

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A  
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ**



**Stav a změny znečištění ovzduší v Praze**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vedoucí práce:** Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

**Bakalant:** David Novotný

**2020**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

David Novotný

Krajinářství  
Územní technická a správní služba

Název práce

**Stav a změny znečištění ovzduší v Praze**

Název anglicky

**Status and Changes in Air Pollution in Prague**

---

### Cíle práce

Práce bude především literární rešerší, cílem je popsat monitoring ochrany ovzduší v Praze, změny jednotlivých sledovaných parametrů čistoty ovzduší. Student se dále pokusí o vzhled do budoucnosti, navrhne postupy a změny, které by pomohly zlepšit ovzduší v Praze.

### Metodika

Popsat znečišťující látky v ovzduší a meteorologické situace, při kterých dochází k nejvyšší míře vlivu znečištění na obyvatelstvo.

Popsat monitoring a vývoj čistoty ovzduší v Praze.

Navrhnout postupy, které by přispěly ke zlepšení čistoty ovzduší v Praze.

**Doporučený rozsah práce**

30

**Klíčová slova**

Praha, ovzduší, znečišťující látky, opatření, monitoring

**Doporučené zdroje informací**

- Braniš, M. (2009): Znečišťování ovzduší. In: BRANIŠ M., HŮNOVÁ I., Atmosféra a klima: Aktuální otázky ochrany ovzduší, Karolinum Praha
- Fiala J. (2009): Monitoring a hodnocení kvality ovzduší. In: BRANIŠ, M., HŮNOVÁ, I., Atmosféra a klima: Aktuální otázky ochrany ovzduší, 2009 Karolinum
- Hemerka J., Vybíral P. Základy ochrany ovzduší, ČVUT v Praze, 2010.
- Mgr. Marek Vach, Ph.D. (2006): Ochrana ovzduší. Skripta ČZU
- Portál Českého hydrometeorologického ústavu. Ročenka "Znečištění ovzduší na území České republiky", ČHMÚ v Praze.

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2020**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 4. 3. 2020**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 29. 06. 2020

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Stav a změny znečištění ovzduší v Praze vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Turnově dne 29.6.2020

.....

## **Poděkování**

Velmi rád bych poděkoval paní Ing. Janě Soukupové, Ph.D. za čas, trpělivost a vstřícnost, kterou mi věnovala při zpracování bakalářské práce.

V Turnově dne 29.6.2020

.....

# **Stav a změny znečištění ovzduší v Praze**

## **Abstrakt**

Tématem této bakalářské práce je znečištění ovzduší v hlavním městě Praze. Znečištění ovzduší je celosvětový problém, který negativně ovlivňuje stav životního prostředí, a tím i zdraví obyvatelstva. Vedle fyziologických poruch způsobuje znečištění ovzduší různé negativní psychologické efekty. Praha je z hlediska kvality ovzduší jednou z nejvíce postižených oblastí v České republice. Hlavními zdroji znečišťujících látek v této oblasti jsou doprava, výroba elektřiny a tepla. Hlavním cílem této práce je sledovat změny podle vybraných parametrů ovzduší v Praze v období 2008–2017.

## **Klíčová slova**

Praha, kvalita ovzduší, znečišťující látky, opatření, monitoring, zdroje znečišťování ovzduší, emise, imise

## **Status and Changes in Air Pollution in Prague**

### **Abstract**

The topic of this bachelor thesis is the air pollution in the capital city of Prague. The air pollution is a global problem that negatively affects the state of the environment and hence on the health of the population. In addition to physiological disorders, air pollution causes various negative psychological effects. Prague is one of the most affected areas in the Czech Republic in terms of air quality. The main sources of pollutants in this area are transport, electricity and heat production. The main focus of this work is to monitor changes according to selected air parameters in Prague in the period 2008-2017.

### **Key words**

Prague, air quality, pollutants, precaution, monitoring, air pollution sources, emissions, immissions

## Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíl práce .....	11
3. Metodika .....	11
4. Historie pozorování a měření ovzduší Prahy .....	12
4.1 Meteorologická měření v Klementinu .....	12
4.2 Nejstarší příspěvky o pražském ovzduší.....	12
4.3 Meteorologický ústav v Praze.....	13
4.4 Pražské laboratoře pro zkoumání imisí.....	14
4.5 Pražské monitorovací stanice imisí.....	15
5. Základní pojmy v ochraně ovzduší .....	16
5.1 Emise a imise .....	16
5.2 Transmise a depozice .....	17
5.3 Primární a sekundární polutanty .....	18
6. Zdroje znečištění ovzduší.....	19
6.1 Přírodní zdroje emisí.....	19
6.2 Antropogenní zdroje emisí.....	20
7. Vliv meteorologických podmínek na rozptyl emisí.....	22
7.1 Proudění vzduchu v atmosféře.....	22
7.2 Vertikální teplotní zvrstvení.....	22
7.3 Rozložení tlakových útvarů .....	23
7.4 Atmosférické srážky .....	23
7.5 Smog .....	24
8. Vybrané látky znečišťující ovzduší.....	25
8.1 Tuhé suspendované částice .....	25
8.2 Oxid siřičitý.....	26
8.3 Oxidy dusíku .....	27



8.4 Oxid uhelnatý .....	28
8.5 Těkavé organické látky .....	28
8.6 Přízemní ozon .....	29
8.7 Polycyklické aromatické uhlovodíky .....	29
9. Sledování kvality ovzduší České republiky .....	30
9.1 Klasifikace zdrojů znečištění ovzduší .....	30
9.2 Určování úrovně znečištění ovzduší.....	31
9.3 Vývoj emisní situace v České republice .....	31
9.4 Imisní monitoring v České republice .....	34
10. Výsledné zhodnocení .....	36
10.1 Základní charakteristika města Prahy .....	36
10.2 Emise ze stacionárních zdrojů v Praze za roky 2008-2017 .....	36
10.3 Emise z mobilních zdrojů v Praze za roky 2008-2017 .....	40
10.4 Vývoj imisí v Praze za roky 2008-2017 .....	45
11. Diskuze.....	51
12. Závěr .....	53
13. Seznam použité literatury.....	54
14. Seznam obrázků .....	60
15. Seznam tabulek .....	60

# 1. Úvod

Znečištění ovzduší je místním, regionálním a globálním problémem již po celá desetiletí. Působí negativně na stav životního prostředí, a tudíž i na zdraví člověka. Vedle fyziologických problémů (např. poškození nervového systému, funkce mozku a kognitivní funkce nebo zvýšení úmrtnosti a hospitalizace v důsledku respiračních a kardiovaskulárních onemocnění) může mít také negativní psychologické účinky na jednotlivce i skupiny<sup>1</sup>.

Česká republika je středoevropská země s neslavnou historií znečištění životního prostředí a s dlouhodobými problémy způsobenými v minulosti silným znečištěním ovzduší, jako jsou kyselé deště a acidifikace ekosystémů. V poslední době se v ČR kvalita ovzduší výrazně zlepšila, ale situace je stále neuspokojivá. Největší zlepšení bylo zaznamenáno u SO<sub>2</sub>. Naproti tomu oxidy dusíku a ozon (i přes určitý pokles) dosud nedosáhly přijatelné úrovně vzhledem k doporučeným prahovým hodnotám<sup>2</sup>.

V rámci teoretické části této práce budou klasifikovány zdroje znečištění, bude uvedena základní terminologie z oboru znečišťování ovzduší a budou vyjmenovány vybrané znečišťující látky a jejich vliv na životní prostředí.

Praktická část této práce bude věnována míře znečištění v Praze. Toto hlavní město, které má zhruba 1,3 milionu obyvatel, lze považovat za velkou městskou aglomeraci se zvýšeným zatížením dopravou. Ve velkých městech patří doprava k hlavním zdrojům znečištění, proto se tato bakalářská práce zaměří na stav a změny ovzduší Prahy za období 2008 až 2017, které budou zkoumány na základě ročenek a dalších dostupných pramenů. Následně bude provedena analýza změn stavu ovzduší za uvedené období a v rámci diskuze budou nastíněny problémy, které z tohoto stavu vyplývají.

---

<sup>1</sup> GENG, L. et al.: The end effect in air pollution: The role of perceived difference, 2019, s. 413

<sup>2</sup> HŮNOVÁ, I., P. KURFÜRST a L. BALÁKOVÁ: Areas under high ozone and nitrogen loads are spatially disjunct in Czech forests, 2019, s. 567-568

## **2. Cíl práce**

Cílem této práce bylo charakterizovat hlavní znečišťující látky, které se podílejí na znečišťování ovzduší v ČR, a následně popsat monitoring ochrany ovzduší a změny jednotlivých sledovaných parametrů čistoty ovzduší v hlavním městě Praze za posledních deset roků.

## **3. Metodika**

Tato práce se zabývala charakteristikou vývoje kvality ovzduší v Praze. Vzhledem k nedostupnosti komplexních údajů za roky 2018 a 2019 byla posuzována dekáda 2008 až 2017. Sledovány byly pouze hlavní znečišťující látky: tuhé částice, oxid siřičitý, oxidy dusíku, oxid uhelnatý a těkavé organické látky.

Zdrojem textů byly především ročenky pro hlavní město Prahu, publikované v tištěné nebo elektronické podobě různými institucemi (Český hydrometeorologický ústav, Ministerstvo životního prostředí, Magistrát hlavního města Prahy aj.).

Zdrojem dat o emisích byl elektronický informační systém EMIS, dostupný na internetových stránkách ČHMÚ. Emise v kraji Praha byly hodnoceny samostatně pro stacionární zdroje a pro mobilní zdroje. Data o emisích byla čerpána z tabulek obsažených v ročence o životním prostředí v Praze. Sledovány byly pouze průměrné koncentrace ze všech relevantních měřicích stanic na území Prahy.

## 4. Historie pozorování a měření ovzduší Prahy

### 4.1. Meteorologická měření v Klementinu

V první polovině 18. století byla na Starém Městě pražském v areálu jezuitské koleje (tzv. *Klementinu*) založena hvězdárna. Její první ředitel, *Josef Stepling* (1716-1778), zde zahájil meteorologická měření. Nejstarší pocházejí z roku 1752, kdy byl pravidelně sledován tlak a teplota vzduchu, dešťové a sněhové srážky, stupeň jasnosti oblohy, vítr atd. Další z ředitelů, *Antonín Strnad* (1746-1799), umístil staniční přístroje u okna ve druhém podlaží Klementina; jejich poloha se od roku 1786 nezměnila. Mezníkem byl rok 1781, kdy pražská hvězdárna obdržela mezinárodně unifikované meteorologické přístroje od Falcké meteorologické společnosti. Ta zavedla celosvětově pozorovací termíny v sedm, čtrnáct a jednadvacet hodin (tzv. *mannheimské hodiny*), používané dodnes na našich meteorologických stanicích. Po vzniku Československa převzala stanici Klementinum československá meteorologická služba, a později Český hydrometeorologický ústav<sup>3</sup>.

### 4.2. Nejstarší příspěvky o pražském ovzduší

Nejvýznamnějším českým meteorologem druhé poloviny 19. století byl *František Augustin* (1846-1908). Publikoval i příspěvky o podnebí Prahy, v nichž detailně analyzoval denní a roční chod teploty vzduchu, srážek a oblačnosti. Například: *O klimatických poměrech v Praze* (Časopis Českého musea, 1882), *O podnebních poměrech v Praze* (Sborník zeměvědné společnosti, 1895). Protože meteorologická měření v Klementinu nebyla dost reprezentativní, byla v roce 1891 vybudována stanice mimo střed Prahy, na 60 metrů vysoké petřínské rozhledně. Instalováním registračních přístrojů na měření tlaku a teploty vzduchu, směru a rychlosti větru, slunečního svitu aj. vznikla na Petříně stanice první třídy. Meteorologická pozorování probíhala v hodinových intervalech, nepřetržitě dvanáct let. Jejich výsledky vycházely v denním tisku, měsíční přehledy vycházely od roku 1894 ve Věstníku České akademie (viz také Augustin: *Meteorologická pozorování z rozhledny na Petříně v Praze roku 1894*)<sup>4</sup>.

Dalším významným českým meteorologem byl *Josef Frejlich* (1867-1898), který podrobně zpracoval větrné poměry Prahy v několika statích vydaných v češtině,

---

<sup>3</sup> SLÁDEK, I., P. Mazúr a J. Mertl: Klementinum vydává svědectví o změnách podnebí v Praze. In: *Geografické rozhledy*, ročník 11, číslo 2/2001, s. 52

<sup>4</sup> KAKOS, V. František Augustin, první profesor meteorologie na pražské univerzitě. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 61, číslo 6/2008, s. 187-188

němčině a italštině. Například: *Příspěvky k poznání klimatu Prahy – Poměry anemometrické* (Rozpravy České akademie, třída II, číslo 29, 1984). Jeho analýza vycházela z pozorování větru na pražské hvězdárně během patnáctiletého období 1879 až 1893. Naměřené údaje lze považovat za poměrně spolehlivé, přestože umístění anemografu i stanice Klementinum nebylo příliš vhodné. Zkoumány byly hlavně vztahy hodnot uvnitř statistických souborů, denní a roční chod směru a síly větru, a roční chod stáčení větru a stálosti větru<sup>5</sup>. V další odborné stati se Frejlach zabýval oblačností v Praze, na základě pozorování za padesát let (1844 až 1893). V číselných tabulkách zpracoval roční chod pravděpodobnosti pěti hlavních stupňů oblačnosti ve třech denních dobách pro jednotlivé měsíce a čtvrtletí<sup>6</sup>.

### 4.3. Meteorologický ústav v Praze

Po založení československého státu vznikl na přelomu let 1919 a 1920 *Československý státní ústav meteorologický* v Praze, navazující na činnost analogických ústavů ve Vídni a Budapešti. Jeho úkolem bylo sbírat a vědecky zpracovávat výsledky meteorologických pozorování, účastnit se mezinárodního výzkumu, sestavovat denní předpovědi počasí atd. Původně se ústav zabýval pouze meteorologií, ale v roce 1954 byla přidružena hydrologie a v roce 1967 ochrana čistoty ovzduší<sup>7</sup>.

Za dobu svého trvání ústavu byl ústav několikrát přejmenován:

- 1919-1939: Československý státní ústav meteorologický, později Státní ústav meteorologický (SÚM);
- 1939-1945: Ústřední meteorologický ústav pro Čechy a Moravu (ÚMÚ);
- 1945-1953: Státní meteorologický ústav (SMÚ);
- 1954-1980: Hydrometeorologický ústav (HMÚ);
- 1980 až dosud: Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)<sup>8</sup>.

---

<sup>5</sup> KRŠKA, K. Meteorolog Josef Frejlach – sté výročí zmařených nadějí. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 51, číslo 6/1998, s. 176

<sup>6</sup> FREJLACH, J. Příspěvky k poznání klimatu Prahy II. Oblačnost. In: *Věstník královské české společnosti nauk*, 1896, s.4

<sup>7</sup> 90 let československé meteorologické služby. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 62, číslo 5/2009, s. 129

<sup>8</sup> 90 let československé meteorologické služby. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 62, číslo 5/2009, s. 130

Ústav zpočátku sídlil v Klementinu, ale záhy se přestěhoval do několika místností Ústavu pro meteorologii a klimatologii Karlovy univerzity na Karlově. Toto provizorní umístění trvalo do roku 1940, kdy ústav přesídlil do budovy bývalé poštovní spořitelny v Holečkově ulici na Smíchově<sup>9</sup>. V části historického komplexu v Praze-Komořanech se od 60. tých let nacházela synoptická a předpovědní služba, výzkumná pracoviště, výpočetní a telekomunikační centrum<sup>10</sup>.

K podstatnému rozšíření ústavu došlo v roce 1967 po schválení zákona č. 35/1967 Sb., o opatřeních proti znečišťování ovzduší. Do náplně ústavu tak přibyla problematika ochrany čistoty ovzduší, zahrnující výzkum znečišťování ovzduší a vydávání předpovědí pro znečištění ovzduší a rozptylové podmínky. Byl také realizován systém kontroly hlavních zdrojů emisí tuhých a plyných škodlivin. V průběhu let se odborná činnost ústavu rozšířila o numerickou předpověď počasí, modelování, distanční měření a informace (družice, radary, aerologie), kalibrační laboratoře (meteorologie, imise) aj<sup>11</sup>.

V současnosti spadá ČHMÚ pod Ministerstvo životního prostředí ČR, a zahrnuje tři úseky. Na úseku *Ochrany čistoty ovzduší* se ústav především zabývá inventarizací emisních dat a provozováním sítě *Automatizovaného imisního monitoringu* (AIM), *Informačního systému kvality ovzduší* (ISKO), *Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší* (REZZO) a *Smogového varovného a regulačního systému* (SVRS)<sup>12</sup>.

