

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BRNO 2016

MONIKA NAVRÁTILOVÁ

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta

Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky



**Agronomická
fakulta**

**Mendelova
univerzita
v Brně**



**Vyhodnocení vybraných parametrů znečištění ovzduší
v zájmovém území**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

Ing. Hana Středová, Ph. D.

Vypracoval:

Monika Navrátilová

Brno 2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Monika Navrátilová**
Studijní program: Technologie odpadů
Obor: Odpadové hospodářství
Název tématu: **Vyhodnocení vybraných parametrů znečištění ovzduší v zájmovém území**
Rozsah práce: 30 stran + přílohy

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování přehledu regulačních nástrojů upravujících problematiku znečištění ovzduší.
2. Charakteristika klíčových odpadních látek vypouštěných do ovzduší s důrazem na jejich negativní ovlivnění složek životního prostředí.
3. Představení systému monitoringu, shromažďování a zveřejňování dat a kvality ovzduší.
4. Sestavení databáze údajů o vybraných znečišťujících látkách a vypracování časové analýzy.
5. Statistické a grafické vyhodnocení dosažených výsledků a jejich celkové zhodnocení.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Vyhodnocení vybraných parametrů znečištění ovzduší v zájmovém území vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala svému vedoucímu práce, Ing. Haně Středové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při vypracování bakalářské práce.

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na zhodnocení vývoje kvality ovzduší ve městě Zlín na základě vybraných parametrů znečištění ovzduší. Čtenář je seznámen se základní legislativní úpravou v oblasti ochrany ovzduší, klíčovými odpadními látkami vypouštěnými do ovzduší s důrazem na jejich negativní ovlivnění složek životního prostředí a zdraví člověka. Vymezeny jsou také regulační nástroje upravující problematiku znečištění ovzduší a systém monitoringu, shromažďování a zveřejňování dat o kvalitě ovzduší. Na základě hodnot získaných z měření na monitorovacích stanicích umístěných v zájmovém území zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem v tabelárním přehledu jsou analyzovány údaje o vybraných znečišťujících látkách v ovzduší ve městě Zlín v časové řadě 2010-2014. Nejvíce ovzduší ve městě Zlín zatěžují suspendované částice PM_{10} . Koncentrace těchto látek v městské zóně často překračují zákonem stanovený imisní limit. K největším zdrojům znečištění ovzduší přitom patří doprava, v chladných měsících roku pak také lokální domácí topeniště. Jemné prachové částice $PM_{2,5}$, emise NO_2 i koncentrace SO_2 se ve městě Zlín drží pod hranicí povoleného imisního limitu.

Klíčová slova:

kvalita ovzduší, emise, ochrana klimatu, znečištění ovzduší, regulační nástroje, systém monitoringu, životní prostředí

ABSTRACT

The work is focused on the evaluation of the development of air quality in Zlín based on selected parameters of air pollution. The reader is familiar with the basic legislative regulation of air protection, waste key substances discharged into the air with an emphasis on their negative effects on components of the environment and human health. Also identified are regulatory instruments governing the issue of air pollution and monitoring system, collecting and publishing data on air quality. Based on the values obtained from measurements at monitoring stations located in the area of interest published by the Czech Hydrometeorological Institute in tabular survey analyzed data on selected pollutants in

the air in Zlín in time series 2010-2014. Most air in Zlín burden suspended particles PM10. The concentrations of these substances in the urban area often exceed the statutory limit value. The largest sources of air pollution include transportation while in the colder months of the year, as well as local household heating. Fine particles PM2.5 emissions of NO2 and SO2 concentrations in the town of Zlín holds below the permitted limit value.

