

VLIV POVĚTRNOSTNÍCH SITUACÍ NA VELIKOST ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE

Grażyna Knozová

Summary

The goal of this paper was to research of the impacts of synoptic weather patterns on pollution concentrations (PM₁₀, SO₂, NO_x) in Czech Republic. An approach, which uses a synoptic climatological method, was used. Continental anticyclonic (NEa, Ea, SEa, Sa, A) and cyclonic (Nc, Ec, SEc) air mass types were identified as producing high pollution concentration, whereas cyclonic types with westerly flows (NWc, Wc, Wcs, SWc3, C) and anticyclonic type Wal were associated with low levels of atmospheric pollutants. The long-term trend of frequency of two groups synoptic types were analyzed. In the period 1946-2004, the frequency of conditions favoring pollutions concentration decreased by 1,6 % every 10 year. The changes of the frequency of conditions favoring pollutions dispersion are not statistically significant.

1. Úvod

Kvalitu čistoty ovzduší lze bezesporu považovat za jeden z nejdůležitějších bioklimatologických činitelů. Koncentrace znečištění závisí jednak na velikosti emisí, jednak na meteorologických podmínkách rozptylu. Základním faktorem ovlivňujícím celou skupinu meteorologických prvků, které determinují rychlost disperze znečištění, je potom typ povětrnostní situace. Účelem předpokládané stati je proto prozkoumání velikosti koncentrací hlavních škodlivin (prašného aerosolu PM₁₀, SO₂, NO_x) v závislosti na jednotlivých typech cirkulací v České republice; dále určení typů, které mají největší význam pro koncentrace nebo rozptyl znečištění, a konečně analýza jejich dlouhodobé proměnlivosti.

Studie tohoto druhu přináší důležité informace pro hodnocení klimatických podmínek daného území z hlediska čistoty ovzduší. Navíc mohou být použité při předpovídání stavu znečištění, a to jak v krátkodobém výhledu [6], tak i v perspektivě dlouhodobých změn klimatu [1].

2. Zdrojová data a metodika

Předkládaná studie byla vyhotovena na základě dvou skupin dat. K první skupině patří údaje o koncentraci znečištění ovzduší třemi látkami: prašným aerosolem (PM₁₀), oxidem siřičitým (SO₂) a sumou oxidů dusíku (NO_x). Pro zpracování bylo využito údajů z osmi stanic sítě Automatizovaného imisního moni-

toringu (AIM), více méně rovnoměrně rozložených po celém území České republiky (obr. 1), které přináší údaje o denní koncentraci změřených látek z období 1995-2004. Hned na počátku je ovšem zapotřebí konstatovat, že data získaná uvedeným postupem ani zdaleka nejsou kompletní. Nejvíce údajů chybí v případě PM₁₀, jehož měření na zpracovávaných stanicích bylo zahájeno teprve v říjnu 1995 roku (tab. 1).

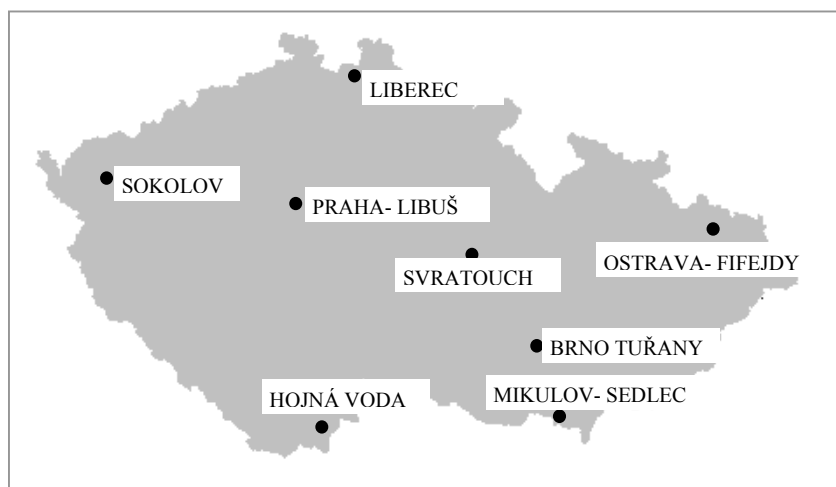
Druhý soubor dat tvoří kalendář povětrnostních situací, sestavený pracovníky ČHMÚ [2]. V první části zpracování byly použita data s období 1995-2004, jež umožňují pomocí dynamicko-synoptické metody [5] určit které typy cirkulací, jež mají pro koncentrace nebo rozptyl znečištění největší význam. Naproti tomu v další části byla sledována proměnlivost roční četnosti výskytu vybraných typů cirkulací v období 1946-2004, přičemž byla využita metoda analýzy trendů.

