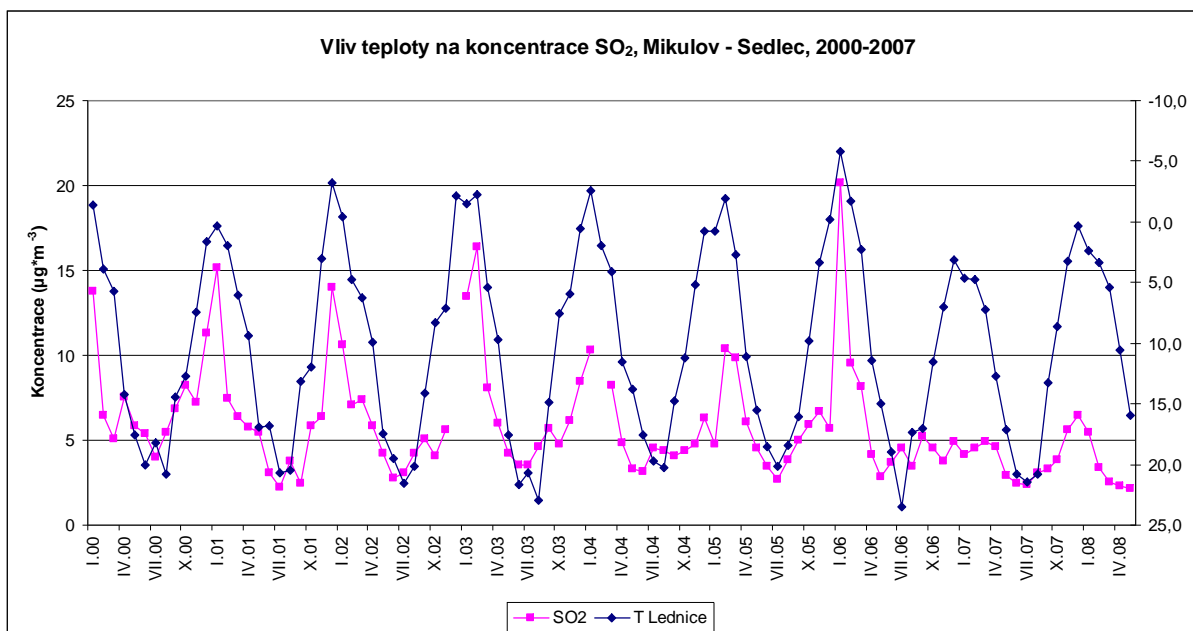
dále do lidského těla a způsobuje tak větší problémy.

Evropská legislativa [7] již stanovila imisní limit pro PM_{2,5}, lze tedy očekávat, že se v následujících letech promítne i do legislativy české. Jelikož se rovněž koncentrace PM_{2,5} pohybují v Jihomoravském kraji v blízkosti stanoveného imisního limitu, budou o jeho překročení či nepřekročení rovněž rozhodovat meteorologické podmínky v daném roce, zejména však v zimním období, podobně jako u částic PM₁₀.