#### **4.4. Pražské laboratoře pro zkoumání imisí**

V roce 1967 se Hydrometeorologický ústav začal zabývat ochranou čistoty ovzduší. Proto byla zřízena *Laboratoř ochrany ovzduší*, která byla v roce 1967 přejmenována na *Odborné středisko ochrany čistoty ovzduší* (OSOČO). Jeho součástí se staly také chemické laboratoře v Praze a na pobočkách v Ústí nad Labem, Brně a Ostravě. Pražské laboratoře se nacházely v nevyhovujících provizorních prostorách – nejprve v Košířích a v Holečkově ulici (1968-1971), následně na Kavčích horách

---

<sup>9</sup> KRŠKA, K. Historie hydrometeorologické služby na území někdejšího Československa. In: *Meteorologické*

*zprávy*, ročník 52, číslo 6/1999, s. 162

<sup>10</sup> 90 let československé meteorologické služby. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 62, číslo 5/2009, s. 130

<sup>11</sup> HORKÝ, Z., K. Krška a I. Obrušník: *Český hydrometeorologický ústav 1954-2004*. ČHMÚ, 2004, s. 9

<sup>12</sup> HORKÝ, Z., K. Krška a I. Obrušník: *Český hydrometeorologický ústav 1954-2004*. ČHMÚ, 2004, s. 17

(1971-1974), poté v montovaných domcích v Komořanech (1974-1984) a nakonec v budově A Observatoře Libuš (1984)<sup>13</sup>.

V roce 1990 byla v Libuši postavena budova B pro laboratoře oddělení čistoty ovzduší, a budova C pro odbor přístrojové techniky. V roce 1995 vznikla v Libuši *Centrální laboratoř imisí* (CLI), která byla následně rekonstruována v letech 2003-2004 za prostředky z programu Phare. Vyrostla nová budova D, kde vznikla nová pracoviště s moderním vybavením. Laboratoře získaly postupně akreditaci pro jednotlivé činnosti. *Kalibrační laboratoř imisí* (KLI) získala v r. 2000 osvědčení o akreditaci pro měření oxidu siřičitého, oxidů dusíku, oxidu uhelnatého a ozonu v ovzduší. Osvědčení bylo v roce 2001 rozšířeno o měření benzenu, toluenu a xylenu<sup>14</sup>.

#### **4.5. Pražské monitorovací stanice imisí**

V roce 1992 byla zprovozněna inovovaná síť *Automatizovaného imisního monitoringu* (AIM). V rámci toho bylo v Praze rozmístěno dvanáct automatizovaných monitorovacích stanic (AMS). Účelem této sítě bylo kontinuální měření pro potřeby *Smogového regulačního systému* (SRS). V roce 2002, ve vazbě na imisní limity plynoucí z nařízení vlády č.350/2002 Sb., byly některé monitorovací stanice přemístěny nebo nově zavedeny. K 1.lednu 2006 bylo v Praze celkem patnáct automatizovaných stanic, které vytvořily páteřní síť pro měření kvality venkovního ovzduší: náměstí Republiky, Riegrovy sady, Legerova, Braník, Libuš, Mlynářka, Smíchov, Stodůlky, Veleslavín, Suchdol, Kobylisy, Karlín, Vysočany, Počernická a Vršovice. Ke stejnému datu se v Praze nacházelo také osm stanic pro manuální měření, provozovaných zdravotními ústavy. Automatizované stanice dovedou měřit celé spektrum standardně sledovaných znečišťujících látek (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub>, CO), a svými údaji přispívají do imisní databáze *Informačního systému kvality ovzduší* (ISKO)<sup>15</sup>.

---

<sup>13</sup> FRANCOVÁ, M. a kol. *50 let Observatoře Praha-Libuš*. Praha: ČHMÚ, 2017, s. 46

<sup>14</sup> FRANCOVÁ, M. a kol. *50 let Observatoře Praha-Libuš*. Praha: ČHMÚ, 2017, s. 47

<sup>15</sup> SLÁDEČEK, J. *Kvalita ovzduší v hlavním městě Praze z hlediska standardně sledovaných znečišťujících látek*. Příspěvek na konferenci v Úpici, 2006 [on-line]

## 5. Základní pojmy v ochraně ovzduší

"Znečišťující látka" je každá látka, která svou přítomností v ovzduší má nebo může mít škodlivé účinky na lidské zdraví nebo na životní prostředí anebo obtěžuje zápachem (zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší)<sup>16</sup>.

V případě ovzduší rozlišujeme pojmy znečišťování a znečištění. Zatímco "znečišťování ovzduší" označuje děj vnášení či vypouštění škodlivin ze zdroje do ovzduší, "znečištění ovzduší" označuje stav, který je důsledkem původního děje<sup>17</sup>.

### 5.1. Emise a imise

Zákon o ochraně ovzduší definuje znečišťování neboli "emise" jako vnášení jedné nebo více znečišťujících látek do ovzduší. "Emisním limitem" se rozumí nejvýše přípustné množství znečišťující látky (nebo skupiny těchto látek) vnášené do ovzduší ze stacionárního zdroje. "Emisním stropem" se rozumí nejvýše přípustné množství znečišťující látky vnesené do ovzduší za kalendářní rok<sup>18</sup>.

Braníš a Hůnová (2009) definují "emise" jako proces vypouštění škodlivin ze zdrojů, které mohou být buď přirozené nebo antropogenní. Protože antropogenní emise mají vyšší emisní toky, jsou emisní koncentrace vyšší v oblastech s intenzivní lidskou činností<sup>19</sup>. Mírou znečišťování ovzduší jsou koncentrace znečišťujících látek na vstupu do atmosféry uváděné v g.m<sup>-3</sup>, mg.m<sup>-3</sup>, ppm, objemových procentech aj.<sup>20</sup>.

Přípustnou úroveň znečišťování ovzduší určují:

- emisní limity vyjádřené koncentrací znečišťující látky;
- přípustná tmavost kouře hodnocená podle 5-stupňové škály;
- přípustná míra obtěžování zápachem (pachové číslo);
- emisní stropy a redukční cíle pro vybrané látky nebo vymezená území;
- systém povolenek pro emise skleníkových plynů<sup>21</sup>.

<sup>16</sup> ČESKO: Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © 2010-19, s. 1

<sup>17</sup> OBROUČKA, K. *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 17.

<sup>18</sup> ČESKO: Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © 2010-19, s. 1

<sup>19</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 181

<sup>20</sup> OBROUČKA, K. *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 17.

<sup>21</sup> VACH, M. *Ochrana ovzduší*, 2013, s. 11



"Imisí" rozumíme přítomnost znečišťujících látek v přízemní vrstvě atmosféry v takové koncentraci, při které dochází k nepříznivému ovlivňování prostředí. Mírou znečištění jsou imisní koncentrace vyjadřované v jednotkách  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , ppb a dalších<sup>22</sup>. Zákon o ochraně ovzduší definuje "imisní limit" jako nejvýše přípustnou úroveň znečištění<sup>23</sup>.

Braníš a Hůnová uvádějí, že "imise" jsou znečišťující látky obsažené v atmosféře, které přecházejí na příjemce nebo jsou s ním v kontaktu. Tímto příjemcem může být organismus, stavební materiál, půda apod. Z emise se stane imise po přenosu, rozptýlení nebo fyzikálně-chemické reakci v atmosféře. Atmosférické imise mají vliv na klimatické procesy a mění vlastnosti atmosféry: fyzikální (viditelnost, teplota), chemické (acidita) i biologické (potlačení vývoje organismů)<sup>24</sup>.

Přípustnou úroveň znečištění ovzduší určují:

- hodnoty imisních limitů vyjádřené koncentrací znečišťující látky;
- mez tolerance (pro překročení imisního limitu v daném období);
- přípustná četnost překročení pro jednotlivé znečišťující látky;
- cílové imisní limity a dlouhodobé imisní cíle pro troposférický ozon;
- depoziční limit pro prašný spad<sup>25</sup>.

## 5.2. Transmise a depozice

Pojem "transmise" se týká spojení mezi emisí a imisí. Označuje šíření a dálkový přenos (transport) znečišťujících látek v atmosféře od zdroje k příjemci, případně konverze těchto látek chemickou interakcí mezi sebou nebo s atmosférou<sup>26</sup>.

Jako "depozice" označujeme přenos či tok látek z atmosféry k zemskému povrchu (viz obrázek 1), vyjádřený hmotností sledované látky na jednotku plochy za jednotku času; například  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Atmosférická depozice má dvě složky. Složka mokrá souvisí s atmosférickými srážkami (sníh, déšť, jinovatka aj.). Složka suchá souvisí s přestupem tuhých látek a plynů z ovzduší na vegetaci, zemský povrch a oceány<sup>27</sup>.

<sup>22</sup> OBROUČKA, K. *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 17.

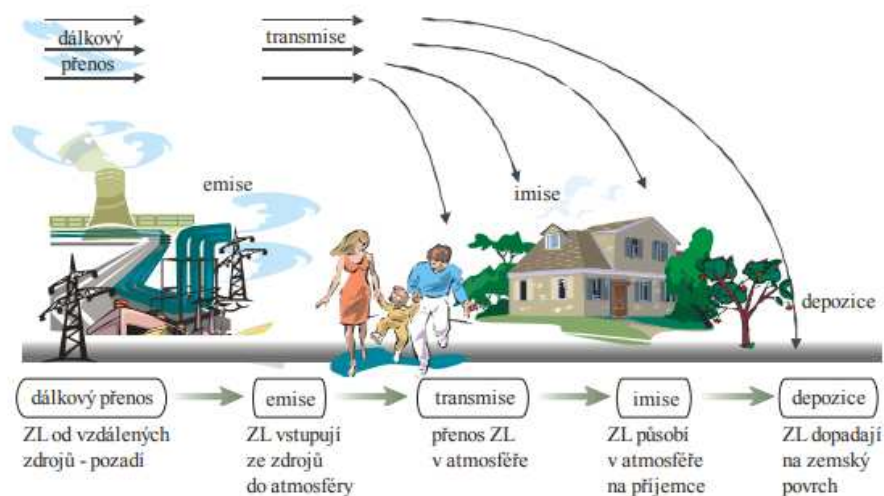
<sup>23</sup> ČESKO: Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © 2010-19, s. 1

<sup>24</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 187

<sup>25</sup> VACH, M. *Ochrana ovzduší*, 2013, s. 13

<sup>26</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 17.

<sup>27</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 161



Obrázek 1 : Přenos znečišťujících látek v ovzduší<sup>28</sup>

### 5.3.Primární a sekundární polutanty

Škodliviny, které nepodléhají chemickým či fyzikálním změnám a mají svůj konkrétní zdroj, nazýváme "primární polutanty". Typickými zástupci jsou  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$ , primární aerosol, hrubý aerosol a některé uhlovodíky. Škodliviny, které nejsou definovány konkrétním zdrojem, nazýváme "sekundární polutanty". Patří k nim  $\text{O}_3$  (ozon),  $\text{NO}_2$ , aldehydy a některé nitrosloučeniny. Sekundární polutanty vznikají chemickými reakcemi při transformaci primárních polutantů<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> HERČÍK, M. a V. DIRNER. *Ochrana životního prostředí*, 2019, s. 21-22

<sup>29</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 185

## 6. Zdroje znečišťování ovzduší

Vstup znečišťujících látek do ovzduší je způsobován rozmanitými procesy, proto rozlišujeme mezi znečištěním způsobeným činností člověka ("antropogenní zdroj") a znečištěním přírodního původu ("přírodní zdroj"), jehož vznik není ovlivněn lidskou činností, a to ani zprostředkovaně<sup>30</sup>.



Obrázek 2 : Příčiny znečištění venkovního vzduchu<sup>31</sup>

### 6.1. Přírodní zdroje emisí

Mezi přírodní zdroje emisí patří vulkanická činnost, lesní a stepní požáry, větrná eroze, emise organických látek z lesních porostů a biogenní emise z oceánů, řek, vodních ploch a mokřadů. Tyto emise se v různých vrstvách ovzduší fyzikálně a chemicky mění za účasti sluneční energie, a jsou dále transportovány vzdušným proudem<sup>32</sup>. Sopečné erupce mohou do atmosféry zavádět velmi významné množství plynů a částic. Například vulkán Etna chrlí v průměru 3 000 tun oxidu siřičitého denně a až 10 000 tun v období velké aktivity<sup>33</sup>. Při sopečných aktivitách se uvolňují sloučeniny jako je černý kouř, popel, kovy, SO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub>. Dalším přírodním zdrojem jsou úniky metanu z oblastí tajícího permafrostu, mokřin a skládek odpadu. Izopreny

<sup>30</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s.57

<sup>31</sup> zdroj obrázku: vlastní

<sup>32</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 11-12

<sup>33</sup> PÉNARD-MORAND et ANNESI-MAESANO: *Air pollution: from sources of emissions to health effects*, 2004, s. 109

a terpeny, které jsou prekurzory ozonu, se uvolňují při lesních a stepních požárech, písečných bouřích, mořské vodní tříšti a přeměně půdy<sup>34</sup>. Mezi další přírodní zdroje znečištění ovzduší patří: údery blesků, které produkují značné množství oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>); řasy na povrchu oceánů, které poskytují sirovodík (H<sub>2</sub>S); větrná eroze, která zavádí částice do atmosféry; a vlhké zóny jako jsou bažiny, rašeliniště nebo hluboká jezírka, která produkují metan (CH<sub>4</sub>)<sup>35</sup>.

Také na území Čech se projevuje klimatický vliv sopečné činnosti. Například v teplotní řadě pražského Klementina byla zaznamenána významná narušení teplotního cyklu po roce 1783, v souvislosti s rozsáhlou sopečnou činností na 25 km dlouhé erupční trhlíně Lakagigar na jižním Islandu a erupční činností japonské sopky Asamajama. Další výrazné změny teplotního cyklu se vyskytly v letech 1816 až 1817, krátce po gigantické erupci indonéského vulkánu Tambora v roce 1815<sup>36</sup>.

Počasí v ČR je ovlivněno také dopadem písku ze Sahary. Například v červnu 2019 byla velká část Evropy zasažena vlnou extrémních veder, což bylo způsobeno přílivem horkého vzduchu ze západní Sahary. Pokud je v Alžírsku a Mali teplota ve stínu nad 45 °C a vane silný vítr, vstupuje část písku do atmosféry a je odnášena nad evropský kontinent. Tento jev nastává jednou až dvakrát do roka<sup>37</sup>.

## 6.2. Antropogenní zdroje emisí

V městských oblastech pochází znečištění ovzduší většinou ze zdrojů vytvářených lidmi; ve velkých městech průmyslových zemí je jeho hlavním zdrojem silniční doprava. Spalování uhlíkatých paliv (uhlí, topný olej, dřevo, zemní plyn) není nikdy úplné a produkuje oxid uhelnatý (CO) a uhlovodíky. Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>) vznikají sloučením vzdušného dusíku a kyslíku při spalování fosilních složek motorového paliva za vysoké teploty. Lidská činnost zvýšila množství VOC, vlivem ropného a chemického průmyslu, dopravy a NO<sub>x</sub> ze spalování v elektrárnách a automobilech.

---

<sup>34</sup> SIVARAMANAN, S.: *Air Pollution sources, pollutants and mitigation measures*, 2014, s. 1-2

<sup>35</sup> PÉNARD-MORAND et ANNESI-MAESANO: *Air pollution: from sources of emissions to health effects*, 2004, s. 110

<sup>36</sup> CÍLEK, Václav. Klimatické změny, jejich cyklicita, příčiny a rizika [online]

<sup>37</sup> KUTKA, Petr. Na část Evropy dopadá písek ze Sahary [online].

V důsledku toho je ozon ( $O_3$ ) koncentrovanější, a v hustě osídlených a průmyslových oblastech se vyskytuje více smogu. Uhlí a síra z topných olejů (používaných u mnoha průmyslových procesů) se oxidují na  $SO_2$ . Průmysl navíc vytváří některé specifické znečišťující látky jako jsou deriváty fluoru nebo hliník. Úprava rud vypouští těžké kovy jako je kadmium, zinek a olovo. Rtuť může být emitována při domácím spalování odpadků. Zemědělství využívající dusíkatá hnojiva vytváří skleníkový plyn oxid dusný ( $N_2O$ ) a amoniak ( $NH_3$ ), které se podílejí na acidifikaci. Další skleníkový plyn metan ( $CH_4$ ) vzniká při trávení a vyměšování hospodářských zvířat<sup>38</sup>.