3. Charakteristika velikosti znečištění ovzduší v České republice při jednotlivých povětrnostních typech

Území České republiky charakterizuje velká proměnlivost počasí. Katalog povětrnostních situací je proto bohatý a zahrnuje 28 typů (detailní popis viz. [2]). Četnost výskytu jednotlivých typů je z tohoto důvodu poměrně malá. Ve sledovaném desetiletí 1995-2004 se vyskytovala s největší četností putující brázd nízkého tlaku vzduchu (četnost Bp činí 10,6%) (obr. 2). Relativně často jsou zaznamenávány také další situace: západní cyklo-

nální (Wc 7,2%), brázda nízkého tlaku (B 6,5%), severovýchodní cyklonální situace

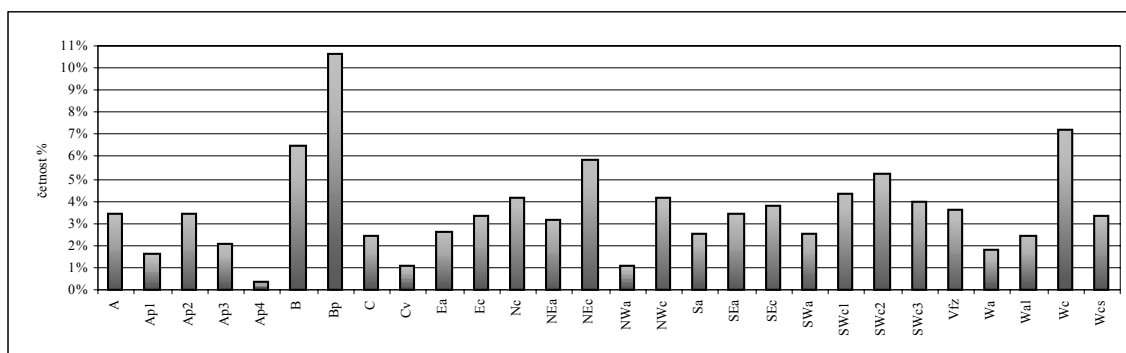
(NEc 5,9%) a jihozápadní cyklonální druhé skupiny (SWc₂ 5,2%).



Obr. 1 Rozmístění zpracovávaných stanic AIM

Tab. 1 Procento údajů o jednotlivých znečištěních, chybějících v období 1995-2004

Chybějící data %	Sokolov	Pha4-Libuš	Hojná Voda	Liberec-město	Svratouch	Brno-Tuřany	Mikulov-Sedlec	Ostrava-Fifejdy
PM10	10,5	12,0	21,7	10,2	13,0	12,2	13,0	12,5
SO ₂	2,4	4,0	6,6	1,4	4,1	2,3	3,8	2,7
Nox	2,8	3,9	8,0	2,2	9,2	2,0	4,5	3,5



Obr.2 Četnost povětrnostních situací (1995-2004)

Průměrné znečištění v letech 1995-2004 je různé v různých částech České republiky. Největší koncentrace jednotlivých látek se vyskytují ve velkých městech: v Ostravě, v

Liberci, v Praze a v Brně (tab.2). Naproti tomu nejmenší jsou zaznamenávány na pozadové stanici Hojná Voda, položené v Novohradských horách ve výšce 818 m n.m.

Tab.2 Velikost znečištění v období 1995-2004, denní průměr $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Sokolov	Pha4-Libuš	Hojná Voda	Liberec-město	Svratouch	Brno-Tuřany	Mikulov-Sedlec	Ostrava-Fifejdy
PM10	23,8	31,1	16,3	30,0	22,9	33,5	26,5	49,7
SO ₂	17,3	12,1	3,9	16,8	7,5	11,1	10,5	17,9
NO _x	29,8	38,2	8,5	41,2	11,4	28,6	15,4	38,8