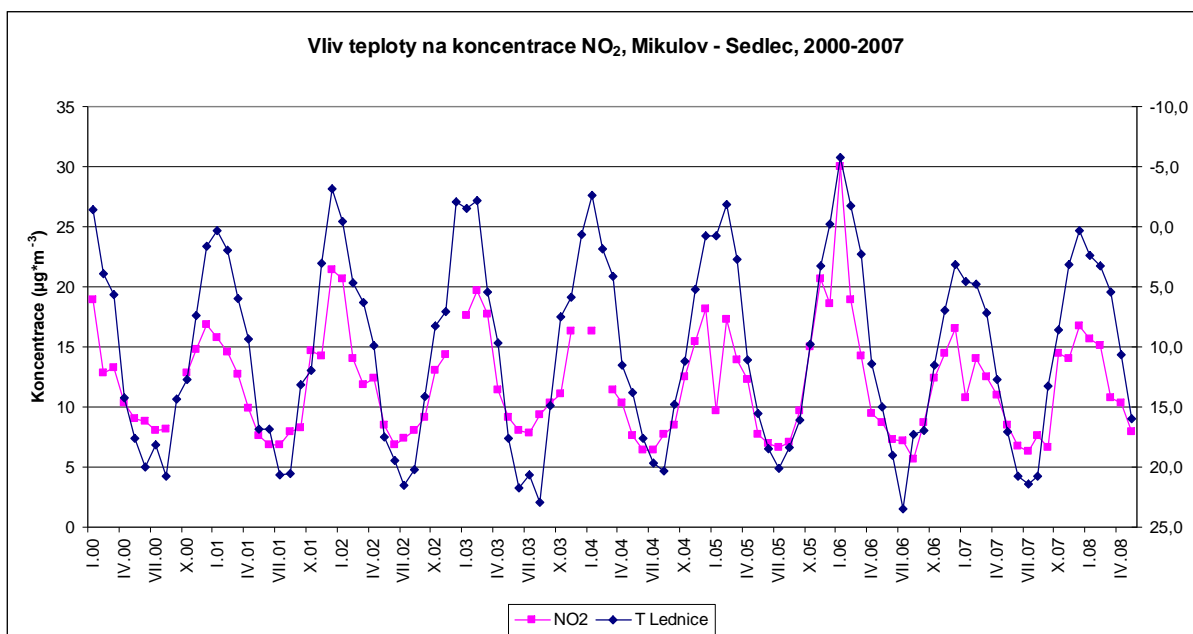
Oxid siřičitý a oxid dusičitý

Rovněž u těchto dvou plynných škodlivin byla nalezena korelace mezi jejich koncentracemi a teplotou, avšak na rozdíl od suspendovaných částic jsou koncentrace těchto škodlivin nízké, a tudíž nemůže

nastat situace podobná té u PM_{10} , že chladnější rok způsobí výraznou změnu v ploše OZKO. Pro názornost jsou uvedeny graficky zpracované korelace z pozad'ové stanice v Mikulově-Sedleci.



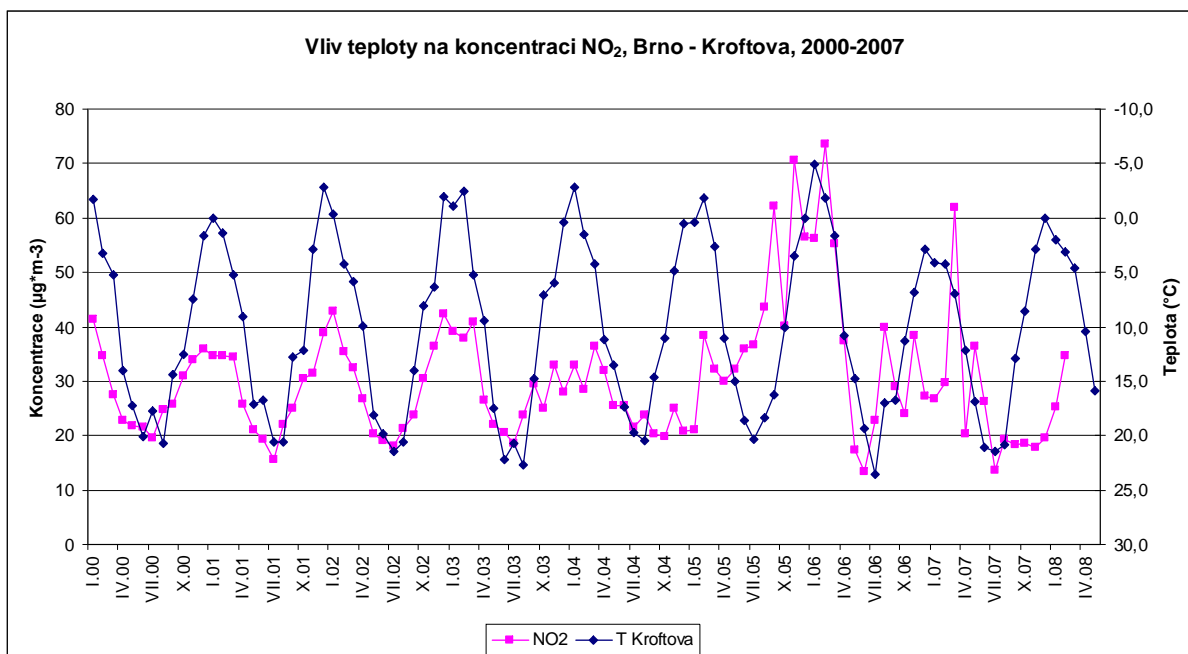
Obr. 9: Vliv teploty na koncentrace SO_2 , Mikulov - Sedlec, 2000-2007 [3]