Zákon o ochraně ovzduší člení emisní zdroje na stacionární a mobilní. Za "stacionární zdroje" znečišťování ovzduší považujeme ty, které v průběhu své činnosti nemění polohu (například zařízení ke spalování paliv, skládky odpadu). Za "mobilní zdroje" znečišťování ovzduší považujeme především motorová vozidla a různé stroje (zemědělské, stavební aj.), které se pohybují po zemi, ve vodě i ve vzduchu<sup>39</sup>.

Podle místa úniku látek lze emisní zdroje členit na "bodové" (komín), "liniové" (výrobní linka, železnice, silnice) a "plošné" (povrch skládky, hořící halda). Toto pojetí se používá při hodnocení územně-technických problémů<sup>40</sup>.

Podle umístění lze emisní zdroje emisí členit na přízemní, vyvýšené a výškové. Přízemní zdroje emitují škodliviny poblíž zemského povrchu. Patří mezi ně zemědělská činnost, skládky, lomy, lokální topeniště a také automobilová doprava. Vyvýšené zdroje – například komíny elektráren a tepláren – emitují škodliviny v určité výšce nad zemí, a tím přispívají k jejich dálkovému přenosu. Za výškový zdroj je považována letecká doprava<sup>41</sup>.

Braníš a Hůnová (2009) dále také rozdělují emisní zdroje z hlediska doby trvání emisí na kontinuální a diskontinuální. Typickým kontinuálním zdrojem znečištění jsou podniky, kde je nepřetržitý provoz (například elektrárny)<sup>42</sup>.

---

<sup>38</sup> SIVARAMANAN, S.: *Air Pollution sources, pollutants and mitigation measures*, 2014, s. 2

<sup>39</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 60-62

<sup>40</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 58

<sup>41</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 181

<sup>42</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 182

## 7. Vliv meteorologických podmínek na rozptyl emisí

Zvýšené koncentrace látek znečišťujících ovzduší v městském prostředí obvykle nevyplývají z náhlého nárůstu emisí, nýbrž z meteorologických podmínek, které brání rozptylu v atmosféře nebo vedou ke zvýšení tvorby znečišťujících látek<sup>43</sup>.

### 7.1. Proudění vzduchu v atmosféře

Proudění vzduchu v atmosféře je určováno především polem atmosférického tlaku. Protože na různých místech zemského povrchu se hodnoty atmosférického tlaku liší, vzniká v ovzduší síla tlakového gradientu. Dále v ovzduší působí tzv. Coriolisova síla, která vzniká působením zemské rotace. Zpravidla bývá uvažována pouze její horizontální složka, protože její vertikální složka je zhruba o čtyři řády menší než síla tíže<sup>44</sup>. V mezní vrstvě atmosféry se navíc významně uplatňuje síla tření, která brzdí proudění vzduchu. Vítr potom vane tak, aby byla zachována rovnováha mezi horizontální složkou tlakového gradientu, Coriolisovou silou a třecí silou<sup>45</sup>.

Jako "vítr" označujeme proudění vzduchu vyvolané silou tlakového gradientu v důsledku nerovnoměrného horizontálního rozložení teploty a tlaku vzduchu na zemském povrchu. Rychlost i směr větru se mění v závislosti na výšce nad zemským povrchem. Výškový profil větru je však také ovlivňován třením o zemský povrch. Je-li drsnost zemského povrchu veliká (kvůli výskytu překážek), je nárůst rychlosti větru s výškou pomalý. Typickým příkladem je oblast vnitřního města s vysokou zástavbou<sup>46</sup>. Směr a rychlost větru mají vliv na horizontální šíření a rozptyl škodlivin v atmosféře. Při vyšší rychlosti větru je rozptyl škodlivin intenzivnější a jejich koncentrace nižší<sup>47</sup>.

### 7.2. Vertikální teplotní zvrstvení

Změna teploty vzduchu s výškou (tzv. "vertikální teplotní zvrstvení") má vliv na vertikální stabilitu ovzduší, tudíž i na vertikální šíření a rozptyl znečišťujících látek v atmosféře. Čím je teplotní zvrstvení stabilnější (tj. pokles teploty vzduchu s rostoucí

---

<sup>43</sup> RADAIDEH J. A.: *Effect of Meteorological Variables on Air Pollutants Variation in Arid Climates*, 2017, s. 1

<sup>44</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 34-35

<sup>45</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 37

<sup>46</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 19

<sup>47</sup> BLAŽEK, Z. et al. *Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy*, 2013, s. 22

výškou nad zemí je pomalejší), tím hůře se škodliviny vertikálně rozptylují. Nejméně příznivou situací je tzv. "teplotní inverze", kdy teplota ve vyšší vrstvě atmosféry je vyšší než teplota v nižší vrstvě<sup>48</sup>.

Výskyt teplotní inverze je nejhorším případem rozptylových podmínek, protože inverzní vrstva brání přenosu znečišťujících látek do vyšších vrstev ovzduší a jejich ředění. V regionech s velkým počtem zdrojů znečištění to může vést ke vzniku smogových situací, kdy jsou překročeny zákonem stanovené prahové hodnoty koncentrací škodlivin a může dojít k vyhlášení regulace zdrojů<sup>49</sup>.

### 7.3. Rozložení tlakových útvarů

K základním tlakovým útvarům v zemském ovzduší patří: tlakové níže (cyklony), tlakové výše (anticyklony), hřebeny vysokého tlaku a brázdy nízkého tlaku. Tlakovou níží nazýváme oblast, ve které je atmosférický tlak nižší než v okolí. Podobně tlaková výše představuje oblast, ve které je atmosférický tlak vzhledem k okolí vyšší<sup>50</sup>.

Pro rozptyl škodlivin je příznivější situace cyklonální, kdy dochází vlivem vzestupných proudů k intenzivnímu vertikálnímu promíchávání vzduchových hmot. Naproti tomu klesající proudy, které se vyskytují při anticyklonální situaci, udržují škodliviny poblíž zemského povrchu, proto se zde vyskytují ve vyšší koncentraci. V České republice má na rozptylové podmínky v zimním období negativní vliv přechod tlakové výše od západu na východ při současné změně směru horizontálního proudění<sup>51</sup>.

### 7.4. Atmosférické srážky

Odstranění částic deštěm nebo vymýváním se nazývá "mokrý depozice". Jakmile je atmosféra nasycena vodní párou (100% vlhkost), měla by nastat kondenzace. "Homogenní kondenzace" je přeměna vodní páry na kapalnou vodu nebo na vodu v pevném stavu bez přítomnosti dalších částic. V praxi tato spontánní nukleace vyžaduje výrazné přesycení (až 700%) vzduchu vodními parami. "Heterogenní kondenzace" vyžaduje částici, která působí jako kondenzační jádro. Kondenzačními

---

<sup>48</sup> BLAŽEK Z. et al. *Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy*, 2013., s. 22

<sup>49</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 20

<sup>50</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 34

<sup>51</sup> VACH, M.: *Ochrana ovzduší*, 2013, s. 30

jádry mraků jsou aerosoly. Jakmile kapky oblačnosti dosáhnou významné velikosti (obvykle větší než 200  $\mu\text{m}$ ), jsou z atmosféry odstraněny sedimentací<sup>52</sup>.

Atmosférické srážky obsahují v různé koncentraci prakticky veškeré látky obsažené v atmosféře. Tyto látky se do srážek dostávají dvěma různými procesy nazývanými "vypršení" (*rainout*) a "vymývání" (*washout*). Při vypršení působí znečišťující látky jako kondenzační jádra při vzniku atmosférických srážek. Při vymývání jsou pevné částice a plyny zachycovány již padajícími dešťovými kapkami či sněhovými vločkami<sup>53</sup>.

## 7.5. Smog

Smog je specifická směs primárně emitovaných i následnými reakcemi vzniklých znečišťujících látek, které se za nepříznivých meteorologických podmínek vyskytují ve zvýšené koncentraci v ovzduší<sup>54</sup>.

### Redukční smog

Vzniká kombinací meteorologických jevů (mlha, teplotní inverze) s emisemi aerosolu, CO a SO<sub>2</sub>. Začal se objevovat v průmyslových aglomeracích koncem 19. století v důsledku spalování nekvalitního uhlí s vysokým obsahem síry. Pro svoje redukční vlastnosti se tento typ smogu nazývá "redukční", vzhledem k období výskytu také smog "zimní" a na památku proslulého smogu z roku 1952 také smog "londýnský". Ve střední Evropě již tento typ smogu zmizel z velkých měst a průmyslových aglomerací, ale občas se objevuje v lokalitách menších měst a obcí<sup>55</sup>.

### Oxidační (fotochemický) smog

Jde o komplikovanou směs látek, jejichž hlavním zdrojem je automobilový provoz. Poprvé se tento typ smogu objevil v americkém městě Los Angeles, proto se nazývá také "losangeleský". Základním předpokladem pro jeho vznik je přítomnost slunečního záření (zejména UV složky), proto se tomuto smogu říká také "fotochemický" či "letní". Primárními obsaženými škodlivinami jsou oxidy dusíku, jemný aerosol, nemetanické uhlovodíky a oxid uhelnatý. Obsahuje také sekundární škodliviny se silným biodegradačním, hygienickým a korozivním efektem<sup>56</sup>.

---

<sup>52</sup> EBY, G.N. *Principles of Environmental Geochemistry*, 2004, s. 289-290

<sup>53</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 34

<sup>54</sup> VACH, M. *Ochrana ovzduší*, 2013, s. 57

<sup>55</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 187

<sup>56</sup> BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*, 2009, s. 18



## 8. Vybrané látky znečišťující ovzduší

Látky znečišťující venkovní ovzduší mají komplexní chemické a fyzikální vlastnosti, které závisejí na jejich zdrojích. Pocházejí buď z lidských činností (průmyslové emise, silniční provoz, domovní vytápění, lodní a letecká doprava, stavebnictví, zemědělské práce, války, požáry aj.) nebo z přírodních rizik (zemětřesení, tsunami, sopečná erupce, spontánní lesní požáry, extrémní teploty aj.)<sup>57</sup>. V atmosféře se nacházejí některé škodliviny, které mají negativní dopad na lidské zdraví a na životní prostředí. Hlavními škodlivinami jsou: oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>), oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>), ozon (O<sub>3</sub>) a suspendované částice (PM) zahrnující bioaerosol (pyl, houbové spory, bakterie, viry atd.) a nebiologické částice. Tyto škodliviny (plyny a částice) koexistují ve stejném atmosférickém prostředí, s možností vzájemně se ovlivňovat a zvyšovat svůj nepříznivý účinek synergickými efekty. Například vystavování se vlivu O<sub>3</sub> mívá zánětlivé účinky v dýchacím traktu a vystavování se vlivu CO, NO<sub>2</sub>, PM a SO<sub>2</sub> způsobuje kardiopulmonální úmrtnost, plicní edém, potíže centrálního nervového systému a dýchací či kardiovaskulární hospitalizace. Výskyt vysokých úrovní bioaerosolů v atmosféře mnohdy vede k alergickým dýchacím chorobám<sup>58</sup>.

### 8.1. Tuhé suspendované částice

Při spalování paliv a při dalších průmyslových činnostech vznikají emise aerosolů, které mohou být tuhé, kapalné nebo směsné. Souhrnně se tyto emise v české legislativě nazývají "tuhé znečišťující látky" (TZL), v zahraniční literatuře "celkové suspendované částice" (*Total Suspended Particulate*, TSP). Z hlediska zdravotního působení tuhých znečišťujících látek na člověka byly definovány velikostní skupiny označované jako PM<sub>x</sub> (*Particulate Matter*), které obsahují částice o velikosti menší než "x" mikrometrů (aerodynamický průměr). Nejčastěji se při inventarizaci emisí rozlišuje frakce PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Emise TZL mají různé velikostní a chemické složení podle charakteru zdroje a způsobu vzniku. Mohou obsahovat těžké kovy a představují

---

<sup>57</sup> KIM, D.: Air pollutants and early origins of respiratory diseases, 2018, s. 75

<sup>58</sup> ODUBER, F. et al.: Links between recent trends in airborne pollen concentration, meteorological parameters and air pollutants, 2019, s. 16

nosné médium pro těkavé organické látky (VOC) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH)<sup>59</sup>.

Klasifikace suspendovaných částic je následující:

- celkové suspendované částice (TSP, s aerodynamickým průměrem <30  $\mu\text{m}$ );
- $\text{PM}_{10}$  (s aerodynamickým průměrem menším než 10  $\mu\text{m}$ );
- $\text{PM}_{2,5}$  (s aerodynamickým průměrem menším než 2,5  $\mu\text{m}$ );
- ultrajemné PM s aerodynamickým průměrem menším než 0,1  $\mu\text{m}$ <sup>60</sup>.

Suspendované atmosférické částice lze členit na primární a sekundární. Primární částice jsou emitovány přímo do atmosféry, buď ze zdrojů přírodních (např. sopečná činnost, půdní prach, pyl, mořský aerosol) nebo ze zdrojů antropogenních (např. spalování fosilních paliv, otěry pneumatik). Sekundární částice jsou převážně antropogenního původu a vznikají v atmosféře ze svých plynných prekurzorů:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$  a VOC procesem nazývaným "konverze plyn-částice".

Suspendované částice  $\text{PM}_{10}$  mají významné zdravotní důsledky již při velmi nízkých koncentracích. Ještě závažnější zdravotní dopady (kardiovaskulární a dýchací potíže, zvýšená úmrtnost) však mají jemné částice frakce  $\text{PM}_{2,5}$ , které se při vdechnutí mohou dostat až do plicních sklípků.

Koncentrace  $\text{PM}_{10}$  bývají nejvyšší v chladném období roku, což může souviset jak s vyššími emisemi částic ze sezónních zdrojů (např. lokální topeniště, zimní posyp vozovek), tak i se zhoršenými meteorologickými a rozptylovými podmínkami<sup>61</sup>.

## 8.2. Oxid siřičitý

Patří k nejrozšířenějším látkám znečišťujícím volné ovzduší. Jeho přírodním zdrojem je vulkanická činnost, dále také oxidace přírodně vznikajícího sirovodíku. Hlavními jeho zdroji jsou však elektrárny a teplárny spalující palivo s vysokým obsahem síry (cca 80% všech emisí  $\text{SO}_2$ ), dále domácí topeniště a některé technologické procesy (zejména v metalurgickém a chemickém průmyslu)<sup>62</sup>.

<sup>59</sup> Grafická ročenka 2017: HLAVNÍ MĚSTO PRAHA, ©2019, IV.1.3 Emise  $\text{PM}_{10}$  a  $\text{PM}_{2,5}$

<sup>60</sup> ABULUDE, F. O.: Particulate Matter: An Approach To Air Pollution. Science and Education Development Institute, 2016, s. 2

<sup>61</sup> HENELOVÁ, V. et al.: Příručka ochrany kvality ovzduší, 2013, s. 53

<sup>62</sup> OBROUČKA, K.: Látky znečišťující ovzduší, 2001, s. 30

V minulosti bylo hlavním zdrojem tohoto oxidu spalování uhlí. Dnes je to také ropa, jejíž některé druhy obsahují poměrně vysoké procento síry. Ve vyspělých zemích se podařilo emise oxidů síry výrazně snížit zavedením odsiřovacích jednotek a používáním paliv s nízkým obsahem síry<sup>63</sup>.

Je-li koncentrace SO<sub>2</sub> vyšší než předepisují standardy Světové zdravotnické organizace (WHO), jsou ohroženi především lidé trpící astmatem, bronchitidou, plicními a srdečními problémy. Oxid siřičitý může být nebezpečný pro dýchací systém a fungování plic, a může také vyvolat podráždění očí<sup>64</sup>.

### 8.3. Oxidy dusíku

V atmosféře je zastoupeno celkem pět různých oxidů dusíku, ale z hlediska škodlivého vlivu je nejvýznamnější výskyt oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO<sub>2</sub>). Vzhledem k tomu, že většina analytických metod uvádí součet těchto oxidů, shrnujeme je pod společné označení NO<sub>x</sub>. Emitovaný NO je v atmosféře samovolně oxidován na NO<sub>2</sub>, s následným vznikem kyseliny dusičné<sup>65</sup>.