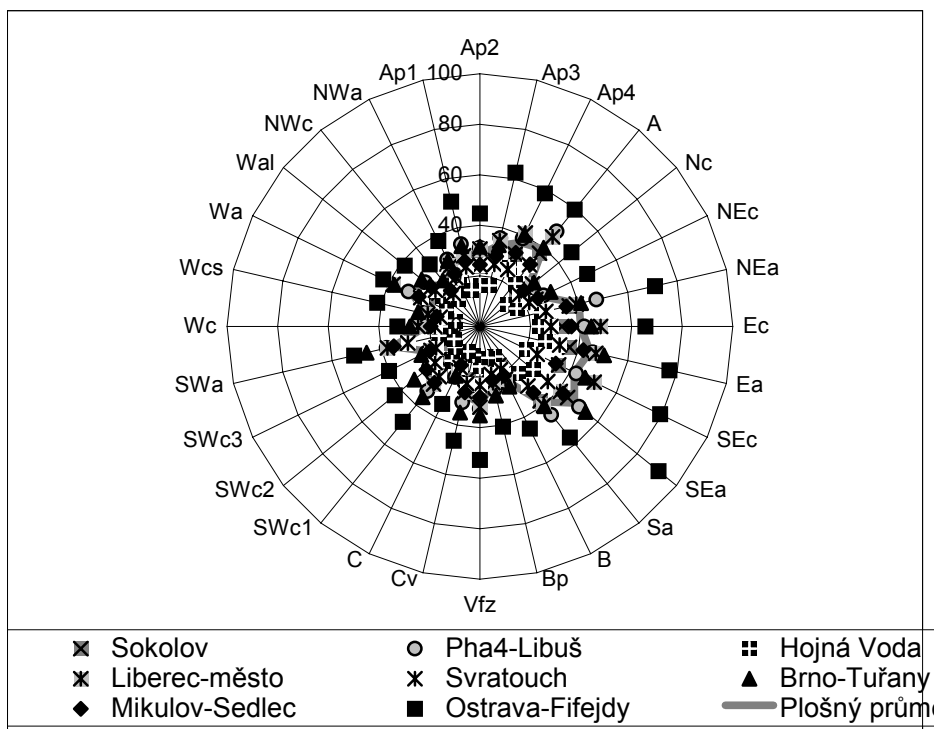
Vliv jednotlivých povětrnostních situací na úroveň znečištění byl prozkoumáný dynamicko-synoptickou metodou. Její princip spočívá ve výběru dnů z celého zpracovávaného období, jež se vyznačují určitým typem cirkulace. Z těchto údajů se posléze vypočítává průměrná koncentrace jednotlivých látek [5]. Pro určení cirkulačních typů způsobujících koncentraci nebo rozptyl konkrétních znečištění byla analyzována každá látka zvlášť (obr. 3, 4, 5). Vypočítané průměrné koncentrace z jednotlivých stanic pro každý cirkulační typ tvoří soubor dat, který byl následně podroben statistické analýze. Plošný průměr (průměr spočítaný ze všech stanic) a také dolní a horní kvartil posloužily jako objektivní kritérium hodnocení působení cirkulačních typů na úroveň znečištění. Jestliže plošný průměr koncentrací dané látky při určitém cirkulačním typu byl větší než horní kvartil souboru analyzovaných dat, byl tento cirkulační typ uznán za způsobující koncentraci. V případě, kdy byl plošný průměr menší než dolní kvartil, cirkulační typ byl uznán za způsobující dispersi.

V případě prašného aerosolu PM10 je vliv povětrnostní situace na velikost koncentrací výrazný. Největší koncentrace se téměř na všech stanicích vyskytovaly při jihovýchodní anticyklonální situaci. Horní kvartil analyzovaných dat je rovný $37,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a proto byly jako způsobující koncentraci hodnoceny typy cyklonální a anticyklonální s advekcí vzdušných mas z východu a jihovýchodu, dále typy anticyklonální s advekcí ze severovýchodu a z jihu, a také centrum anticyklony (obr. 3). V takovýchto situacích se na území České republiky dostává kontinentální vzduch, který přináší suspendovaný prach. Dodatečně jsou s anticyklonálním typem počasí spojeny malé rychlosti větrů a častější vznik teplotních inverzí, a proto se pyly emitované v určitém místě rozptylují v okolí velmi pomalé, což v oblastech s vysokou emisí znečištění přispívá ke vzniku smogových situací.