Obr. 10: Vliv teploty na koncentrace NO_2 , Mikulov - Sedlec, 2000-2007 [3]

Z obr. 10 vyplývá, že v případě pozad'ové stanice je koncentrace NO_2 velmi dobře korelovatelná s teplotou. V případě stanic

městských a zejména dopravních již korelace není dobrá, ačkoli celkový trend ještě stále pozorovatelný je.

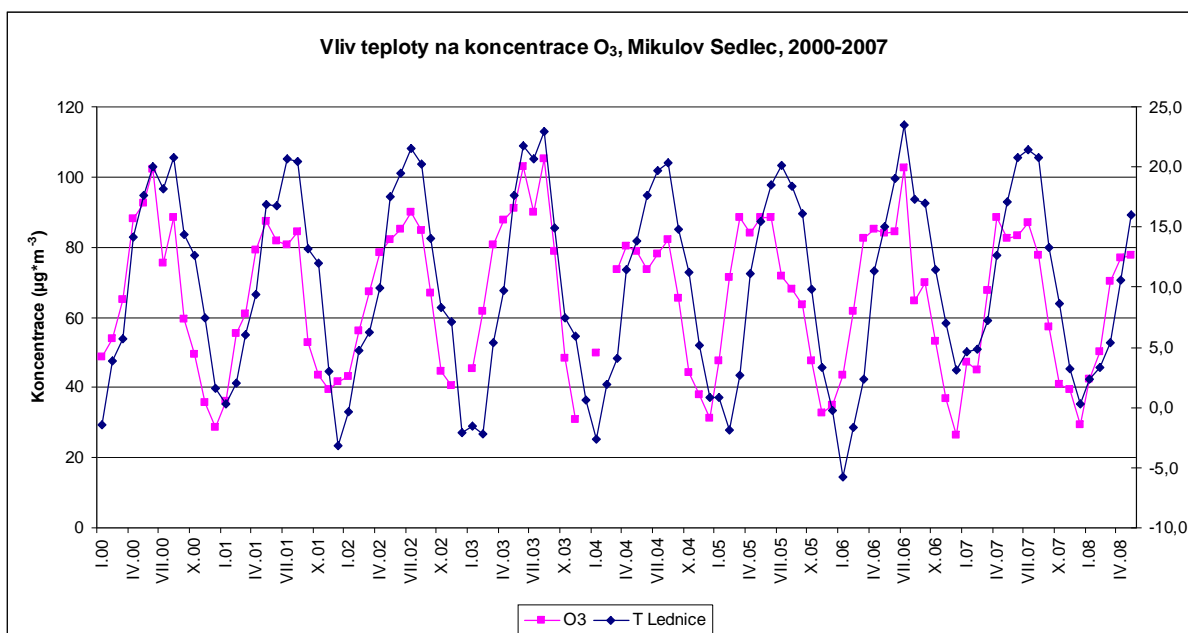


Obr. 11: Vliv teploty na koncentrace NO₂, Brno - Kroftova, 2000-2007 [3]