Přírodním zdrojem NO<sub>x</sub> je zejména činnost bakterií, vulkanická činnost a elektrické výboje v atmosféře. Značná část NO<sub>x</sub> však pochází ze spalovacích procesů v dopravě nebo v energetické a chemické výrobě. Při spalování fosilních paliv za vysoké teploty vzniká především NO, který ve směsi NO<sub>x</sub> tvoří 90 až 95 objemových procent. Je zřejmé, že v průmyslových centrech a v městských aglomeracích je koncentrace NO<sub>x</sub> mnohem vyšší než ve volné krajině<sup>66</sup>. Omezit emise oxidů dusíku se podařilo pouze částečně, zejména úpravou spalovacích zařízení. U největších zdrojů se provádí oddusíkování spalných plynů, které je však složité a nákladné. Hlavním zdrojem oxidů dusíku jsou nyní dopravní prostředky (automobily); jejich katalyzátory však snižují obsah oxidů pouze částečně<sup>67</sup>. Z hlediska zdraví působí oxidy dusíku nepříznivě na dýchací orgány a mohou vést k jejich onemocnění, nebo ke vzniku onemocnění nádorových. Při vyšší koncentraci se NO<sub>x</sub> váže na hemoglobin, a tím zhoršuje přenos kyslíku<sup>68</sup>.

---

<sup>63</sup> MOLDAN, Podmaněná planeta, 2015, s. 260

<sup>64</sup> KHAN, R. R. et al.: Review on effects of Particulates; Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide on Human Health, 2014, s. 71

<sup>65</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 32

<sup>66</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 32

<sup>67</sup> MOLDAN, Podmaněná planeta, 2015, s. 260

<sup>68</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 33

## 8.4. Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý je bezbarvý plyn, který vzniká při nedokonalém spalování hořlavých látek. Jeho hlavními přírodními zdroji jsou vulkanické či bahenní plyny a lesní požáry; významné jsou také fotochemické reakce v atmosféře doprovázející oxidaci metanu. Ke zdrojům CO pocházejícím z lidské činnosti patří především spalování paliv v energetice a v různých technologických pochodech. Dalším významným zdrojem jsou výfukové plyny z provozu motorových dopravních prostředků<sup>69</sup>.

Nepříznivé zdravotní účinky oxidu uhelnatého spočívají v tom, že se tento oxid váže na krevní barvivo (hemoglobin) lépe než kyslík a dochází tak ke zhoršení přenosu kyslíku. Oxid uhelnatý bývá problémem ve vnitřním ovzduší, kde vzniká provozem kamen na pevná paliva a plynových spotřebičů; významným zdrojem je také kouření. Nebezpečně vysoké koncentrace mohou být dosaženy i v garážích<sup>70</sup>.

## 8.5. Těkavé organické látky

Tímto termínem jsou označovány takové organické sloučeniny, jejichž tlak sytých par při 20°C je větší nebo roven 1,3 kPa. Tyto těkavé látky vznikají při výrobě řady produktů (jako jsou rozpouštědla, barvy, nátěrové hmoty, čisticí a kosmetické přípravky), a velká část z nich se dostává do ovzduší<sup>71</sup>. Do volné atmosféry se VOC dostávají také přírodními pochody. Uvést lze zejména anaerobní rozklad organické biomasy, a v letním období emise terpenů z jehličnatých lesů<sup>72</sup>.

Mnohé těkavé organické látky jsou toxické nebo kancerogenní, a poškozují lidské zdraví. Většina z nich také negativně ovlivňuje životní prostředí tím, že se podílejí na vzniku smogů. Některé složky VOC se podílejí rovněž na poškozování ochranné ozonové vrstvy a na skleníkovém efektu<sup>73</sup>.

---

<sup>69</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 34

<sup>70</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Průručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 62

<sup>71</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 37

<sup>72</sup> VÍDEN, I: *Chemie ovzduší*, 2005, s. 75

<sup>73</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 37

## 8.6. Přízemní ozon

Přízemní ozon tvoří přibližně 10% celkového množství atmosférického ozonu. Má buď stratosférický původ nebo vzniká v troposféře chemickými reakcemi z oxidů dusíku, těkavých organických látek a oxidu uhelnatého. Je to sekundární znečišťující látka, která má nejvyšší koncentraci v teplém období roku. Ke vzniku přízemního ozonu přispívá sluneční záření, vysoká teplota a nízká vlhkost vzduchu – proto jsou v rámci Evropy nejvyšší koncentrace ozonu ve středomořské oblasti<sup>74</sup>.

V celosvětovém měřítku je znečištění ozonem vysoké ve střední Evropě, ve východní Číně a ve východní části USA. Vysoké hladiny ozonu se vyskytují také v tropech, kde jsou často spojeny s vypalováním biomasy<sup>75</sup>. Ozon v přízemní vrstvě atmosféry je významnou škodlivinou – je hlavní součástí fotochemického smogu. Jeho působení na živé organismy je velmi nepříznivé: již při koncentraci 200  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  dochází k dráždění očí a nosní sliznice, ke kašli a bolestem hlavy. Škodlivý vliv má také na vegetaci: zpomaluje růst rostlin a vývin kořenového systému<sup>76</sup>.

## 8.7. Polycyklické aromatické uhlovodíky

Tyto chemické látky (označované zkratkou PAH) vznikají při nedokonalém spalování uhlí, nafty, zemního plynu, dřeva, odpadu a dalších organických látek. Zpravidla se PAH nevyskytují jako jednotlivé sloučeniny, ale jako komplexní směsi (tj. jako součást spalin – například sazí). Mohou se vyskytovat také v materiálech jako je ropa, uhlí, uhelný dehet, střešní lepenka, asfalt pro stavbu silnic. Některé PAH se používají v lécích nebo při výrobě barviv, plastů a pesticidů. Dále jsou PAH běžným produktem spalovacích motorů vozidel<sup>77</sup>.

Polycyklické aromatické uhlovodíky patří mezi prokázané karcinogeny. Nejsilnější účinky jsou připisovány benzo(a)pyrenu, který bývá stanovován nejčastěji, protože jeho zvýšený obsah je obvykle doprovázen také zvýšeným obsahem ostatních PAH<sup>78</sup>.

---

<sup>74</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 57-58

<sup>75</sup> HINZ, F.: *Ground-level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications*, 2008, s. IX

<sup>76</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 33-34

<sup>77</sup> HERTEL, O. & M.E.Goodsite: *Urban Air Pollution Climates Throughout the World*, s. 13-15

<sup>78</sup> OBROUČKA, K.: *Látky znečišťující ovzduší*, 2001, s. 37

## 9. Sledování kvality ovzduší České republiky

Pro objektivní sledování kvality ovzduší provozuje Český hydrometeorologický ústav "Informační systém kvality ovzduší" (ISKO), který obsahuje tři databáze: agendu emisí, agendu imisí a agendu depozic<sup>79</sup>.

### 9.1. Klasifikace zdrojů znečišťování ovzduší

Úroveň znečišťování ovzduší hodnotí Český hydrometeorologický ústav pro primární znečišťující látky antropogenního původu a pro skleníkové plyny. K archivaci údajů o stacionárních a mobilních zdrojích znečišťování ovzduší podle §7 zákona o ochraně ovzduší slouží "Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší" REZZO<sup>80</sup>.

Tento registr obsahuje čtyři dílčí databáze pro jednotlivé kategorie emisních zdrojů:

- REZZO 1: velké zdroje znečišťování;
- REZZO 2: střední zdroje znečišťování;
- REZZO 3: malé zdroje znečišťování;
- REZZO 4: mobilní zdroje znečišťování.

Velké a střední zdroje (REZZO 1, 2) jsou sledovány jednotlivě jako zdroje bodové. Malé zdroje (REZZO 3) jsou sledovány plošně na úrovni obcí. Mobilní zdroje (REZZO 4) jsou sledovány liniově (úseky komunikací zahrnutých do sčítání dopravy) či plošně (komunikace nižších tříd na úrovni okresů)<sup>81</sup>.

Jednotlivě sledované zdroje jsou vyjmenovány v příloze č. 2 zákona o ochraně ovzduší. Provozovatelé těchto zdrojů jsou povinni vést provozní evidenci o stacionárním zdroji, jeho provozu, vstupech a výstupech. Ke stanovení emisí PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> se používají procentní podíly dané frakce v celkových emisích tuhých znečišťujících látek (TZL)<sup>82</sup>.

Mezi hromadně sledované zdroje evidované v REZZO 3 patří nevyjmenované spalovací zdroje, stavební a zemědělské činnosti, plošné použití organických

<sup>79</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 82

<sup>80</sup> *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018*, ČHMÚ 2019, s. 26

<sup>81</sup> VACH, M. *Ochrana ovzduší*, 2013, s. 24

<sup>82</sup> *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018*, ČHMÚ 2019, s. 27

rozpouštědel, čerpací stanice, těžba uhlí, požáry automobilů a budov, likvidace odpadů a odpadních vod<sup>83</sup>.

Hromadně sledované mobilní zdroje (REZZO 4) zahrnují zdroje emisí ze silniční dopravy (včetně emisí z odparů benzínu a z otěrů brzd, pneumatik a silnic), dále z dopravy železniční, vodní a letecké, dále emise z provozu nesilničních strojů a mechanismů (zemědělské, lesní a stavební stroje, vozidla armády, údržba zeleně apod.)<sup>84</sup>.

## **9.2. Určování úrovně znečišťování ovzduší**

U jednotlivě sledovaných zdrojů zjišťují provozovatelé úroveň znečišťování měřením nebo výpočtem – viz §6 zákona o ovzduší. Výpočet může být proveden pomocí emisních faktorů nebo bilančním způsobem. V praxi jsou často tyto způsoby kombinovány<sup>85</sup>.

### **Jednorázové měření emisí**

Autorizované osoby mohou k měření používat: přístroje pro kontinuální odběr vzorků, manuální metody a potenciometrické přístroje. Přitom je nutné zaznamenávat provozní parametry. Analýzu odebraných vzorků může provádět akreditovaná laboratoř<sup>86</sup>.

### **Kontinuální měření emisí**

Používá se automatizovaný měřicí systém (AMS), který musí umět stanovit: hmotnostní koncentraci znečišťující látky, tlak a teplotu plynu, obsah referenční složky, hmotnostní tok znečišťující látky za jednotku času, hmotnost znečišťující látky na jednotku produkce<sup>87</sup>.

## **9.3. Vývoj emisní situace v České republice**

V roce 1991 začal platit zákon č. 309/1991 Sb. o ochraně ovzduší, který poprvé v historii ČR zavedl emisní limity a poplatky za znečišťování, s platností od roku 1998. Během restrukturalizace byly mnohé zdroje modernizovány nebo byl ukončen jejich

---

<sup>83</sup> Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018, ČHMÚ 2019, s. 28

<sup>84</sup> Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018, ČHMÚ 2019, s. 29

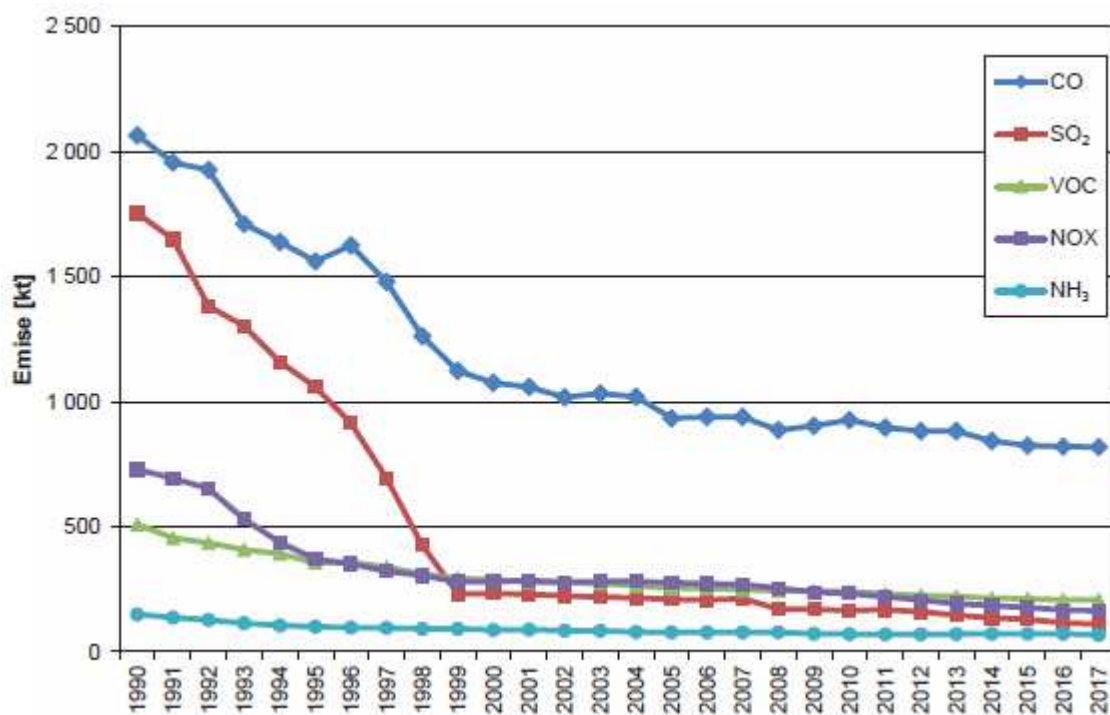
<sup>85</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 80

<sup>86</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 84

<sup>87</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 94

provoz. V sektoru energetiky byly instalovány nové nízkoemisní fluidní kotle. V letech 1996 až 1998 proběhlo odsíření uhelných elektráren. V letech 1992 až 1995 probíhala intenzivní plynofikace obcí. Státní dotace přispěly k častějšímu vytápění domácností elektřinou. V této etapě došlo k největšímu poklesu emisí<sup>88</sup>. Viz obrázek 3 a obrázek 4.

V roce 2002 byla přijata nová legislativa reflektující evropské směrnice: zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a zákon č. 76/2002 Sb. o integrované prevenci a omezování znečištění. Výraznější pokles emisí však nastal až po roce 2008, kdy byl zahájen "Národní program snižování emisí ze stávajících zvláště velkých spalovacích zdrojů", který zavedl emisní stropy pro TZL, SO<sub>2</sub> a NO<sub>x</sub> u jednotlivých zdrojů. Na celkové kvalitě ovzduší se začala významněji podílet doprava a lokální vytápění domácností (TZL, PAH)<sup>89</sup>.



Obrázek 3 : Celkové emise hlavních znečišťujících látek v období 1990 až 2017<sup>90</sup>

<sup>88</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 103

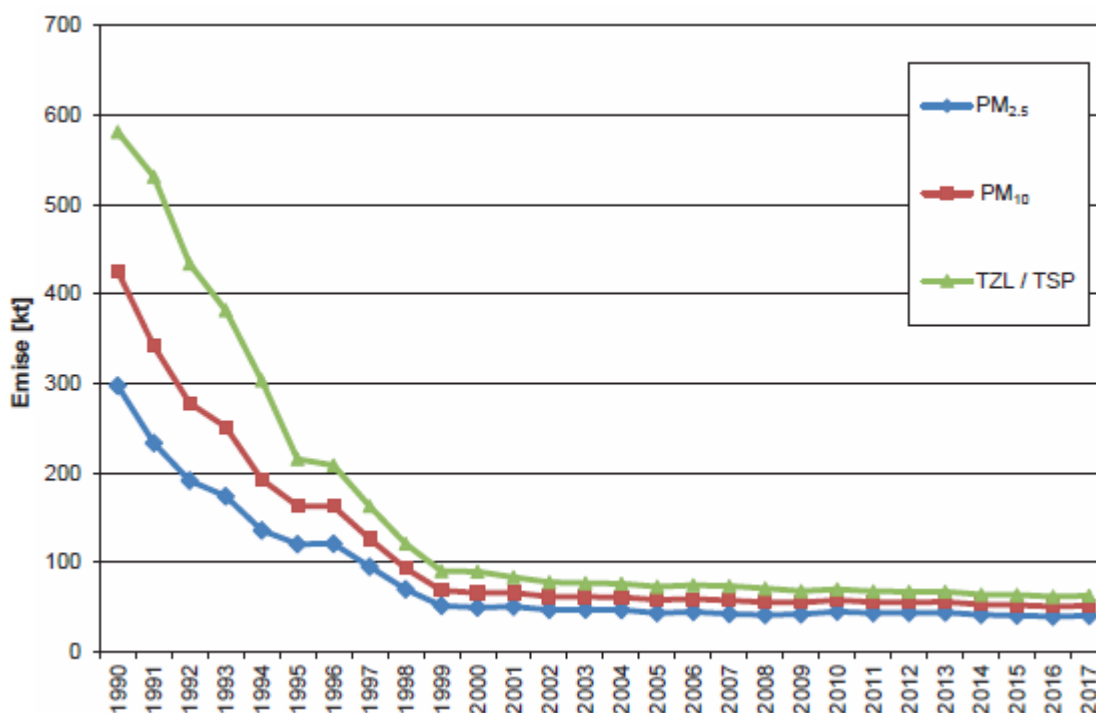
<sup>89</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 103

<sup>90</sup> *Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018*, ČHMÚ 2019, s. 34



V roce 2012 vstoupil v platnost zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší, který zavedl přísnější emisní limity pro spalovací zdroje podle směrnice 2010/75/EU o průmyslových emisích. Následovala další opatření ke snížení emisí – například instalace zařízení na odsiřování a denitrifikaci spalin (Elektrárna Třebovice, Teplárna Karviná, Teplárna České Budějovice aj.) a instalace tkaninových filtrů (Třinecké železářny, ArcelorMittal Ostrava)<sup>91</sup>.