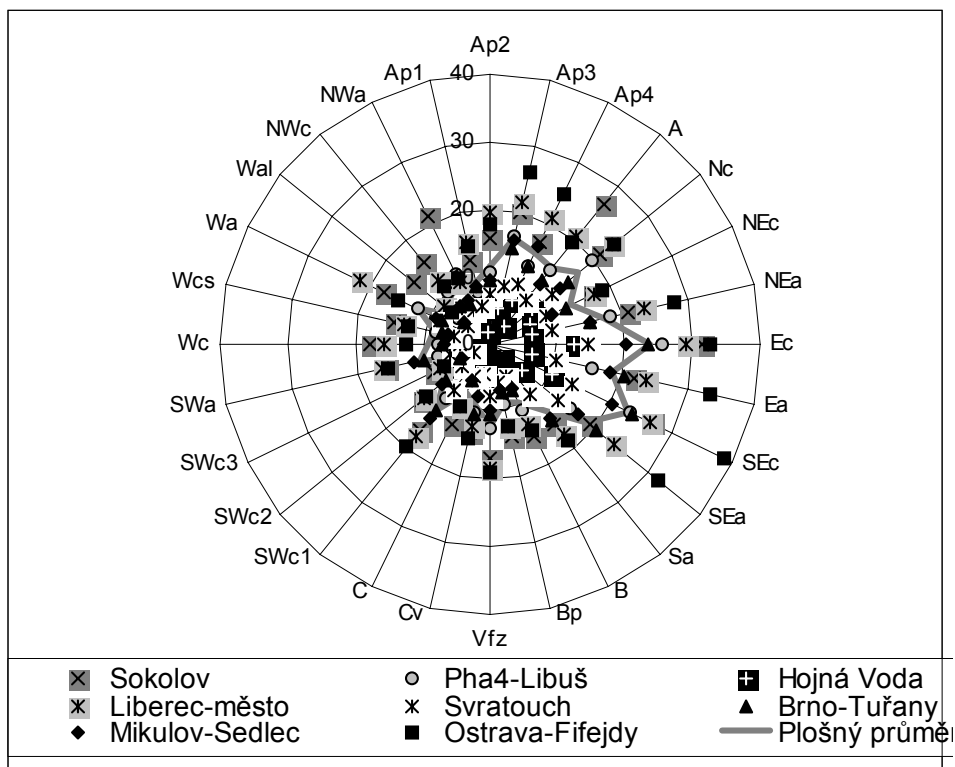
Nejmenší koncentrace prašného aerosolu, kdy plošný průměr PM10 ne přesahoval $21,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, byly zaznamenány při centru cyklonu a také při cyklonálních situacích s advekcí ze severozápadu a ze západu (W_c , W_{cs}). Přes Českou republiku tehdy přecházejí frontální vlny, často doprovázené silnějším větrem a srážkami, které očišťují vzduch mechanickým způsobem. Obzvláště velký význam pro rozptyl znečištění západní má cyklonální situace, která patří k povětrnostním typům vyskytující se na českém území nejčastěji.

Velikost znečištění oxidem siřičitým ovlivňují povětrnostní situace podobné, jako je tomu v případě prašného aerosolu. Nejvyšší koncentrace působí advekce vzdušných mas z východu a z jihovýchodu, severovýchodní anticyklonální situace a navíc severní cyklonální situace. Ve dnech, kdy se této typy vyskytovaly, přesahoval plošný průměr SO₂ pro Českou republiku hodnotu $16,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (obr. 4). Nejnižší koncentrace, kdy byl plošný průměr SO₂ menší než $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, byly zaznamenány při jihozápadní cyklonální situaci třetí skupiny a při západní anticyklonální situaci letního typu.