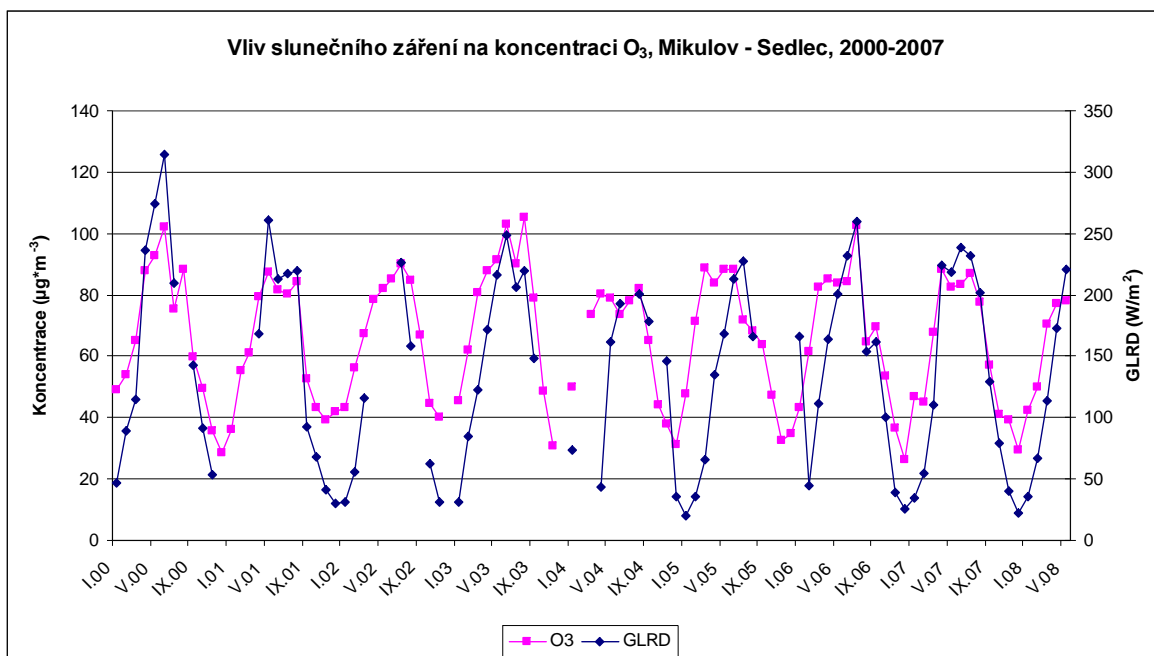
Ozón

Koncentrace ozónu jsou rovněž velmi dobře korelovatelné s teplotou. Na rozdíl od předchozích sloučenin však jeho kon-

centrace neroste se snižující se teplotou, ale právě naopak. Na koncentraci O₃ se kromě teploty (obr. 12) dále výrazně podílí sluneční záření (obr. 13).



Obr. 12: Vliv teploty na koncentrace O₃, Mikulov - Sedlec, 2000-2007 [3]