Nejnovější legislativa se zaměřuje také na omezování emisí v sektoru lokálního vytápění domácností. Od roku 2022 bude možné provozovat pouze kotle splňující třetí emisní třídu, proto dochází k průběžnému odstavování starších typů kotlů a k jejich náhradě modernějšími zařízeními s nižšími emisemi<sup>92</sup>.



Obrázek 4 : Celkové emise částic v období 1990 až 2017<sup>93</sup>

<sup>91</sup> Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018, ČHMÚ 2019, s. 31-32

<sup>92</sup> Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018, ČHMÚ 2019, s. 32

<sup>93</sup> Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018, ČHMÚ 2019, s. 35

## 9.4. Imisní monitoring v České republice

Provozováním státní imisní sítě (SIS) na území České republiky je pověřen Český hydrometeorologický ústav. Ten je pověřen také provozem a rozvojem celostátní databáze ISKO shromažďující data o imisích, emisích a depozicích<sup>94</sup>.

Databázi imisí látek znečišťujících venkovní ovzduší tvoří:

- Měřicí síť Automatizovaného imisního monitoringu (AIM), spravovaného ČHMÚ. Stanice této sítě se nazývají Automatizované monitorovací stanice (AMS).
- Měřicí síť manuálních stanic, spravovaná ČHMÚ.
- Sítě měřicích stanic spolupracujících institucí (zdravotní ústavy, výzkumné ústavy, městské úřady, ČEZ). Většina těchto stanic pracuje v manuálním režimu<sup>95</sup>.

Automatizované stanice dodávají do databáze ISKO data z kontinuálního měření SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub>, CO a benzenu. Z manuálních stanic jsou odebrané vzorky odesílány nejprve do laboratoří ke zpracování a odtud do databáze. Manuálně se měří koncentrace PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> a v menší míře také SO<sub>2</sub> a NO<sub>2</sub>. V některých lokalitách jsou vzorky PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> laboratorně analyzovány na obsah těžkých kovů (As, Cd, Ni, Pb) a polycyklických aromatických uhlovodíků<sup>96</sup>.

Podle typu stanice rozlišujeme měřicí stanice dopravní, průmyslové a pozad'ové. Podle typu oblasti rozlišujeme stanice městské, předměstské a venkovské. Klasifikace měřicích stanic je důležitá pro tvorbu imisních map znečištění<sup>97</sup>.

---

<sup>94</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 21

<sup>95</sup> HEMERKA, J. a P. VYBÍRAL: *Základy ochrany ovzduší*, 2008, s. 86

<sup>96</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 34

<sup>97</sup> HEMERKA, J. a P. VYBÍRAL: *Základy ochrany ovzduší*, 2008, s. 86

**Tabulka 1 : Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí<sup>98</sup>**

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Maximální počet překročení
oxid siřičitý	1 hodina	350 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	24
	24 hodin	125 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	3
oxid dusičitý	1 hodina	200 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	18
	kalendářní rok	40 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	0
oxid uhelnatý	max. denní 8 hod. průměr	10 [ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	0
benzen	kalendářní rok	5 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	0
částice PM <sub>10</sub>	24 hodin	50 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	35
	kalendářní rok	40 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	0
částice PM <sub>2,5</sub>	kalendářní rok	25 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	0
olovo	kalendářní rok	0,5 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]	0

Přípustnou úroveň znečištění uvádí příloha č. 1 zákona o ochraně ovzduší. Imisní limity pro ochranu zdraví lidí, včetně povoleného počtu překročení, uvádí tabulka 1. Imisní limity vyhlášené pro ochranu ekosystému a vegetace uvádí tabulka 2.

**Tabulka 2 : Imisní limity vyhlášené pro ochranu ekosystémů a vegetace<sup>99</sup>**

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit
oxid siřičitý	kalendářní rok a zimní období (1.října – 31.března)	20 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
oxidy dusíku	kalendářní rok	30 [ $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ]

<sup>98</sup> ČESKO: Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, 2012, příloha 1

<sup>99</sup> ČESKO: Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, 2012, příloha 1

## 10. Výsledné zhodnocení

### 10.1. Základní charakteristika města Prahy

Hlavní město Praha leží uprostřed Čech, na řece Vltavě. Svoji rozlohou (496 km<sup>2</sup>) je nejmenším krajem, a počtem obyvatel (zhruba 1,3 milionu) je druhým nejlidnatějším krajem v České republice. Hustota zalidnění činila 2637 obyvatel/km<sup>2</sup> v roce 2018<sup>100</sup>.

Území Prahy leží ve střední části České vysočiny, a geologicky přísluší k Českému masivu. Značně členitý reliéf krajiny se vyznačuje hluboko zaříznutými údolními Vltavy a jejích přítoků. Na západním okraji města jsou vysoko položené plošiny. Maximální výškový rozdíl terénu činí 220 m<sup>101</sup>.

Specifická poloha Prahy v členitém terénu Pražské kotliny významným způsobem ovlivňuje klimatické poměry a rozptylové podmínky tohoto území. Údolí Vltavy bývá nedostatečně provětráváno a zejména v chladné polovině roku zde bývají vhodné podmínky pro vznik teplotních inverzí, které vedou ke zvýšení koncentrace škodlivých látek v přízemní vrstvě atmosféry<sup>102</sup>.

### 10.2. Emise ze stacionárních zdrojů v Praze za roky 2008-2017

Mezi významné stacionární zdroje emisí na území Prahy patří především teplárny a některé další velké podniky. Menší podíl má vytápění domácností.

#### Počet zdrojů

Na území Prahy dlouhodobě klesá počet velkých i středních zdrojů evidovaných v kategoriích REZZO 1 a REZZO 2 (viz tabulka 3), což je způsobeno hlavně postupným propojováním Pražské teplotní soustavy (PTS). V první fázi byla propojena většina objektů v pravobřežní části města, což zde umožnilo odstavit řadu samostatných zdrojů a lokálních kotelen spalujících uhlí, topné oleje nebo zemní plyn.

---

<sup>100</sup> Statistická ročenka hlavního města Prahy 2019, s. 26

<sup>101</sup> JANOTA, J. a J. KAREL: Hlavní město Praha – program ke zlepšení kvality ovzduší, s. 3

<sup>102</sup> Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018, ČHMÚ 2019, s. 146

Od roku 2011 bylo teplo z PTS přiváděno také na levý vltavský břeh, a během roku 2012 byl vybudován tepelný napáječ Libeň – Holešovice<sup>103</sup>.

V posledních letech se na změnách počtu zdrojů příznivě projevuje také odpojování menších bytových celků od CZT a změny palivové základny – tj. zvýšení počtu zdrojů spalujících plynná paliva na úkor zdrojů spalujících tuhá či kapalná paliva<sup>104</sup>.

**Tabulka 3 : Evidovaný počet zdrojů znečišťování ovzduší v Praze 2008-2017<sup>105</sup>**

kategorie	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
REZZO 1:	228	229	221	213	211	192	193	705	679	646	
R Z Z O 2	celkem	3304	3458	3153	2897	2206	1863	1866	1304	1280	1285
	pevná	55	37	31	23	20	11	8	0	0	0
	kapalná	60	85	66	27	83	66	108	14	11	9
	plynná	2713	2835	2661	2472	1833	1321	1303	1113	1093	1096
	ostatní	476	501	395	345	270	465	447	177	176	176

### Největší znečišťovatelé

Mezi největší stacionární zdroje emisí na území Prahy patří dlouhodobě Cementárna Radotín (Českomoravský cement a. s.) a ZEVO Malešice (Pražské služby a. s.). Dříve byla významným zdrojem Teplárna Malešice, která nyní provozuje již pouze kotle na spalování zemního plynu, což vedlo ke značnému snížení celkových emisí. Významnými zdroji emisí – zejména NO<sub>x</sub> a SO<sub>2</sub> – jsou také další teplárny (Veolia Energie Praha, Pražská teplárenská a. s., TEDOM), dále kogenerační jednotky Pražských vodovodů a kanalizací a.s. (spalující kalový plyn z čistírny odpadních vod) a kotelna MITAS a. s.<sup>106</sup>

Problémem v Praze jsou také emise těkavých organických látek, které se mohou v jarních a letních měsících podílet na vzniku troposférického ozónu. Mezi největší zdroje emisí VOC patří podnik MITAS a. s., tiskárna Svoboda Press s. r. o. a tiskárna

<sup>103</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 32

<sup>104</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 32

<sup>105</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 33

<sup>106</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 34

EUROPRINT a. s. Nejvýznamnějším producentem emisí tuhých znečišťujících látek (TZL) je lom KÁMEN Zbraslav a. s.<sup>107</sup>

### **Vytápění domácností**

V roce 2017 byla v Praze většina bytů (51,5 %) vytápěna dálkově, druhým nejčastějším způsobem vytápění byl zemní plyn, který využívalo 32,0 % domácností. Naopak uhlím, které má méně příznivý vliv na kvalitu ovzduší, vytápělo pouhých 0,5 % domácností, což je nejméně ze všech krajů ČR<sup>108</sup>.

Měrné emise z vytápění domácností jsou v Praze výrazně nadprůměrné, protože je zde soustředěno velké množství domácností na malé ploše. Emise z vytápění v jednotlivých letech jsou ovlivněny také délkou a průběhem topné sezóny. Je-li topná sezóna chladnější, narůstají úměrně i emise z vytápění a naopak<sup>109</sup>.

### **Emise celkově**

Množství emisí ze stacionárních zdrojů (kategorie REZZO 1–3), které bylo naměřeno v Praze za období 2008-2017 pro základní znečišťující látky (TZL, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, VOC) je uvedeno v tabulce 4. Údaje byly čerpány z elektronického informačního systému emisních zdrojů (EMIS), provozovaného ČHMÚ. Celkové trendy uvádějí také grafy na obrázku 5.

---

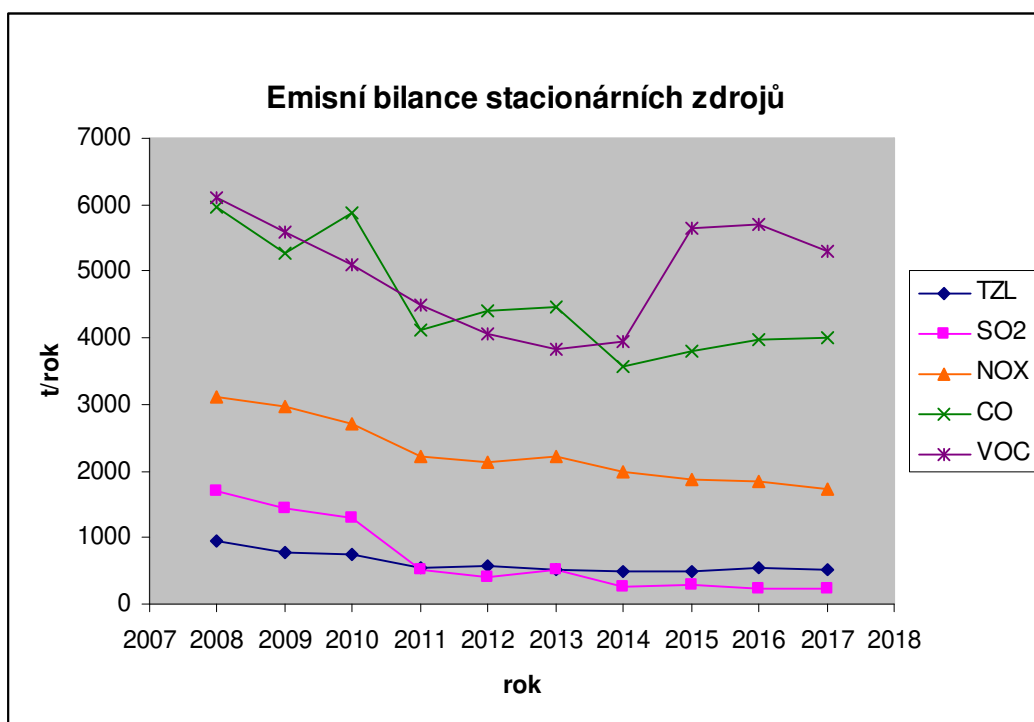
<sup>107</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 34

<sup>108</sup> Zpráva o životním prostředí v kraji Hl. m. Praha 2017, s. 35

<sup>109</sup> Zpráva o životním prostředí v kraji Hl. m. Praha 2017, s. 35

Tabulka 4 : Celkové emise ze stacionárních zdrojů v Praze 2008-2017<sup>110</sup>

rok	celkové emise [t/rok]				
	TZL	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	VOC
2008	937,7	1702,8	3117,3	5974,8	6101,8
2009	777,3	1452,2	2974,1	5277,1	5581,1
2010	760,2	1310,0	2694,8	5874,3	5108,0
2011	547,0	525,3	2213,9	4130,6	4485,8
2012	573,1	414,7	2140,4	4396,3	4065,0
2013	520,6	523,7	2231,9	4456,1	3844,5
2014	476,3	270,7	1989,5	3575,0	3948,1
2015	500,4	281,7	1885,7	3797,6	5648,8
2016	556,2	218,0	1834,9	3974,4	5708,6
2017	519,5	234,3	1729,4	3993,1	5312,7



Obrázek 5 : Vývoj emisí ze stacionárních zdrojů v Praze 2008-2017

Z tabulky a grafů lze učinit následující závěry. Emise SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> a TZL klesaly v této dekádě víceméně plynule. Roční emise SO<sub>2</sub> celkově poklesly o 86,2 %, emise

<sup>110</sup> Emisní bilance ČR podle krajů [online]

NO<sub>x</sub> poklesly o 44,5 %, emise TZL poklesly o 44,6 %. Vývoj emisí CO byl nerovnoměrný: k mírnému nárůstu došlo v období 2009-2010, 2011-2013 a 2014-2017; na konci dekády byly roční emise o 33,1 % nižší než na začátku. Emise VOC poklesly v období 2008-2013 o 37 %; naopak v letech 2013-2016 došlo k nárůstu o 32,7 %. Na konci dekády byly roční emise o 12,9 % nižší než na začátku.

### 10.3. Emise z mobilních zdrojů v Praze za roky 2008-2017

Nejvýznamnějším zdrojem emisí v Praze je silniční doprava. Vysoká intenzita dopravy uvnitř města a také dopravy tranzitní je příčinou vysoké emisní zátěže z dopravy na jednotku plochy. Například v roce 2017 měrné emise NO<sub>x</sub> z dopravy činily 7,7 t/km<sup>2</sup>, což je více než patnáctinásobek celostátního průměru (0,5 t/km<sup>2</sup>). Problémem je především osobní automobilová doprava; v rámci České republiky má Praha nejvyšší míru automobilizace<sup>111</sup>. Viz tabulka 5.

Tabulka 5 : Vývoj automobilové dopravy v Praze 2011-2017<sup>112</sup>

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
délka komunikační sítě [km] z toho dálnice	3 932	3 966	3 972	3 962	3 971	3 977	3 977
	10	10	10	10	44	44	44
počet motorových vozidel z toho osobních automobilů	948872	835427	855057	881235	941145	1 002645	1 058949
	722 343	647 839	665 866	690 037	740745	795178	844613
stupeň motorizace [vozidel na 1000 obyvatel ]	765	670	688	700	743	783	818
stupeň automobilizace [osobních aut na 1000 obyv. ]	582	520	536	548	584	621	652
intenzita automobil. dopravy v centru města [vozidel/den]	608 000	586 000	569 000	551 000	526 000	517 000	530 000

<sup>111</sup> Zpráva o životním prostředí v kraji Hl. m. Praha 2017, s. 38

<sup>112</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (D1: Hospodářství a související faktory), s. 246



### **Nejvíce zatížené úseky**

Celoplošným problémem města jsou dopravní zácpy. Například v roce 2017 bylo na nejzatíženějších úsecích komunikační sítě v Praze dosahováno celodenních obousměrných intenzit cca 142 000 vozidel a nejzatíženější mimoúrovňovou křižovatkou (5. května – Jižní spojka) projíždělo 211 000 vozidel denně. Významný vliv má také nákladní automobilová doprava. V roce 2017 z celkového počtu nákladních vozidel vjíždějících do Prahy za průměrný pracovní den tvořila 70 % tranzitní doprava. Nejzatíženější jsou tranzitní vztahy mezi dálnicemi D1 a D5, D1 a D8 a o něco nižší mezi D8 a D11<sup>113</sup>.