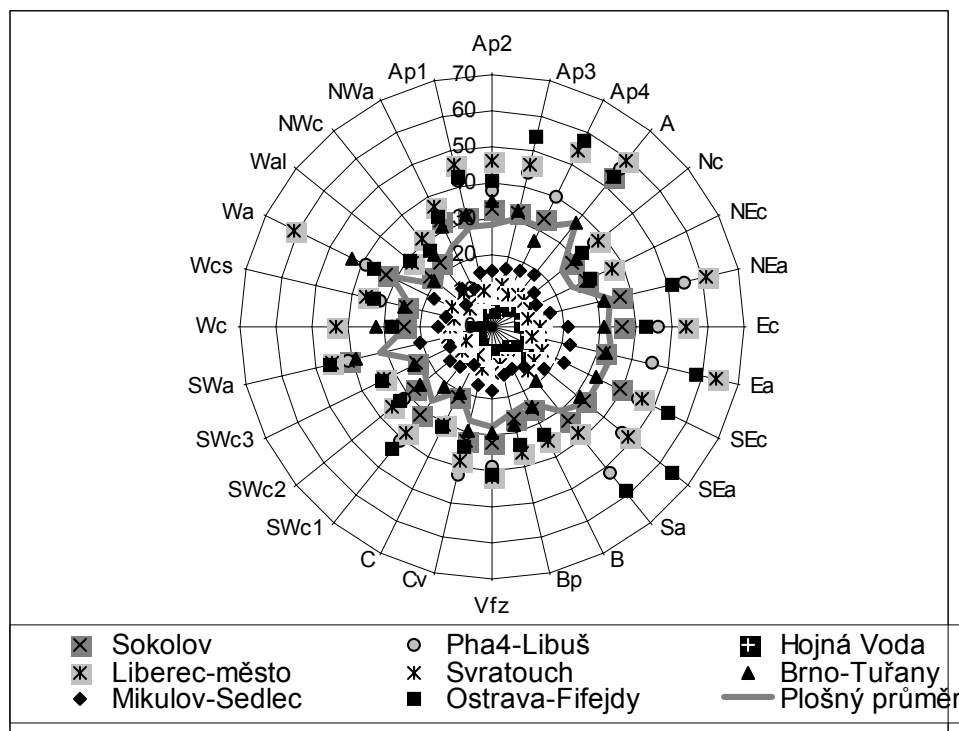
V případě oxidů dusíku není působení povětrnostních situací na úroveň této látky ve vzduchu už tak výrazné. S pomocí přijaté metodiky výběru cirkulačních typů, které ovlivňují množství znečištění, se podařilo vytipovat jen jednu situaci, způsobující koncentraci NO_x, a sice centrum anticyklony. Plošný průměr NO_x pouze v tím případě přesáhl hodnotu $37,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (obr. 5). Na jednotlivých stanicích se vysoké koncentrace vyskytovaly také při typech Ea, SEa a SEc. Při poslední změně situací – jihovýchodní cyklonální – byly zaznamenány nejvyšší koncentrace na pozadových stanicích v Hojné Vodě a na Svratouchu.



Obr. 3 Průměrná koncentrace PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) při jednotlivých povětrnostních situacích (1995-2004)



Obr. 3 Průměrná koncentrace SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) při jednotlivých povětrnostních situacích (1995-2004)



Obr. 4 Průměrná koncentrace NO_x (µg/m³) při jednotlivých povětrnostních situacích (1995-2004)

Čtvrtina nejnižších analyzovaných hodnot v případě NO_x se vyskytla jen na pozadových stanicích v Hojně Vodě, na Svatouchu a v Mikulově-Sedlci, to znamená tam, kde byly zjištěny nejmenší emise. Nelze proto říci, že kterákoli povětrnostní situace obecně přispívá rozptýlu oxidů dusíku více než ostatní. Lze

ovšem upozornit, že se na třech pozadových stanicích a v Liberci nejmenší koncentrace vyskytly při západní anticyklonální situaci letního typu, při níž byl prokázán vliv na disperse oxidu siřičitého.

Výsledky provedené analýzy jsou sestaveny do tabulek č. 6 a 7.

Tab. 6 Typy cirkulací způsobující koncentraci znečištění

	SEa	Ea	SEc	NEa	Ec	A	Sa	Nc
PM10	x	x	x	x	x	x	x	
SO ₂	x	x	x	x	x			x
NO _x						x		

Tab. 7 Typy cirkulací způsobující rozptýl znečištění

	NWc	C	Wcs	Wc	SWc3	Wal
PM10	X	x	x	x		
SO ₂					x	x

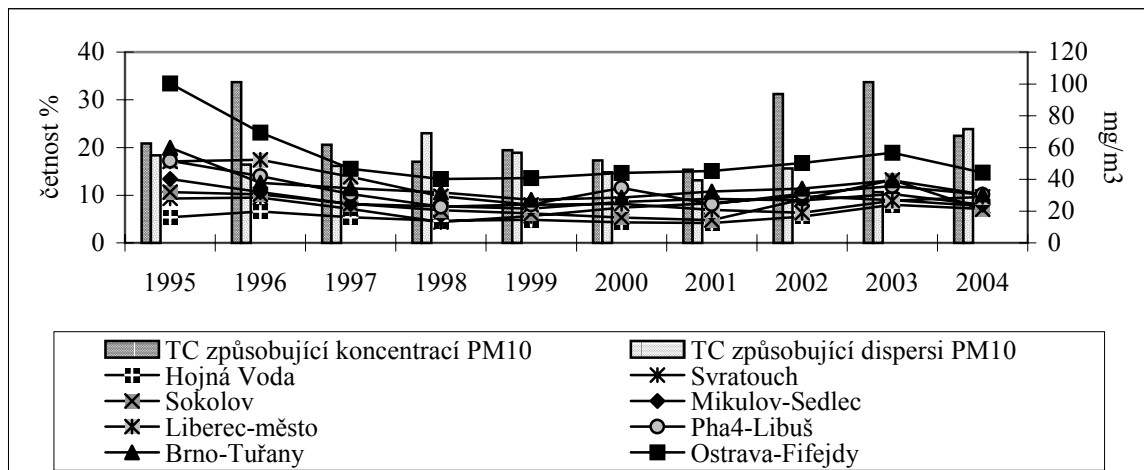
4. Analýza dynamiky velikosti znečištění a četnosti výskytu povětrnostních situací způsobujících koncentrace nebo rozptýl znečištění