Key words:

air quality, emissions , climate protection , air pollution control tools , system monitoring, environment

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	CÍL, METODIKA PRÁCE.....	12
3	TEORETICKÁ VÝCHODISKA PROBLEMATIKY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ. 13	
3.1	Legislativní úprava ochrany ovzduší	14
3.2	Charakteristika klíčových odpadních látek vypouštěných do ovzduší s důrazem na jejich negativní ovlivnění složek životního prostředí a zdraví člověka	16
3.2.1	Oxid dusičitý.....	17
3.2.2	Oxid siřičitý	20
3.2.3	Oxid uhelnatý.....	21
3.2.4	Arsen.....	22
3.2.5	Nikl	24
3.2.6	Polycyklické aromatické uhlovodíky.....	26
3.2.7	Benzen	27
3.2.8	Polétavý prach.....	29
3.2.9	Kadmium	30
3.3	Přehled regulačních nástrojů upravující problematiku znečištění ovzduší	31
3.4	Systém monitoringu, shromažďování a zveřejňování dat o kvalitě ovzduší....	36
4	KVALITA OVZDUŠÍ VE MĚSTĚ ZLÍN.....	42
4.1	Charakteristika zájmového území	42
4.2	Měření kvality ovzduší ve městě Zlín.....	43
4.3	Zdroje znečišťování ovzduší ve městě Zlín	43
4.4	Časová analýza údajů o vybraných znečišťujících látkách	44
4.4.1	Prachové částice PM ₁₀	45
4.4.2	Prachové částice PM _{2,5}	48

4.4.3	Oxid siřičitý SO ₂	50
4.4.4	Oxid dusičitý NO ₂	53
5	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	59

1 ÚVOD

Znečištění ovzduší patří k základním ekologickým problémům, které znatelně ovlivňují zdraví a život lidí. Množství škodlivin, které se v ovzduší nalézají, je především následkem činností člověka. Znečištění ovzduší dosáhlo svého vrcholu v období průmyslové revoluce. Stalo se tak v důsledku zvýšené těžby uhlí a jeho následného spalování, které způsobovalo intenzivnější výskyt oxidu siřičitého, sazí a popela ve vzduchu. Nejznámější katastrofou byl v této souvislosti takzvaný londýnský smog, kdy znečištění dosáhlo takového stupně, že na následky chorob dýchacích cest zemřelo několik tisíc lidí. Velký smog zasáhl Londýn 4. prosince 1952 a trval do března 1953. Tato pohroma byla však hybnou silou změn směrem k modernímu přístupu k životnímu prostředí, které byly reflektovány v řadě konferencí OSN. Byly vydány regulační předpisy omezující použití znečišťujících paliv v průmyslu a pro vytápění domácností. S následným postupným omezením užívání uhlí jako paliva a přijetí různých regulativů, se stav ovzduší zlepšuje.

V současné době je abnormální výskyt znečišťujících látek v ovzduší nejčastěji způsoben spalovacími tepelnými elektrárnami (spalování uhlí, plynu, ropy) a automobilovou dopravou. Smogové situace jsou navíc často podmíněny inverzním režimem teploty vzduchu s následným zvýšením koncentrace škodlivin z výfuků a komínů v nehybné přízemní vrstvě vzduchu. K inverzním situacím, trvajícím řadu dní, dochází zpravidla v podzimních a zimních měsících. Charakteristická je nízká oblačnost, zahalující nížiny, zatímco vystupující horské oblasti se těší jasnému a teplému počasí.

Z hlediska zdravotních rizik jsou nebezpečné zejména ty látky, jejichž zvýšená přítomnost v ovzduší negativně ovlivňuje životní prostředí a životy lidí. Jedná se hlavně o chlorovodíky, oxidy síry a dusíku, fluór, chlór a další např. neviditelné a o to více nebezpečné radioaktivní částice a freony, které poškozují ozónovou vrstvu.

Důsledkem špatné kvality ovzduší jsou různá onemocnění (nemoci dýchací soustavy, nemoci způsobené zvětšováním ozónové díry), kyselá dešť, které mají negativní vliv na vodní toky a lesní porosty. V důsledku znečištění ovzduší a emitováním skleníkové aktivních pláňů dochází ke změnám globálního klimatu ke globálnímu oteplování.

Jako prevence těchto důsledků znečištění, je omezení výskytu škodlivin v ovzduší, což mají zajišťovat emisní limity, které byly přijaty pro Evropu jako reakce na Zákon o čistém ovzduší a regulační nástroje upravující problematiku znečištění ovzduší.