Nejvyšší dopravní zatížení mají komunikace dopravně nejvýznamnější, ke kterým patří například zprovozněné úseky Pražského okruhu, Městského okruhu a radiálních komunikací celoměstského systému (ulice Brněnská, Strakonická, V Holešovičkách, Liberecká, Cínovecká, Kbelská, Novopacká, Průmyslová, Spořilovská, K Barrandovu, Rozvadovská spojka). Těžkou nákladní dopravou s vysokým podílem kamionů jsou zatíženy úseky Jižní spojky, ulice Brněnská a Spořilovská<sup>114</sup>.

### **Sledované emise z dopravy**

Příčinou emisí škodlivin z motorů vozidel jsou výfukové plyny vznikající při spalování pohonných hmot. Nejvýznamnější škodliviny pocházející z dopravy se člení na látky limitované, pro které platí emisní limity (oxid uhelnatý CO, oxidy dusíku NO<sub>x</sub>, nemetanické plynné uhlovodíky VOC a pevné částice PM), a nelimitované škodliviny přispívající ke globálnímu oteplování atmosféry (oxid uhličitý CO<sub>2</sub>, metan CH<sub>4</sub>, oxid dusný N<sub>2</sub>O)<sup>115</sup>.

### **Protiemisní opatření na vozidlech**

Pro nové typy silničních vozidel platí v České republice emisní normy Euro, které udávají limitní hodnoty výfukových exhalací. Tyto normy omezují množství oxidu uhelnatého CO, uhlovodíků HC, oxidů dusíku NO<sub>x</sub> a pevných částic PM – hodnoty jsou uváděny v miligramech na ujetý kilometr. Pro osobní vozidla a lehké užitkové

---

<sup>113</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (D1: Hospodářství a související faktory), s. 244

<sup>114</sup> Územně analytické podklady hl. m. Prahy 2016 (600 Dopravní infrastruktura), s. 4-5

<sup>115</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 364

automobily platí norma Euro 6, která vstoupila v platnost v roce 2014<sup>116</sup>. Pro těžká nákladní vozidla a autobusy platí od roku 2014 norma Euro VI.<sup>117</sup>

Ke snižování emisí z výfukových plynů slouží zařízení nazývané "automobilový katalyzátor". Jeho primárním úkolem je přeměna uhlovodíků, oxidu uhelnatého a oxidů dusíku vytvářených motorem na méně škodlivé látky – vodní páru, oxid uhličitý a dusík.<sup>118</sup>

### **Zlepšování kvality pohonných hmot**

Také zlepšování kvality automobilových paliv přispívá ke snižování emisí některých škodlivin v dopravě. Distribuce olovnatých automobilových benzínů skončila v ČR již v roce 2001. V současnosti distribuované automobilové benzíny a motorová nafta splňují požadavky na nízký obsah síry, které platí od roku 2009<sup>119</sup>.

Dalším významným opatřením je plynofikace vozidel veřejné dopravy. Starší typy autobusů jsou nahrazovány novými typy na stlačený zemní plyn (CNG), které emitují mnohem méně znečišťujících látek než naftové autobusy<sup>120</sup>.

---

<sup>116</sup> Emisní normy Euro [online].

<sup>117</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 365

<sup>118</sup> Jak funguje automobilový katalyzátor? [online] © Enviweb s.r.o.

<sup>119</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 367

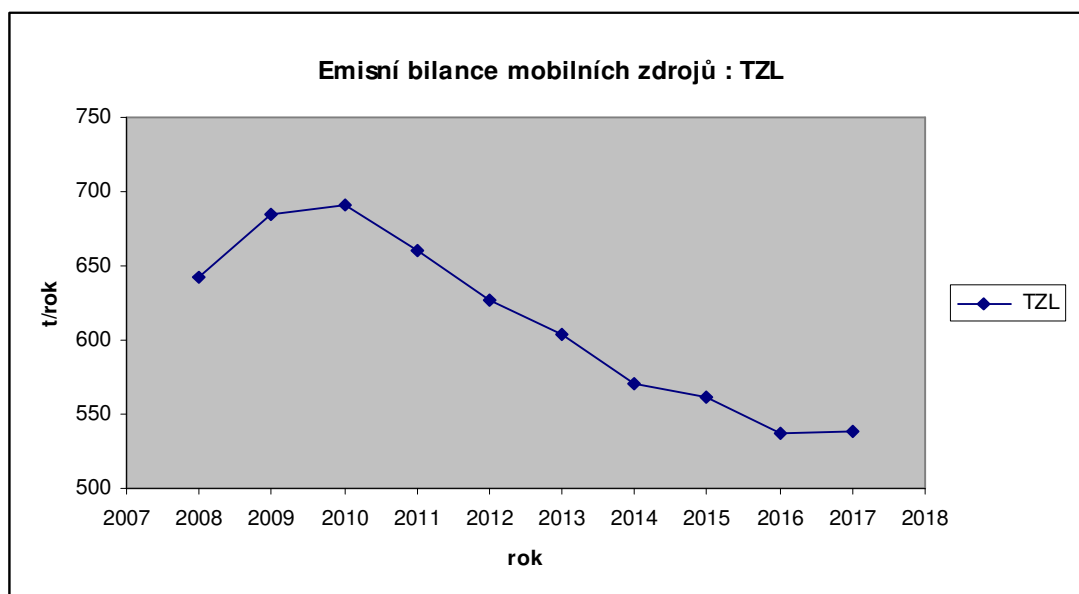
<sup>120</sup> HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší*, 2013, s. 367

## Emise celkově

Množství emisí z mobilních zdrojů (kategorie REZZO 4), které bylo naměřeno v Praze za období 2008-2017 pro základní znečišťující látky (TZL, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, VOC) je uvedeno v tabulce 6. Údaje byly čerpány z informačního systému EMIS. Celkové trendy uvádějí také grafy (viz obrázek 6, obrázek 7 a obrázek 8).

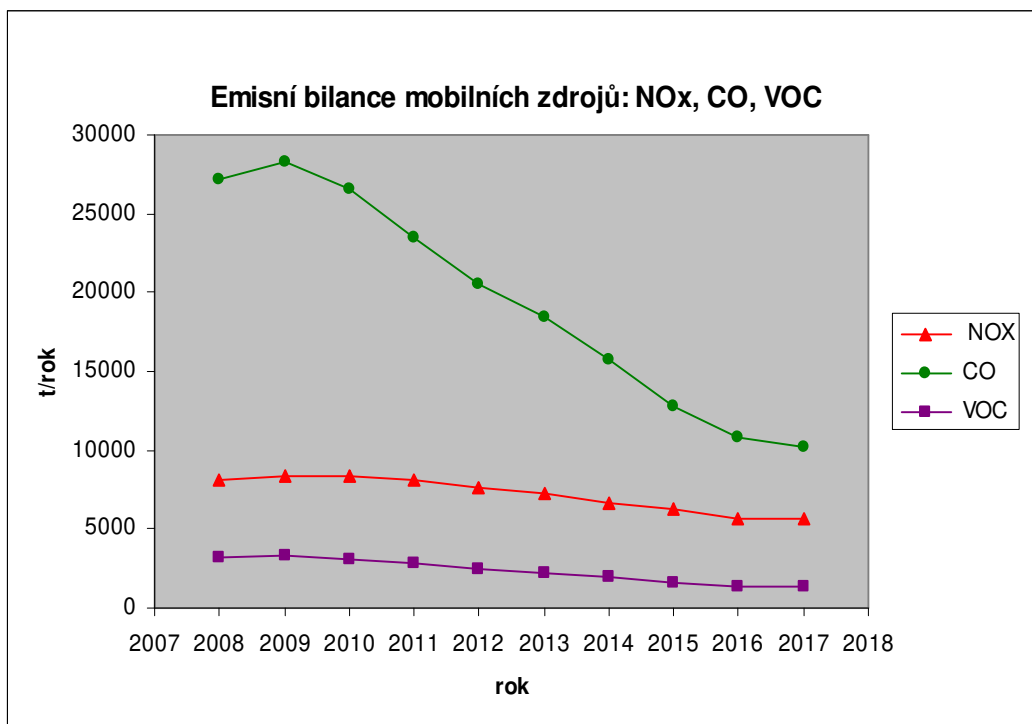
Tabulka 6 : Celkové emise z mobilních zdrojů v Praze 2008- 2017<sup>121</sup>

rok	celkové emise [t/rok]				
	TZL	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	VOC
2008	642,7	67,6	8056,8	27171,9	3144,4
2009	685,0	21,1	8354,5	28336,4	3294,8
2010	690,9	20,8	8354,7	26546,4	3081,0
2011	660,3	20,4	8093,0	23530,8	2831,1
2012	626,6	19,4	7659,4	20509,9	2495,1
2013	604,2	19,0	7308,9	18422,6	2214,2
2014	570,4	14,6	6654,7	15784,7	1959,7
2015	561,2	15,1	6209,7	12848,3	1627,2
2016	537,7	14,2	5697,3	10831,6	1376,7
2017	538,3	14,6	5614,7	10173,4	1363,9

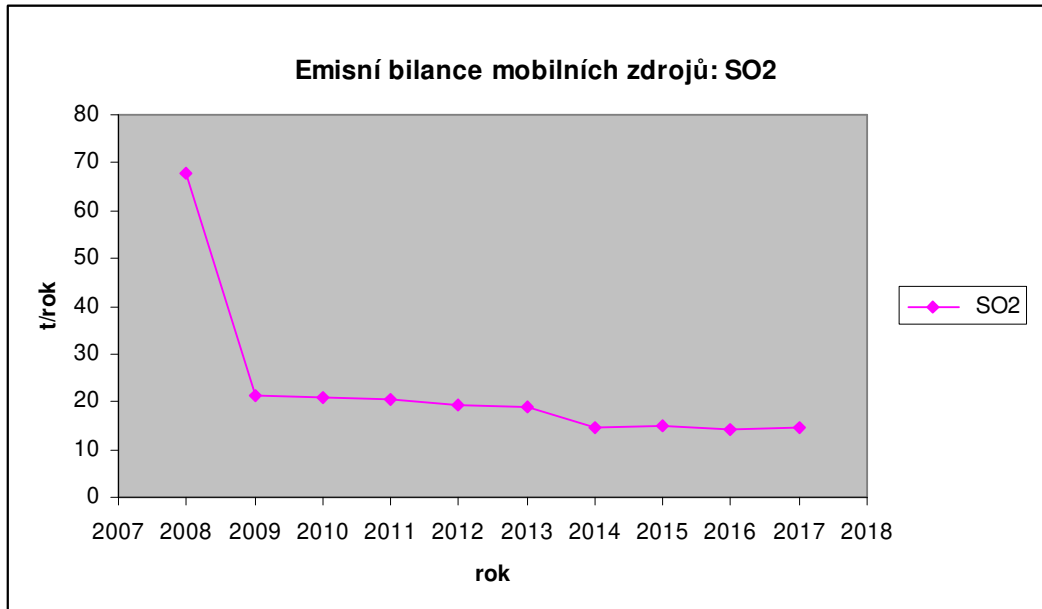


Obrázek 6 : Vývoj emisí z mobilních zdrojů v Praze 2008-2017 (TZL)

<sup>121</sup> Emisní bilance ČR podle krajů [online]



Obrázek 7 : Vývoj emisí z mobilních zdrojů v Praze 2008-2017 (NOx, CO, VOC)



Obrázek 8 : Vývoj emisí z mobilních zdrojů v Praze 2008-2017 (SO<sub>2</sub>)

Z tabulky a grafů lze učinit následující závěry. Emise TZL vzrostly v letech 2008-2010 o 7,4 %, v letech 2010-2017 byl trend sestupný; za dekádu poklesly emise TZL

o 16,2 % (viz obrázek 6). Roční emise CO v této dekádě plynule klesaly, s výjimkou mírného nárůstu v roce 2009; za dekádu emise CO celkově poklesly o 62,6 %. Emise NO<sub>x</sub> mírně vzrostly v roce 2009, v letech 2010-2017 byl trend sestupný; za dekádu pokleslo množství emisí NO<sub>x</sub> o 30,3 %. Podobně také emise VOC mírně vzrostly v roce 2009, v letech 2010-2017 byl trend sestupný; za dekádu poklesly emise VOC celkem o 56,6 % (viz obrázek 7). Emise SO<sub>2</sub> v této dekádě plynule klesaly, k největšímu poklesu došlo v roce 2009; celkový pokles činil 78,4 % (viz obrázek 8).

#### 10.4. Vývoj imisí v Praze za roky 2008-2017

Kvalita ovzduší v hlavním městě Praze byla posuzována vzhledem k imisním limitům pro ochranu zdraví. Hodnocení imisní situace se opírá o data z měřicích stanic na území Prahy, archivovaná v databázi ISKO. V tabulkách a grafech jsou uvedeny imisní charakteristiky za sledované období 2008-2017 pro SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, CO a benzo(a)pyren.

##### Oxid siřičitý

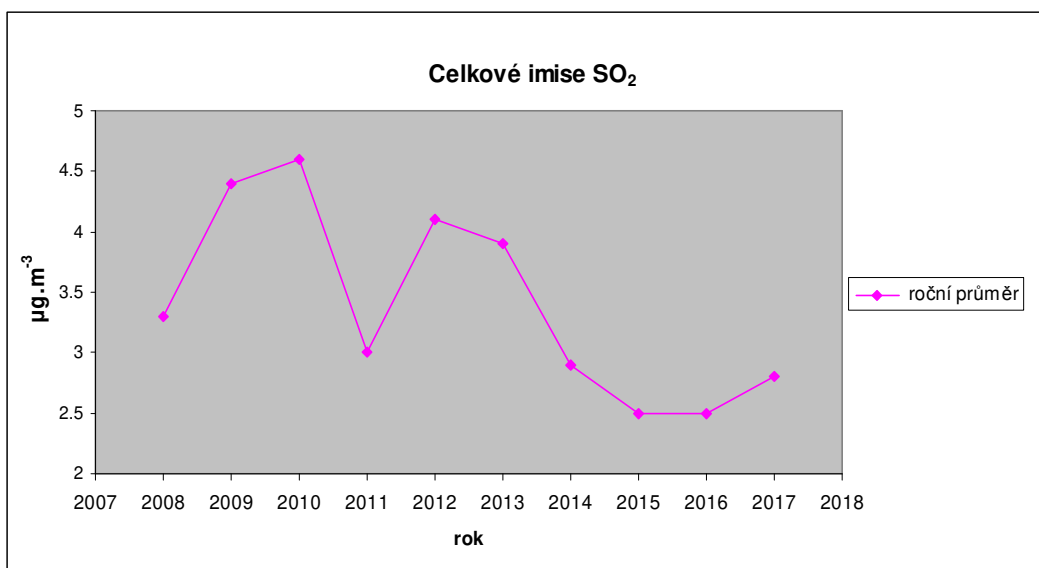
K výraznému poklesu koncentrací SO<sub>2</sub> v ovzduší Prahy došlo již v devadesátých letech. Ve sledované dekádě nebyl v Praze překročen legislativou stanovený imisní limit denní koncentrace pro SO<sub>2</sub>, který činí 125 µg.m<sup>-3</sup> za 24 hodin. Naměřené hodnoty ležely hluboko pod tímto limitem (viz tabulka 7)<sup>122</sup>. Vývoj roční průměrné koncentrace je uveden v tabulce 7 a na obrázku 9.