V desetiletí 1995-2004 bylo v České republice možno pozorovat zmenšování koncentrací

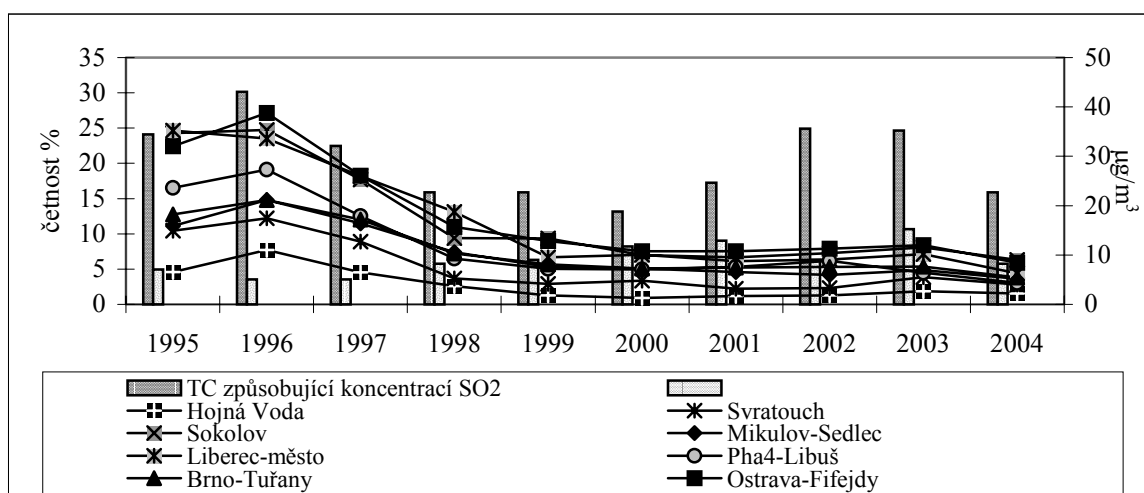
hlavních znečištění vzduchu (obr. 6, 7, 8). Největší pokles je viditelný v letech 1996-1999, kdy se koncentrace všech tří analyzovaných látek na celém území výrazně zmenšovaly. V následujícím období v případě prašného aerosolu nastoupil mírný růst ročních koncentrací, probíhající do roku 2003, a ná-

sledně pokles v roce 2004 (obr. 6). Podobná tendence je viditelná v případě oxidů dusíku na stanicích položených ve znečištěných oblastech, zatímco na stanicích pozadřových se již hodnoty koncentrací výrazně neměnily

(obr. 7). V případě oxidu siřičitého se roční koncentrace udržovaly v letech 2000-2003 na více méně stálé úrovni v roce 2004 mírně klesly (obr. 8).



Obr. 6 Průběh koncentrace prašného aerosolu (PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a četnosti výskytu cirkulačních typů způsobujících jeho koncentraci nebo rozptyl (%)



Obr. 7 Průběh koncentrace oxidu siřičitého (SO_2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a četnosti výskytu cirkulačních typů způsobujících jeho koncentraci nebo rozptyl (%)

Průběh průměrných ročních koncentrací třech znečišťujících látek byl srovnáván s průběhem ročních četností výskytu dvou skupin cirkulačních typů ovlivňujících velikost znečištění. Popsaný pokles velikosti znečištění v období 1996-1999 byl doprovázen poklesem četnosti výskytu meteorologických podmínek způsobujících koncentraci a růstem četnosti výskytu meteorologických podmínek způsobujících rozptyl znečištění. V letech 2002-2003 četnost výskytu meteorologických podmínek způsobujících koncentraci znečištění zopět zvýšila, což lze uvést do souvis-