2 CÍL, METODIKA PRÁCE

Práce se zabývá ovzduším v zájmovém území. Cílem práce je pomocí vybraných parametrů znečištění zhodnotit vývoj kvality ovzduší ve městě Zlín. Analýza údajů o vybraných znečišťujících látkách zahrnuje časovou řadu 2010-2014.

Na základě literární rešerše je přiblížena základní legislativní úprava v oblasti ochrany ovzduší, jsou charakterizovány klíčové odpadní látky vypouštěné do ovzduší s důrazem na jejich negativní ovlivnění složek životního prostředí a zdraví člověka. Vymezeny jsou také regulační nástroje upravující problematiku znečištění ovzduší a systém monitoringu, shromažďování a zveřejňování dat o kvalitě ovzduší.

Časová analýza dat o kvalitě ovzduší ve městě Zlín vychází z informací pravidelně zveřejňovaných Českým hydrometeorologickým ústavem v Souhrnném tabelárním přehledu, který obsahuje soubor statistických tabulek s imisními hodnotami všech látek, které jsou požadovány pro hodnocení kvality ovzduší podle platných zákonných norem. Konkrétní hodnoty jsou získány z měření na monitorovacích stanicích umístěných v zájmovém území zaznamenaných v části Souhrnný tabelární přehled a Podrobný tabelární přehled denních průměrů na stanicích. Ze Souhrnného tabelárního přehledu jsou uvedena a porovnána data o vybraných znečišťujících látkách v ročních intervalech, přičemž je zhodnoceno, zda byly stanovené imisní limity překročeny či nikoliv. Pro doplnění jsou na základě informací z Podrobného tabelárního přehledu denních průměrů na stanicích porovnány průměrné denní hodnoty koncentrací vybraných znečišťujících látek v ovzduší ve městě Zlín v jednotlivých měsících v letech 2010-2014. Výsledky jsou prezentovány graficky s vyznačením hodnoty přípustných limitů pro danou látku. Následně je zjištěný stav zhodnocen a jsou představena doporučení ke zlepšení kvality ovzduší ve městě Zlín.

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PROBLEMATIKY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

Ovzduší tvoří spolu s vodou, horninami, půdou, ekosystémy, organismy a energiemi nejdůležitější složky životního prostředí. Zákonem č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, je ovzduší vymezeno jako vnější ovzduší, které se nachází v troposféře. Jedná se o „plynný obal Země, který se otáčí spolu s ní, sahá do výšky zhruba sta kilometrů a je složen z několika plynů (zejm. kyslík, dusík), v nichž jsou přimísены další částice, pyly, krystaly, vodní páry atd.“¹

Za znečišťování životního prostředí je považováno působení chemických, fyzikálních a biologických faktorů v životním prostředí v důsledku lidské činnosti, které jsou pro prostředí svým základem nebo kvantitou cizorodé, přičemž znečištění lidskou činností se rozumí proniknutí vibrací, látek, hluku, tepla a dalších forem neionizujícího záření do ovzduší, vody či půdy, které může mít negativní vliv na zdraví člověka nebo zvířat, kvalitu životního prostředí, nebo může způsobovat škody na hmotném majetku nebo má schopnost plně využívat chráněné hodnoty životního prostředí, ať už jsou způsobené přímo či nepřímo². Ochranou ovzduší se pak míní „předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečišťování tak, aby byla omezena rizika pro lidské zdraví způsobená znečištěním ovzduší, snížení zátěže životního prostředí látkami vnášenými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy a vytvoření předpokladů pro regeneraci složek životního prostředí postižených v důsledku znečištění ovzduší.“³

Problémy, které lidstvo vytvořilo svou činností, jsou složité a velmi obtížně řešitelné. Je prokázáno nadměrné čerpání přírodních zdrojů a emitování nadměrného množství odpadů a škodlivin do přírodního prostředí. Znečištění ovzduší, které je otázkou především urbanizovaných oblastí a velkých měst, se negativně projevilo na změně klimatu, stavu ozónové vrstvy, ekosystémů, ztrátě biologické rozmanitosti a celkově na

¹PSUTKA, Jindřich. *Odpovědnost za ekologické škody v občanském právu*. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011, s. 167.

² Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), ve znění pozdějších předpisů, § 2 písm. b).

³ Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, § 1 odst. 1.

zhoršení stavu životního prostředí. Samozřejmě nejde jen o působení škodlivin v ovzduší, ale také ve vodě, vliv na uvedené má také produkce odpadů a působení chemických látek. Úkolem ochrany ovzduší je obzvláště omezování původů znečišťování, ochrana vnějšího ovzduší a ozónové vrstvy před znečišťováním v důsledku lidské činnosti, zmírňování důsledků, které znečišťování přináší, a celková ochrana klimatického systému Země⁴.

K obecným příčinám zhoršování kvality ovzduší patří zejména období inverzí a období častějšího výskytu tzv. smogových situací. Inverze představuje v meteorologii protichůdný průběh změn v meteorologickém prvku s neobvyklou výškou⁵. Smogová situace je stav mimořádně znečištěného ovzduší, kdy úroveň znečištění oxidem siřičitým, oxidem dusičitým, částicemi PM₁₀ nebo troposférickým ozonem překročí přípustné množství.

Aby bylo znečišťování ovzduší možné regulovat a zamezilo se nadměrné kontaminaci škodlivými látkami, je ochrana ovzduší ukotvena legislativně. Základní právní normy vztahující se k dané problematice shrnuje následující kapitola.

3.1 Legislativní úprava ochrany ovzduší

Ochrana ovzduší je součástí právní ochrany životního prostředí. Hlavní pramenem právní úpravy ochrany ovzduší je zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění. Zákon účinný od 1. září 2012 chrání ovzduší ve vztahu k lidskému zdraví, ochraně ekosystémů i složek životního prostředí. Je rozdělen na 7 částí, v nichž jsou upraveny povolené úrovně znečištění a znečišťování, nástroje ke snižování úrovně znečištění a znečišťování, povinnosti osob a měřítko udržitelnosti biopaliv, práva a povinnosti osob a působnost orgánů státní správy na úseku ochrany ovzduší, způsob zhodnocení přípustné úrovně znečištění a znečišťování ovzduší včetně jejich vyhodnocení, opatření k nápravě a správní delikty, práva a povinnosti dodavatelů pohonných hmot, působnost příslušných orgánů na úseku sledování a snižování emisí skleníkových plynů vznikajících

⁴PEKÁREK, Milan a kol. *Právo životního prostředí*. 2., přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2006, s. 17.

⁵Meteorologický slovník výkladový a terminologický. *Česká meteorologická společnost* [online]. [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/>

z pohonných hmot v silničním provozu⁶. V poslední části jsou obsaženy přechodné režimy pro spalovací stacionární zdroje.

Dalšími legislativními normami na vnitrostátní úrovni v oblasti ochrany ovzduší jsou:

- Zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, a o fluorovaných skleníkových plynech,
- Zákon č. 383/2012 Sb., o podmínkách obchodování s povolenkami na emise skleníkových plynů,
- Nařízení vlády č. 351/2012 Sb., o kritériích udržitelnosti biopaliv,
- Nařízení vlády č. 56/2013 Sb., o stanovení pravidel pro zařazení silničních motorových vozidel do emisních kategorií a o emisních plaketách,
- Vyhláška 312/2012 Sb., o stanovení požadavků na kvalitu paliv používaných pro vnitrozemská a námořní plavidla z hlediska ochrany ovzduší,
- Vyhláška 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích,
- Vyhláška 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.

Kromě vnitrostátních právních norem upravují oblast ochrany ovzduší také mimostátní předpisy. Na evropské úrovni regulují čistotu ovzduší zejména:

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. května 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu,
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/107/ES ze dne 15. prosince 2004 o obsahu arsenu, kadmia, rtuti, niklu a polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší,
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/81/ES ze dne 23. října 2001 o národních emisních stropích pro některé znečišťující látky,
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/76/ES ze dne 4. prosince 2000 o spalování odpadů,

⁶TUHÁČEK, Miloš a kol. *Právo životního prostředí: praktický průvodce*. První vydání. Praha: Grada, 2015, s. 205.