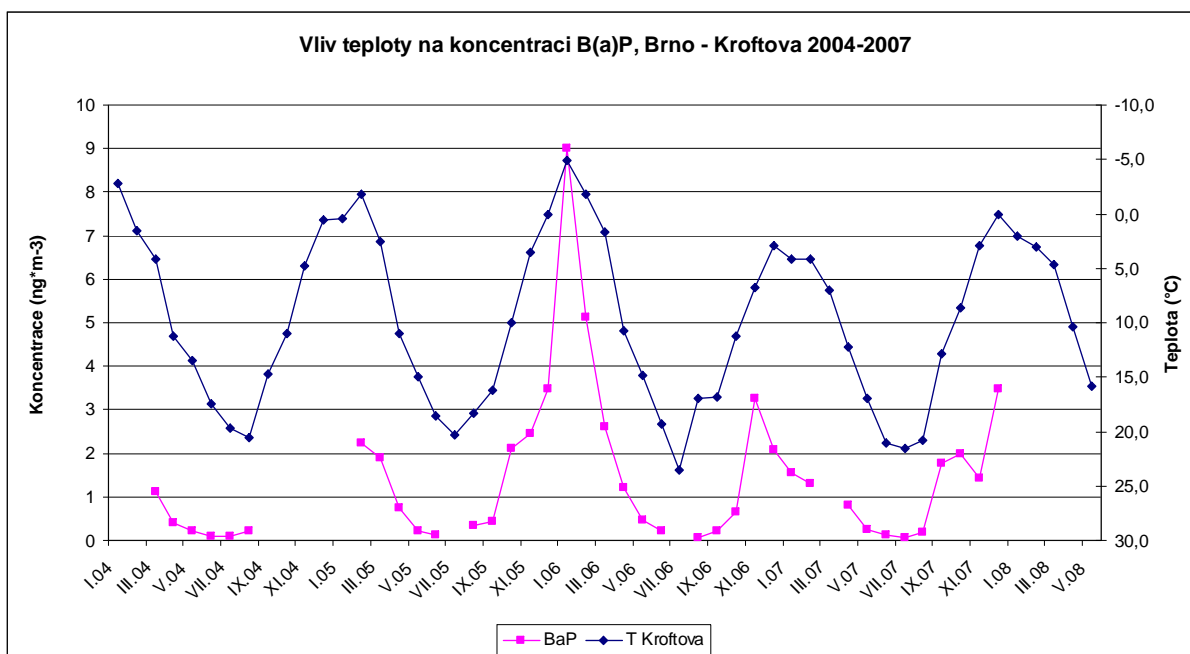


Obr. 13: Vliv slunečního záření na koncentraci O₃, Mikulov - Sedlec, 2000-2007 [3]

Benzo(a)pyren

Benzo(a)pyren B(a)P je po suspendovaných částicích další škodlivinou, která na

území Jihomoravského kraje překračuje imisní limit. A obdobně jako PM₁₀ jsou koncentrace B(a)P korelovatelné s teplotou, jak je uvedeno na obr. 14.



Obr. 14: Vliv teploty na koncentraci B(a)P, Brno - Kroftova 2004-2007 [3]

Nejhorší imisní situace z hlediska B(a)P nastala opět v lednu 2006, kdy se koncentrace pohybovaly okolo 9 ng·m⁻³, přičemž imisní limit má hodnotu 1 ng·m⁻³.

Závěr

Z výše uvedených výsledků je patrné, že meteorologické podmínky, zejména pak teplota vzduchu, velmi výrazně ovlivňují koncentrace škodlivin v ovzduší. Ovlivnění je důležité zejména v případě částic PM₁₀, jelikož se jejich koncentrace pohybují v okolí imisních limitů a meteorologické podmínky mohou rozhodnout, zda bude území spadat do oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší či nikoliv. Od toho se pak odvíjí nutnost zpracovat programy ke zlepšení kvality ovzduší [5]. V případě

koncentrací NO₂ a zejména SO₂ nehraje ovlivnění meteorologickými podmínkami tak klíčovou roli ve vymezení OZKO jako v případě PM₁₀ – koncentrace SO₂ se na území Jihomoravského kraje dlouhodobě pohybují pod dolní mezí pro posuzování, koncentrace NO₂ nejvýrazněji ovlivňuje přítomnost mobilních zdrojů v lokalitě. Naopak v případě ozónu dochází k dlouhodobému překračování cílového imisního limitu na celém území kraje a ke změně by mohlo dojít pouze za velmi chladné letní části roku.

Použitá literatura:

- [1] Keder J.: Rozbor výsledků kontinuálního měření spekter velikostí částic analyzátoru Grimm. Sborník Ovzduší 2007, 165-169. Brno 2007
- [2] Bilance emisí znečišťujících látek, ČHMÚ Praha 2008 a webová prezentace ČHMÚ, (<http://www.chmi.cz/uoco/emise/embil/emise.html>)
- [3] Informační systém kvality ovzduší (ISKO)
- [4] Znečištění ovzduší na území České Republiky v letech 2000 - 2007, ČHMÚ Praha, (ročenka ÚOČO, ČHMÚ)
- [5] Zákon o Ochráně ovzduší č. 86/2002 Sb.
- [6] Nařízení vlády č. 597/2006 Sb. stanovující imisní limity
- [7] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu

Poděkování:

Tato práce byla podporována Grantovou agenturou akademie věd ČR v rámci grantu č. KJB307530701 – Výskyt letního a zimního smogu v klimatických podmínkách ČR.