Tabulka 7 : Hodnoty imisních charakteristik oxidu siřičitého v Praze 2008-2017 <sup>123</sup>

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
roční průměr [µg.m <sup>-3</sup> ]	3,3	4,4	4,6	3,0	4,1	3,9	2,9	2,5	2,5	2,8
4. nejvyšší koncentrace za 24 hodin	12,7	20,6	24,7	15,9	23,8	23,9	14,4	7,5	7,2	10,5

<sup>122</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 50

<sup>123</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 50



Obrázek 9 : Vývoj roční průměrné koncentrace oxidu siřičitého v Praze 2008-2017

### Částice PM<sub>10</sub>

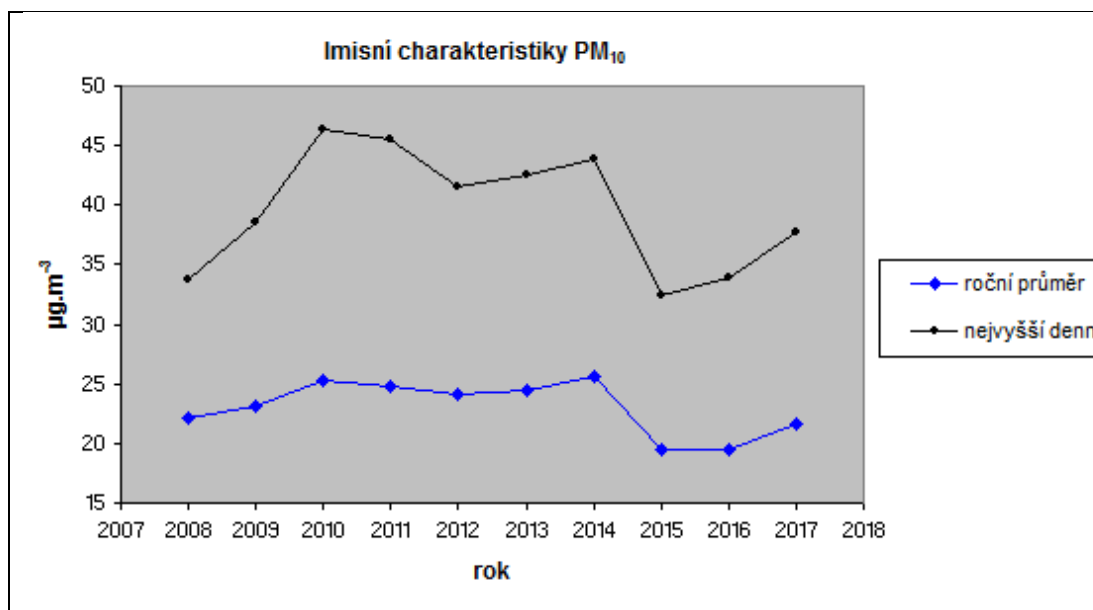
Ve sledované dekádě koncentrace kolísaly. Ke zvýšení koncentrace v důsledku méně příznivých meteorologických a rozptylových podmínek v chladném období roku došlo v roce 2010, 2013, 2014 a 2017. Naopak nižší úrovně koncentrací byly zaznamenány v letech 2008, 2009, 2015 a 2016. Průměrné roční koncentrace PM<sub>10</sub> zůstávaly pod hodnotou imisního limitu, který činí 40 µg.m<sup>-3</sup> (viz obrázek 10). Také nejvyšší denní koncentrace PM<sub>10</sub> zůstávaly pod hodnotou denního imisního limitu, který činí 50 µg.m<sup>-3</sup> (viz tabulka 8). Na některých stanicích však dochází k překračování denního limitu imisí PM<sub>10</sub>. Například v roce 2017 to bylo na pěti stanicích (z patnácti): Praha 10 – Vršovice, Praha 5 – Smíchov, Praha 9 – Vysočany, Praha 8 – Karlín a Praha 10 – Průmyslová<sup>124</sup>.

Tabulka 8 : Hodnoty imisních charakteristik PM<sub>10</sub> v Praze 2008-2017 <sup>125</sup>

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
roční průměr [µg.m <sup>-3</sup> ]	22,1	23,2	25,3	24,8	24,2	24,5	25,6	19,4	19,5	21,6
36. nejvyšší koncentrace za 24 hodin	33,8	38,5	46,4	45,5	41,6	42,5	43,8	32,5	33,9	37,7

<sup>124</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 52

<sup>125</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 54



Obrázek 10 : Vývoj imisních charakteristik PM<sub>10</sub> v Praze 2008-2017

### Oxid dusičitý

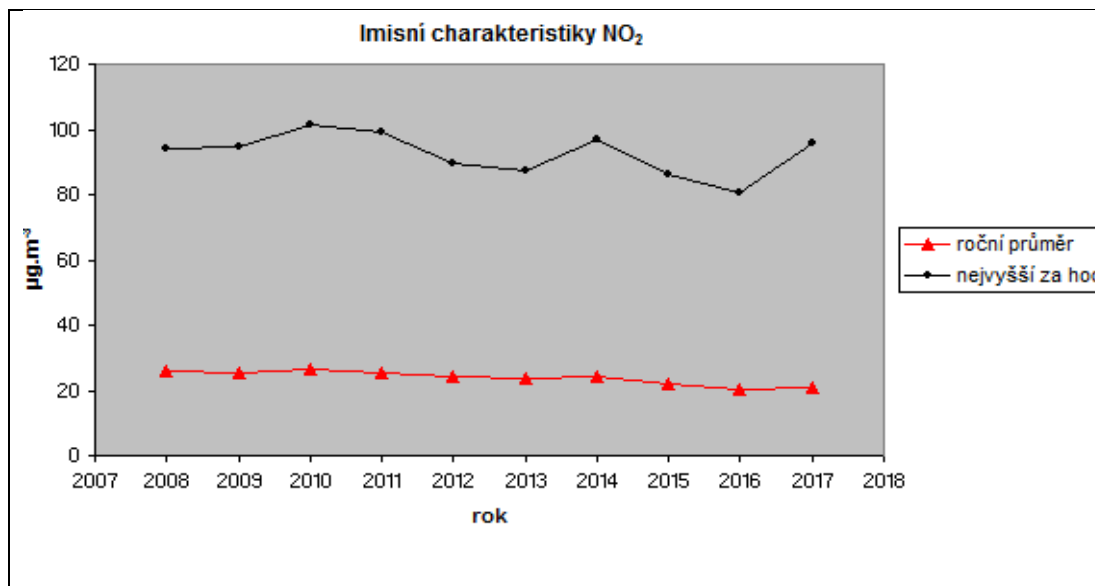
Roční imisní limit pro NO<sub>2</sub>, který činí 40 µg.m<sup>-3</sup>, byl na území Prahy překročen v roce 2016 a 2017 na dvou dopravně exponovaných lokalitách (ze dvanácti lokalit): Praha 2 – Legerova a Praha 5 – Smíchov. Nejvyšší hodinové koncentrace NO<sub>2</sub> zůstávaly ve sledované dekádě pod hodnotou hodinového imisního limitu, který činí 200 µg.m<sup>-3</sup> (viz tabulka 9). Na některých stanicích však dochází k překračování hodinového imisního limitu – například v roce 2017 to bylo na jedné ze dvanácti lokalit. Jednalo se o stanici Praha 2 – Legerova s jedním překročením. Povolený počet překročení je 18x ročně<sup>126</sup>. Vývoj průměrné roční koncentrace NO<sub>2</sub> za všechny stanice je uveden na obrázku 11.

Tabulka 9 : Hodnoty imisních charakteristik NO<sub>2</sub> v Praze 2008-2017 <sup>127</sup>

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
roční průměr [µg.m <sup>-3</sup> ]	26,0	25,2	26,7	25,6	24,5	23,6	24,2	21,7	20,3	21,1
19. nejvyšší koncentrace za 1 hodinu	93,9	94,6	101,3	99,3	89,5	87,5	96,7	86,3	80,5	95,9

<sup>126</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 56

<sup>127</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 57



Obrázek 11 : Vývoj roční průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> v Praze 2008-2017

### Benzo(a)pyren

Koncentrace benzo(a)pyrenu byly v Praze sledovány na dvou lokalitách (Praha 4 – Libuš a Praha 2 – Riegrovy sady). Od roku 2007 kolísají koncentrace benzo(a)pyrenu okolo limitní hodnoty, která činí 1 ng.m<sup>-3</sup>. Imisní limit byl v uvedené dekádě překročen v letech 2012-2014<sup>128</sup>. Viz tabulka 10 a obrázek 12.

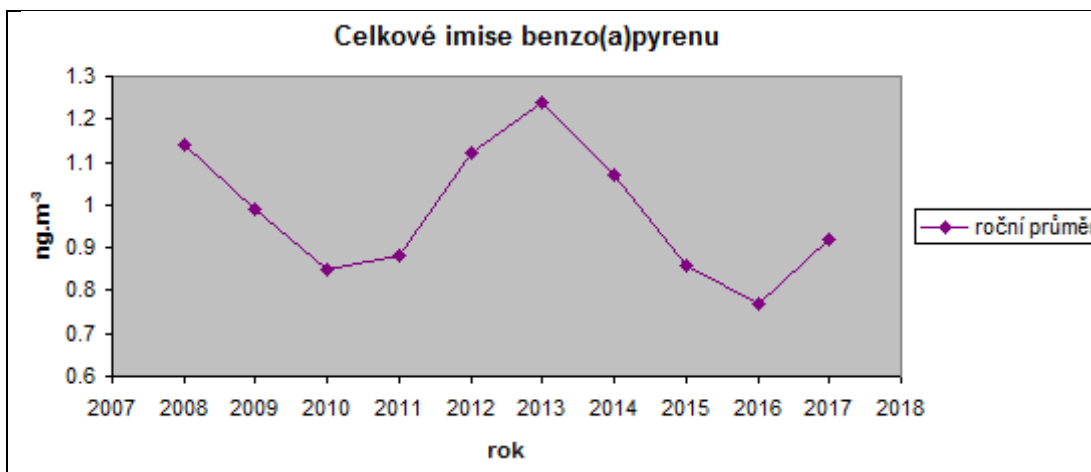
Tabulka 10 : Hodnoty průměrné koncentrace benzo(a)pyrenu v Praze 2008-2017<sup>129</sup>

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
roční průměr [ng.m <sup>-3</sup> ]	1,14	0,99	0,85	0,88	1,12	1,24	1,07	0,86	0,77	0,92

<sup>128</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 67

<sup>129</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 67





Obrázek 12 : Vývoj roční průměrné koncentrace benzo(a)pyrenu v Praze 2008-2017

### Oxid uhelnatý

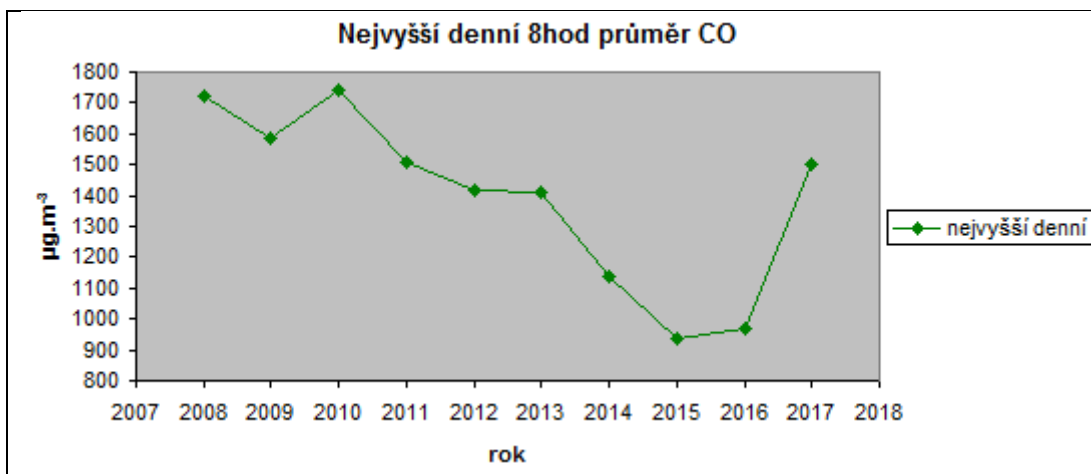
V roce 2017 byl oxid uhelnatý měřen v Praze na dvou stanicích, ale na žádné z nich nedošlo k překročení imisního limitu, kterým je maximální denní 8hodinový klouzavý průměr 10 000  $\mu\text{g.m}^{-3}$ . Nejvyšší hodnoty tohoto indikátoru byly v roce 2017 naměřeny na stanici Praha 2 – Legerova. Údaje uvedené v tabulce 11 jsou za stanici Praha 4 – Libuš<sup>130</sup>. Viz také obrázek 13.

Tabulka 11 : Denní osmihodinový klouzavý průměr CO v Praze 2008-2017<sup>131</sup>

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
max. denní 8hod klouzavý průměr [ $\mu\text{g.m}^{-3}$ ]	1720	1587	1742	1508	1418	1410	1135	936	966	1501

<sup>130</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 60

<sup>131</sup> Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší), s. 60



Obrázek 13 : Vývoj denního klouzavého průměru CO v Praze 2008-2017

## 11. Diskuze

Situace v Praze je specifická tím, že znečišťování ovzduší je jenom v malé míře ovlivňováno stacionárními zdroji – na rozdíl od ostatních krajů. Během útlumu průmyslové výroby v devadesátých letech klesl počet stacionárních zdrojů znečišťování, a současně se výrazně zvýšil počet vozidel. Prioritním zdrojem znečišťování v Praze se tak stala automobilová doprava. Narostl také význam emisí z malých lokálních spalovacích zdrojů jako jsou domácí topeniště. V této souvislosti vypracovalo Ministerstvo životního prostředí v roce 2016 "Program zlepšování kvality ovzduší aglomerace Praha". Nejdůležitější opatření z tohoto programu jsou uvedena níže.

Podpora městské hromadné dopravy (MHD) a zvyšování její kvality. Jedním z cílů je rozšiřování tratí kolejové veřejné dopravy. V roce 2015 byl zahájen provoz trasy A metra v úseku Dejvice-Motol. V přípravě je výstavba trasy D metra v úseku: Náměstí míru – Písnice. V MHD také průběžně probíhá obnova vozového parku autobusů. Stávající autobusy jsou postupně nahrazovány novými vozidly splňujícími stále přísnější emisní limity.

Výstavba nových komunikací pro automobilovou dopravu. Probíhá dostavba vnějšího Pražského okruhu, Městského okruhu a radiálních komunikací. V souvislosti s tím byl v roce 2019 dokončen a zprovozněn tunelový komplex Blanka o délce 6,4 km. S dokončením vnějšího Pražského okruhu se počítá k roku 2029. Z vnitřního Městského okruhu (určeného k objíždění centra) je již dokončen úsek z Tróje přes tunelový komplex Blanka, Strahovský tunel, Tunel Mrázovka, Barrandovský most a Jižní spojku.

Zastřešení Spořilovské spojky, výrazně zatížené kamionovou dopravou. Již byla vypracována studie na vybudování tunelu, v němž bude probíhat automobilová doprava, zatímco na povrchu vznikne prostranství s parkem a bude zde jezdit moderní tichá tramvaj. Stavební povolení by stavba měla získat v roce 2021, výstavba by měla být dokončena do roku 2025.

Podpora alternativních paliv v automobilové dopravě. Týká se rozšíření nabídky čerpacích stanic o zkapalněný ropný plyn (LPG), stlačený zemní plyn (CNG) a biopaliva. Dále je nutné vybudovat síť dobíjecích stanic pro elektromobily.

Parkovací politika a podpora záchytných parkovišť. Cílem je rozšíření zón placeného stání (ZPS) v oblastech sousedících s centrem města a v lokálních centrech. Rozšíření počtu veřejných parkovišť je zaměřeno především na obyvatele dojíždějící do zaměstnání osobními automobily; aktuálně se to týká lokality Zličín a Černý Most.

Regulace nákladní dopravy. Jde o omezování vjezdu těžkých nákladních automobilů do některých částí města. Zřízeny byly dvě zóny regulovaného vjezdu: pro vozidla o celkové hmotnosti nad 3,5 tuny a nad 6 tun.

Podpora cyklistické dopravy. Opatření zahrnují rozvoj systému cyklotras, odstranění rizika střetu cyklistů s automobily, vytvoření úložných míst pro jízdní kola, rozšíření možnosti přepravy kol ve vozidlech MHD.

Podpora přeměny topných systémů v domácnostech. V rámci programu "Čistá energie Praha" jsou poskytovány dotace z rozpočtu města. Jedná se o výměnu vytápění pevnými palivy za vytápění centrálního typu (elektrický kotel, plynový kotel, tepelné čerpadlo).

Zlepšování tepelně-technických vlastností budov. Jedná se o zateplování budov, výměnu oken, instalaci nové regulační a měřicí techniky, energetické audity budov apod. Dotace jsou poskytovány z rozpočtu města a také z evropských fondů.

Omezování prašnosti z plošných zdrojů. Jedná se o technická i organizační opatření, která jsou zaměřena na charakteristické zdroje prašnosti: betonárny, cementárny, obalovny, těžební plochy, skládky stavební sutě a zeminy, haldy písku a štěrku, skládky odpadu apod.