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2001/80/ES ze dne 23. října 2001 o omezení emisí některých znečišťujících látek do ovzduší z velkých spalovacích zařízení,
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU ze dne 24. listopadu 2010 o průmyslových emisích (integrované prevenci a omezení znečištění),
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1005/2009 ze dne 16. září 2009 o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu,
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 842/2006 ze dne 17. května 2006 o některých fluorovaných skleníkových plynech.

3.2 Charakteristika klíčových odpadních látek vypouštěných do ovzduší s důrazem na jejich negativní ovlivnění složek životního prostředí a zdraví člověka

Ovzduší je znečišťováno vypouštěním řady odpadních látek, které mají negativní vliv na životní prostředí i život lidí a zvířat. Za znečišťující látku je považována „každá látka, která svou přítomností v ovzduší má nebo může mít škodlivé účinky na lidské zdraví nebo životní prostředí anebo obtěžuje zápachem.“⁷ Vnášení znečišťujících látek do ovzduší je označováno jako emise, obsah nežádoucích látek v ovzduší jako imise. Úroveň znečištění ovzduší se odvíjí od hmotnostní koncentrace znečišťujících látek v atmosféře nebo její spad na zemský povrch za časovou jednotku. Mezi klíčové odpadní látky vypouštěné do ovzduší, které mají nepříznivý vliv, patří:

- oxid dusičitý,
- oxid siřičitý,
- arsen,
- nikl,
- polycyklické aromatické uhlovodíky,
- benzen,
- oxid uhelnatý,
- polétavý prach,

⁷ Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, § 2 písm. b).

- kadmium.

Charakteristiku těchto látek přináší následující text.

3.2.1 Oxid dusičitý

Oxid dusičitý (NO₂) patří do skupiny oxidu dusíku, je její nejobvyklejší formou. Jedná se o skleníkový plyn, který vzniká zejména při spalování fosilních paliv při vysokých teplotách a v souvislosti s provozem motorových vozidel. Současně se řadí mezi biogenní prvky. Podílí se na tvorbě kyselých dešťů a napomáhá také vzniku přízemního ozonu. Lidé využívají oxid dusičitý např. pro výrobu kyseliny dusičné, jako silné oxidační nebo nitridační činidlo v průmyslových procesech při organické syntéze, v petrochemickém průmyslu v kalibračních plynných směsích, v analyzátoch stopových částic a někdy také jako součást raketového paliva⁸. V plynném stavu má oxid dusičitý červenohnědou barvu, štiplavý zápach a je prudce jedovatý, v kapalném stavu je žlutohnědý, po ztuhnutí má podobu bezbarvých krystalů.