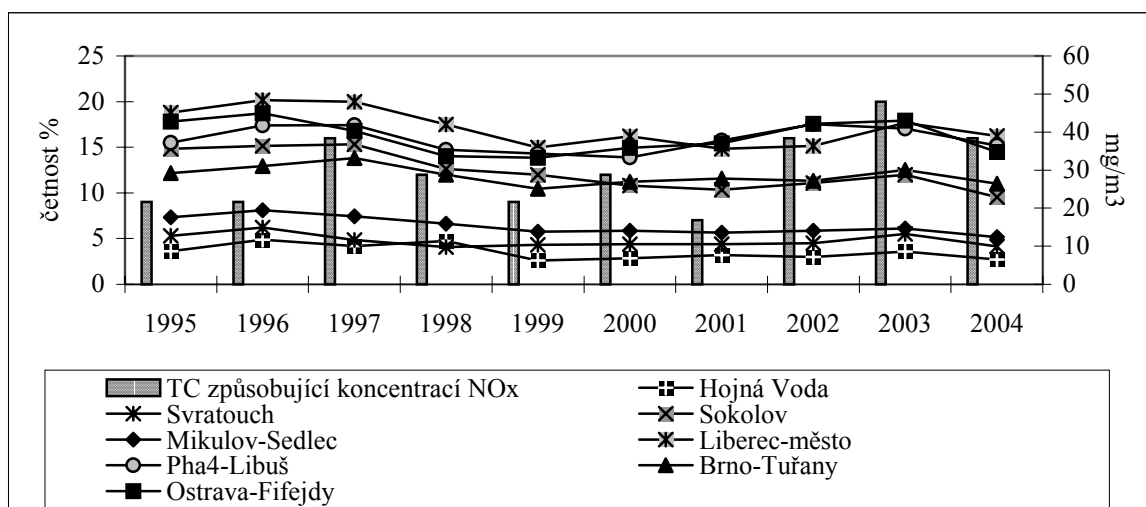
losti s mírným nárůstem koncentrací prašného aerosolu a oxidů dusíku. V případě oxidu siřičitého byla situace poněkud odlišná. V letech 2000-2003 narůstala četnost meteorologických podmínek způsobujících jeho koncentraci, ale zároveň se také výrazně zvětšila četnost meteorologických podmínek způsobujících jeho rozptyl. V průběhu ročních koncentrací oxidu siřičitého nebyla v tomto období viditelná závažnější změna. Na konci zkoumaného desetiletí lze pozorovat zmenšení znečištění všemi třemi látkami, doprovázené poklesem četnosti výskytu meteorologických

podmínek způsobujících její koncentrace ve vzduchu.

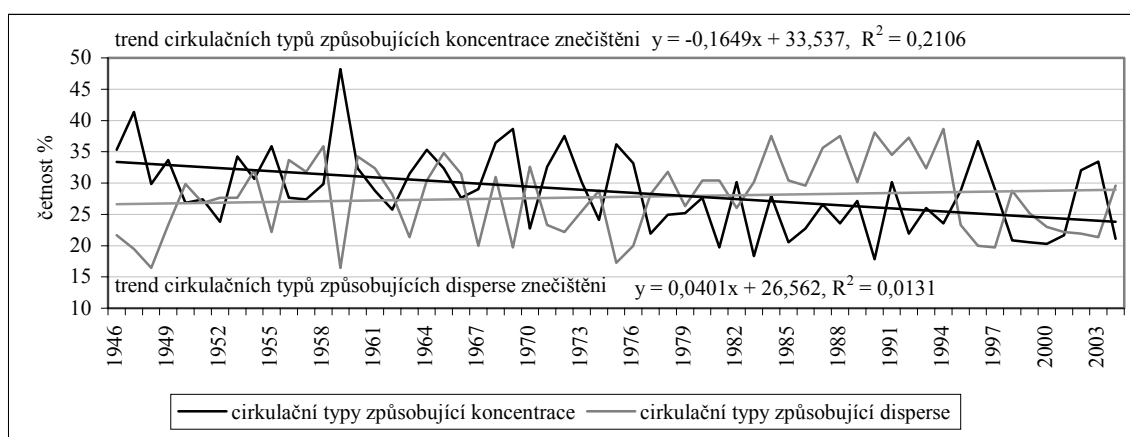
Provedené srovnání ukazuje, jak je dynamika velikosti znečištění svázána s proměnlivostí povětrnostních situací. Do předkládané analýzy ovšem nebyl zahrnut jeden významný činitel ovlivňující úroveň znečištění, a sice emise. Z toho důvodu nelze přesně vysvětlit detaily změn koncentrací konkrétních škodlivin na jednotlivých stanicích. Nelze ani vyčíslit velikost podílu cirkulačních podmínek při ovlivňování koncentrací znečištění. Nicméně zkoumání dlouhodobých

trendů četnosti výskytu cirkulačních typů způsobujících koncentrace nebo rozptyl znečištění je potřebné a může přinést velmi zajímavé výsledky.