Omezení prašnosti výsadbou zeleně. K omezení prašnosti slouží výsadba liniové zeleně (pásky dřevin), oddělující zatížené komunikace od obytné zástavby. Tuto zeleň lze kombinovat s protihlukovým valem (vznikne tak zemní val osázený protiprašnou zelení). Podobně bývá izolační zeleň vysazována okolo parkovišť. Dalším možným opatřením je ozelenění tramvajových tratí travnatými pásky. Tato zeleň částečně zachycuje zvěřený prach na vozovce a snižuje hlučnost projíždějících souprav.

## 12. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala vývojem kvality ovzduší v Praze v letech 2008-2017. Rešeršní část zkoumala historii pozorování ovzduší v Praze, základní pojmy z ochrany ovzduší, zdroje emisí, vliv meteorologických podmínek, hlavní znečišťující látky, zásady ochrany ovzduší v České republice.

Analytická část práce se zabývala znečištěním pražského ovzduší tuhými částicemi, oxidem siřičitým, oxidy dusíku, oxidem uhelnatým a těkavými organickými látkami. Z emisní bilance stacionárních zdrojů vyplynulo, že za sledovanou dekádu poklesly roční emise SO<sub>2</sub> o 86,2 %, emise NO<sub>x</sub> o 44,5 %, emise TZL o 44,6 % , emise CO o 33,1 % a emise VOC o 12,9 %.

Z emisní bilance mobilních zdrojů vyplynulo, že za uvedenou dekádu poklesly roční emise SO<sub>2</sub> o 62,6 %, emise NO<sub>x</sub> o 30,3 %, emise TZL o 16,2 % , emise CO o 62,6 % a emise VOC o 56,6 %. Z tabulek je vidět, že mobilní zdroje vyprodukovaly mnohem více emisí NO<sub>x</sub>, CO a VOC než stacionární.

Prezentované údaje naznačují, že ve zkoumané dekádě klesal počet stacionárních zdrojů znečištění (podniky, domácnosti), ale rostl počet mobilních zdrojů znečištění (automobily). Z toho lze usuzovat, že pro zlepšení ovzduší v Praze je nutné učinit potřebná opatření na úseku dopravy. Patří k nim: podpora městské hromadné dopravy, dostavba vnějšího a vnitřního silničního okruhu, zastřešení Spořilovské spojky, podpora alternativních paliv, podpora záchytných parkovišť, regulace vjezdu nákladních automobilů, podpora cyklistické dopravy, omezování prašnosti výsadbou zeleně a další.

### 13. Seznam použité literatury

90 let československé meteorologické služby. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 62, číslo 5/2009, s. 129-134 [online]. ISSN 0026-1173. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/assets/2009/Meteo-2009-05.pdf>

ABULUDE, F. O.: Particulate Matter: An Approach To Air Pollution. *Science and Education Development Institute* [online]. 2016, 1, 1-14 [cit. 2019-03-03]. Dostupné z:

[https://www.researchgate.net/publication/305400302\\_Part particulate\\_Matter\\_An\\_Approach\\_To\\_Air\\_Pollution](https://www.researchgate.net/publication/305400302_Part particulate_Matter_An_Approach_To_Air_Pollution)

BLAŽEK, K. et al. *Vliv meteorologických podmínek na kvalitu ovzduší v přeshraniční oblasti Slezska a Moravy*. Praha, ČHMÚ: 2013. ISBN 978-80-87577-15-8. Dostupné z:

[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/OCO/pdf\\_ooco/publikace.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/OCO/pdf_ooco/publikace.pdf)

BRANIŠ, M. a I. HŮNOVÁ, ed. *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. Praha: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1598-1.

CÍLEK, Václav. *Klimatické změny, jejich cyklicita, příčiny a rizika* [online]. [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/25518370-Klimaticke-zmeny-jejich-cyklicita-priciny-a-rizika-vaclav-cilek-hlavni-rysy-klimatu-minuleho-tisicileti.html>

ČESKO: Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS, s.r.o. 2010-2019 [cit. 2019-02-26]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201#p1-2>

EBY, G.N. *Principles of Environmental Geochemistry*. Waveland Press Inc., Kentucky-USA, 2004. ISBN 978-1-4786-3164-4.

Emisní bilance České republiky podle krajů. In: *EMIS – Informační systém emisních zdrojů*. Český hydrometeorologický ústav [online]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emisnibilance_CZ.html)

*Emisní normy Euro* [online]. © PEVI s.r.o. [cit. 2019-02-26]. Dostupné z:  
<https://www.pevi.cz/cz/zajimavosti-z-oboru/emisni-normy>

FRANCOVÁ, M. et al. *50 let Observatoře Praha-Libuš*. Praha: ČHMÚ, 2017. ISBN 978-80-87577-76-9. Dostupné z:  
[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/publikace/50\\_let\\_Libu%C5%A1\\_web.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/publikace/50_let_Libu%C5%A1_web.pdf)

FREJLACH, J. *Příspěvky k poznání klimatu Prahy: II Oblačnost*. Věstník královské české společnosti nauk, svazek XXVI, 1896. Dostupné z:  
<http://www.digitalniknihovna.cz/nkp>

GENG, L. et al.: The end effect in air pollution: The role of perceived difference. In: *Journal of Environmental Management* [online]. 2019, 232, 413-420 [cit. 2019-02-18]. ISSN 03014797. Dostupné z:  
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479718313215>

Grafická ročenka 2017: Hlavní město Praha. Praha: ČHMÚ, ©2019 [cit. 2019-03-08]. Dostupné z:  
[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah\\_CZ.html](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.html)

HEMERKA, J. a P. VYBÍRAL. *Základy ochrany ovzduší*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-03922-9.

HENELOVÁ, V. et al.: *Příručka ochrany kvality ovzduší* [online]. 1. Sdružení společností

HERČÍK, M. a V. DIRNER: *Ochrana životního prostředí* [online]. 1. Ostrava: Environmentální vzdělávání [cit. 2019-02-27]. Dostupné z:  
<https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/546/.content/galerie-souboru/Studijni-materialy/EV-modul1.pdf>

HERTEL, O. et al.: Urban Air Pollution of Nitrogen Oxides from Traffic. *National Environmental Research Institute* [online]. 1995, 1(1), 21-22 [cit. 2019-03-05]. Dostupné z:  
[https://www.researchgate.net/publication/237558422\\_URBAN\\_AIR\\_POLLUTION\\_OF\\_NITROGEN\\_OXIDES\\_FROM\\_TRAFFIC](https://www.researchgate.net/publication/237558422_URBAN_AIR_POLLUTION_OF_NITROGEN_OXIDES_FROM_TRAFFIC)

HINZ, F.: *Ground-level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications* [online]. 15. 8: Science Policy, 2008 [cit. 2019-02-25]. ISBN 978-0-85403-713-1. Dostupné z:

[https://royalsociety.org/~media/royal\\_society\\_content/policy/publications/2008/7925.pdf](https://royalsociety.org/~media/royal_society_content/policy/publications/2008/7925.pdf)

HORKÝ, Z., K. KRŠKA a I. OBRUSNÍK: *Český hydrometeorologický ústav 1954-2004*. Praha: ČHMÚ, 2004. ISBN 80-86690-11-3.

HŮNOVÁ, I., P. KURFÜRST a L. BALÁKOVÁ: Areas under high ozone and nitrogen loads are spatially disjunct in Czech forests. *Science of The Total Environment* [online]. 2019, 656, 567-575 [cit. 2019-02-19]. ISSN 00489697. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969718347272>

Jak funguje automobilový katalyzátor? [online] © Enviweb s.r.o. [cit. 2019-02-25]. <http://www.enviweb.cz/89130>

JANOVA, J. a J. KAREL: Hlavní město Praha – program ke zlepšení kvality ovzduší. In: *Ochrana ovzduší*, ročník 23, č. 4/2011, s. 3-7. ISSN 1211-0337

KAKOS, V. František Augustin, první profesor meteorologie na pražské univerzitě. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 61, číslo 6/2008, s. 185-190 [on-line]. ISSN 0026-1173. Dostupné z:

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/assets/2008/Meteo-2008-06.pdf>

KHAN, R. R. et al.: Review on effects of Particulates, Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide on Human Health. In: *International Research Journal of Environment Sciences* [online]. 2014, 3(4), 70-73 [cit. 2019-03-03]. ISSN 2319–1414. Dostupné z: <http://www.isca.in/IJENS/Archive/v3/i4/10.ISCA-IRJEvS-2014-22.pdf>

KIM, D. et al.: Air pollutants and early origins of respiratory diseases. *Chronic Diseases and Translational Medicine* [online]. 2018, 4(2), 75-94 [cit. 2019-03-03]. ISSN 2095882X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2095882X17301020>



KRŠKA, K. Meteorolog Josef Frejlich – sté výročí zmařených nadějí. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 51, číslo 6/1998, s. 175-178 [on-line]. ISSN 0026-1173. Dostupné z:

[http://www.cmes.cz/sites/default/files/1998\\_6\\_175-178.pdf](http://www.cmes.cz/sites/default/files/1998_6_175-178.pdf)

KRŠKA, K. Historie hydrometeorologické služby na území někdejšího Československa. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 52, číslo 6/1999, s. 161-164 [on-line]. ISSN 0026-1173. Dostupné z: <http://www.cmes.cz/cs/node/397>

KUTKA, Petr. Na část Evropy dopadá písek ze Sahary [online]. Zveř. 2019-06-26. [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://svetobeznik.info/na-cast-evropy-dopada-pisek-ze-sahary/>

MOLDAN, B. *Podmaněná planeta*. Druhé, rozšířené a upravené vydání. Praha: Univerzita Karlova, 2015. ISBN 978-80-246-2999-5.

OBROUČKA, K. *Látky znečišťující ovzduší*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2001. ISBN 80-248-0011-X.

ODUBER, F. et al.: Links between recent trends in airborne pollen concentration, meteorological parameters and air pollutants. In: *Agricultural and Forest Meteorology* [online]. 2019, 264, 16-26 [cit. 2019-03-03]. ISSN 01681923. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168192318303186>

PÉNARD-MORAND, C. et I ANNESI-MAESANO: Air pollution: from sources of emissions to health effects. *Breathe* [online]. 2004, 1(2), 108-119 [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://breathe.ersjournals.com/content/breathe/1/2/108.full.pdf>

Praha – Životní prostředí 2017 (B1: Ovzduší). © Magistrát hlavního města Prahy [online]. Dostupné z: [http://envis.prahamesto.cz/rocenky/Pr17\\_pdf/ElzpravaZP17\\_kapB1.pdf](http://envis.prahamesto.cz/rocenky/Pr17_pdf/ElzpravaZP17_kapB1.pdf)

Praha – Životní prostředí 2017 (D1: Hospodářství a související faktory). © Magistrát hlavního města Prahy [online]. Dostupné z: [http://envis.prahamesto.cz/rocenky/Pr17\\_pdf/ElzpravaZP17\\_kapD.pdf](http://envis.prahamesto.cz/rocenky/Pr17_pdf/ElzpravaZP17_kapD.pdf)

RADAIDEH, J. A.: Effect of Meteorological Variables on Air Pollutants Variation in Arid Climates. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology* [online]. 2017,

07(04) [cit. 2019-04-03]. DOI: 10.4172/2161-0525.1000478. ISSN 21610525. Dostupné z: <https://www.omicsonline.org/open-access/effect-of-meteorological-variables-on-air-pollutants-variation-in-arid-climates-2161-0525-1000478.php?aid=91783>

SIVARAMANAN, S.: Air Pollution sources, pollutants and mitigation measures. *Environmental Management and Access division* [online]. Sri Lanka, 2014, , 1-11 [cit. 2019-02-25]. DOI: 10.13140/2.1.5106.8485. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/269333871\\_Air\\_Pollution\\_sources\\_pollutants\\_and\\_mitigation\\_measures](https://www.researchgate.net/publication/269333871_Air_Pollution_sources_pollutants_and_mitigation_measures)

SLÁDEČEK, J. Kvalita ovzduší v hlavním městě Praze z hlediska standardně sledovaných znečišťujících látek. Příspěvek na konferenci v Úpici, 2006 [on-line]. Dostupné z: <http://www.cbks.cz/Upice2006/153.pdf>

SLÁDEK, I., P. MAZÚR a J. MERTL. Klementinum vydává svědectví o změnách podnebí v Praze. In: *Geografické rozhledy*, ročník 11, číslo 2/2001, s. 52-53 [on-line]. ISSN 1210-3004. Dostupné z: <https://www.geograficke-rozhledy.cz/archiv/clanek/1415/pdf> Statistická ročenka hlavního města Prahy 2019. Český statistický úřad, 2019 [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/statisticka-rocenka-hl-m-prahy-2019>

Územně analytické podklady hl. m. Prahy 2016 (600 Dopravní infrastruktura). Institut plánování a rozvoje hl. m. Prahy, 2017 [online]. Dostupné z: [http://uap.iprpraha.cz/uploads/assets/soubory/textovacast/600\\_dopravni\\_infrastruktura.pdf](http://uap.iprpraha.cz/uploads/assets/soubory/textovacast/600_dopravni_infrastruktura.pdf)

VACH, M.: *Ochrana ovzduší* [online]. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2013. Dostupné z: <https://adoc.tips/eska-zemdska-univerzita-v-praze2a6a544c6d6ed52eb26680799230a83b57497.html>

VÍDEN, I. *Chemie ovzduší*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80-7080-571-4.

Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. Praha: ČHMÚ, 2019. ISBN 978-80-87577-95-0. Dostupné z:

[http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/KO\\_rocenka\\_2018.pdf](http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/KO_rocenka_2018.pdf)

Zpráva o životním prostředí v kraji Hl. m. Praha 2017. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2018. ISBN 978-80-87770-61-0. Dostupné z: [https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/03/Hl.m.Praha\\_2017.pdf](https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/03/Hl.m.Praha_2017.pdf)

## 14. Seznam obrázků

Obrázek 1 : Přenos znečišťujících látek v ovzduší .....	18
Obrázek 2 : Příčiny znečištění venkovního vzduchu .....	19
Obrázek 3 : Celkové emise hlavních znečišťujících látek v období 1990 až 2017....	32
Obrázek 4 : Celkové emise částic v období 1990 až 2017.....	33
Obrázek 5 : Vývoj emisí ze stacionárních zdrojů v Praze 2008-2017 .....	39
Obrázek 6 : Vývoj emisí z mobilních zdrojů v Praze 2008-2017 (TZL).....	43
Obrázek 7 : Vývoj emisí z mobilních zdrojů v Praze 2008-2017 (NO <sub>x</sub> , CO, VOC)	44
Obrázek 8 : Vývoj emisí z mobilních zdrojů v Praze 2008-2017 (SO <sub>2</sub> ).....	44
Obrázek 9 : Vývoj roční průměrné koncentrace oxidu siřičitého v Praze 2008-2017	46
Obrázek 10 : Vývoj imisních charakteristik PM <sub>10</sub> v Praze 2008-2017 .....	47
Obrázek 11 : Vývoj roční průměrné koncentrace NO <sub>2</sub> v Praze 2008-2017.....	48
Obrázek 12 : Vývoj roční průměrné koncentrace benzo(a)pyrenu v Praze 2008-2017 .....	49
Obrázek 13 : Vývoj denního klouzavého průměru CO v Praze 2008-2017 .....	50

## 15. Seznam tabulek

Tabulka 1 : Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí .....	35
Tabulka 2 : Imisní limity vyhlášené pro ochranu ekosystémů a vegetace.....	35
Tabulka 3 : Evidovaný počet zdrojů znečišťování ovzduší v Praze 2008-2017 .....	37
Tabulka 4 : Celkové emise ze stacionárních zdrojů v Praze 2008-2017.....	39
Tabulka 5 : Vývoj automobilové dopravy v Praze 2011-2017 .....	40
Tabulka 6 : Celkové emise z mobilních zdrojů v Praze 2008- 2017 .....	43
Tabulka 7 : Hodnoty imisních charakteristik oxidu siřičitého v Praze 2008-2017 ...	45
Tabulka 8 : Hodnoty imisních charakteristik PM <sub>10</sub> v Praze 2008-2017 .....	46
Tabulka 9 : Hodnoty imisních charakteristik NO <sub>2</sub> v Praze 2008-2017 .....	47
Tabulka 10 : Hodnoty průměrné koncentrace benzo(a)pyrenu v Praze 2008-2017 ..	48
Tabulka 11 : Denní osmihodinový klouzavý průměr CO v Praze 2008-2017 .....	49