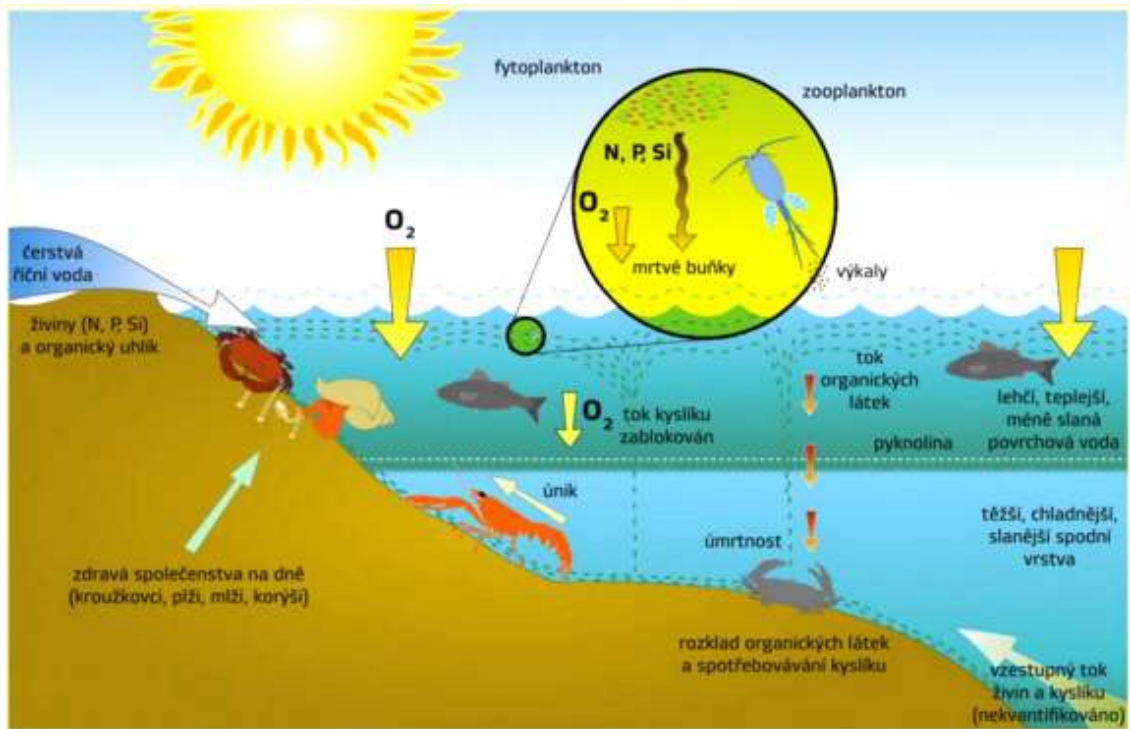
V přiměřeném množství oxid dusičitý, vzhledem k tomu, že je biogenním prvkem, neškodí, naopak pro růst rostlin je nezbytný. Vysoké koncentrace oxidu dusičitého však mají negativní vliv, a to jak na životní prostředí, tak na zdraví člověka. „*Na rostoucí nebezpečí poškození dolních dýchacích cest a alveolů oxidem dusičitým v industrializovaných zemích upozorňuje Bentham Science Publishers (2016)*“⁹ V případě životního prostředí se jedná zejména o negativní vliv způsobený oxidací částí oxidů na kyselinu dusičnou a dusičnany, které jsou součástí procesu kyselých dešťů, které působí na vegetaci, stavby, okyselují vodní toky a plochy. „*Oxidy dusíku v ovzduší postupně přecházejí na kyselinu dusičnou, která reaguje s prachovými částicemi a například s oxidy hořčíku a vápníku či s amoniakem za vzniku tuhých částic, které jsou z atmosféry odstraňovány jednak sedimentací a jednak vymýváním srážkovou činností.*“¹⁰

⁸Oxidy dusíku. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/oxidy_dusiku.html

⁹Jegal, Y., Kim, Y. *Current Respiratory Medicine Reviews*, Volume 12, Issue 1, 1 March 2016, Pages 44-55

¹⁰Oxidy dusíku. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/oxidy_dusiku.html

Dusičnanové ionty pak mohou způsobovat úhyn ryb a růst vodních rostlin, tzv. eutrofizaci vod (vizobrázek1).



Obr. 1Eutrofizace vod

Zdroj: MOLDAN, Bedřich. *Podmaněná planeta*. Druhé, rozšířené a upravené vydání. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2015, s. 311.

Eutrofizace je procesem, který vede ke zvyšování obsahu anorganických živin v povrchových vodách a půdě. Jde o přirozený jev, který ale vlivem lidské činnosti dosahuje přirozené normy. Důsledkem je zarůstání povrchových vod sinicemi a řasami způsobené přemnožením planktonu, který při hromadném odumírání ubírá kyslík ve vodě, především u dna, což následně vede k úhynu ryb a dalších organismů, zejména těch, jejichž přirozeným prostředím jsou spodní vrstvy vodních toků a ploch. Přístupu potřebného množství kyslíku brání vrstva, která odděluje vodu s různou hustotou, tzv. pyknolína. Nadbytek živin navíc prospívá rychle rostoucím rostlinám, a to na úkor pomaleji rostoucích rostlin, které jsou ale pro rovnováhu ekosystému stejně důležité.