V období 1946-2004 má četnost sumy povětrnostních situací způsobujících koncentrace prašného aerosolu, oxidu siřičitého a oxidů dusíku klesající trend. Zmenšuje se průměrně o 1,6 % na 10 roků, což již představuje statisticky významný proces (obr. 9). Četnost povětrnostních situací způsobujících koncentrace znečištění naproti tomu nevykazuje statisticky významné změny.



Obr. 8 Průběh koncentrace oxidů dusíku ($\text{NO}_x \mu\text{g}/\text{m}^3$) a četnosti výskytu cirkulačních typů způsobujících jeho koncentraci (%)



Obr. 9 Dlouhodobá proměnlivost četnosti povětrnostních situací způsobujících koncentraci nebo rozptyl hlavních znečištění ovzduší v České republice

5. Závěry

Provedená analýza velikosti znečištění v návaznosti na cirkulační situace dává vstupní podklady potřebné při hodnocení klimatických podmínek České republiky z hlediska kvality ovzduší. Na jejím základě bylo zjištěno, že koncentraci znečištění způsobují povětrnostní situace, při kterých vzdušné masy proudí z východních směrů, a tlakové pole má charakter anticyklonální nebo cyklonální. Výsledky podobných zpracování z jiných částí Evropy potvrzují skutečnost, že nejhorší aerosanitní podmínky se vytváří v anticyklonálních situacích s advekcí kontinentálního vzduchu [4], [3]. Pozoruhodné ale je, že k situacím způsobujícím koncentraci znečištění na území České republiky přispívají také cyklonální povětrnostní situace. V případě nejlepších podmínek pro rozptyl

znečištění, oblast České republiky neodlišuje se ničím zvláštním. Rozptyl znečištění působí především cyklonální povětrnostní situace s přílivem vzdušných mas z východu.

Na závěr je možné konstatovat, že klimatické podmínky území Českého státu, ovlivňující velikost znečištění ovzduší, nejsou ani extrémně dobré ani extrémně špatné. Za předpokladu, že úroveň emisí polutantů je konstantní, zátěž živých organismů škodlivinami nacházejícími se ve vzduchu by byla v dlouhodobém měřítku přiměřená. Povětrnostní situace způsobující koncentraci znečištění se vyskytují s průměrnou četností 29% a převládají nad situacema způsobujícími rozptyl znečištění pouze o jedno procento. V posledních desetiletích má frekvence nejhorších rozptylových podmínek klesající trend.

Literatura:

- [1] BIL-KNOZOVA, G., 2003. Změny meteorologických podmínek koncentrace nebo rozptylu znečištění ovzduší na stanicích Katowice, Krakov a Bielsko-Biała. *Meteorologické zprávy*, roč. 56, č. 2, s. 45-51. ISSN 0026-1173.
- [2] KOLEKTIV, 1968. Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. Praha: HMÚ. 94 s.
- [3] KURUŚ, E. – MORAWSKA-HORAWSKA, M., 1989. Wpływ sytuacji synoptycznych na wielkość stężeń zanieczyszczeń powietrza nad Górnośląskim Okręgiem Przemysłowym. *Wiadomości IMGW*, tom. XII(XXXIII), z. 1-2, s. 41-50.
- [4] MCGREGOR, G. R. – BAMZELIS, D., 1995. Synoptic typing and its application to the investigation of weather air pollution relationships, Birmingham, United Kingdom. *Theoretical and Applied Climatology*, 51, 223-236.
- [5] NIEDŹWIEDŹ, T. – USTRNUL, Z., 1989. Wpływ sytuacji synoptycznej na występowanie nad Górnośląskim Okręgiem Przemysłowym typów pogody sprzyjających koncentracji lub rozpraszaniu zanieczyszczeń powietrza. *Wiadomości IMGW*, tom. XII(XXXIII), z. 1-2, s. 31-37.
- [6] USTRNUL, Z., 1995. The model of the forecast air pollution due to meteorological conditions. In: *Klimat i bioklimat miast*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 213-219. ISBN 83-7016-893-0.