Rychle rostoucí rostliny zabraňují průniku světla do nižších vrstev vody. V konečném důsledku dochází ke změnám v druhovém složení ekosystémů.¹¹

Jak již bylo také uvedeno, oxid dusičitý napomáhá k tvorbě přízemního ozonu. Jeho vysoká koncentrace však škodí živým rostlinám i řadě zemědělských plodin.

Pro zdraví člověka představuje oxid dusičitý riziko v podobě kardiovaskulárních a respiračních potíží. Oxidy dusíku se váží na krevní barvivo, čímž ztěžují přenos kyslíku z plic směrem do tkání. Uváděno je, že až 60 % oxidu dusíku, který pronikne do plic, je pohlceno v krvi¹². Vyšší koncentrace oxidu dusičitého dráždí sliznice dýchacích cest. Vzhledem k tomu, že je oxid dusičitý málo rozpustný ve vodě, lehce prostupuje až do dolních dýchacích cest. Pro zdraví jsou přitom nebezpečné i velmi malé koncentrace, působí-li déle než půl hodiny. Limit pro zdravé lidi pro krátkodobé zvýšení koncentrace bez následků činí 2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pro děti a lidi s astmatickými problémy je však riziko potíží vyšší, proto je za bezpečnou pokládána krátkodobá koncentrace pouze ve výši 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tedy desetkrát nižší.¹³ Hodnota 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tak byla stanovena jako imisní limit pro jednohodinovou koncentraci oxidu dusičitého.

Mezi základní projevy otravy oxidem dusičitým patří pálení očí, pokles krevního tlaku, bolesti hlavy a potíže s dýcháním. Velmi vysoké koncentrace či vdechování čistých plynů způsobuje vážné zdravotní komplikace (např. edém plic) a mohou zapříčinit dokonce i smrt.

K hlavnímu původci emisí oxidu dusičitého patří člověk. Primárním zdrojem emisí je doprava, resp. motorová vozidla. Podle údajů Integrovaného registru znečišťování motorová vozidla vytvářejí i přes užití katalyzátorů až 55 % antropogenních NO_x ¹⁴. Situace se navíc stále zhoršuje, emise oxidu dusíku rostou. Vážným problémem je přitom i spalování ušlechtilých paliv, mezi které patří plyn a nafta, a biomasy. Při spalování těchto látek v motorových vozidlech je teplota hoření velmi vysoká, na základě čehož

¹¹KOČÍ, Vladimír. Eutrofizace [online]. [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://www.toulcuvdvur.cz/stezkazp/p6_eutrofizace.html

¹²Oxidy dusíku. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/oxidy-dusiku>

¹³Oxidy dusíku. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/oxidy-dusiku>

¹⁴Oxidy dusíku. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/oxidy_dusiku.html

oxiduje vzdušný dusík na vysokoteplotní No_x . Dalšími zdroji emisí oxidu dusičitého jsou chemický průmysl a všechny spalovací procesy.

Vedle umělých procesů jsou producenty oxidu dusičitého také mikroorganismy, v tomto případě se však jedná o přírodní procesy, které v podstatě nelze ovlivnit. Totéž platí v případě bouřek, při kterých dochází k výbojům v atmosféře v podobě blesků.

3.2.2 Oxid siřičitý

Oxid siřičitý (SO_2) patří mezi oxidy síry. Jedná se o štiplavý nehořlavý bezbarvý plyn, který je dobře rozpustný ve vodě za vzniku kyselého roztoku. Zpravidla působí jako redukční činidlo, ale může taktéž účinkovat jako činidlo oxidační. Využívá se při bělení, k ochraně dřeva, jako konzervant v potravinářském průmyslu, např. u sušeného ovoce a alkoholických nápojů, v průmyslu k výrobě kyseliny sírové.

Oxid siřičitý má negativní dopady na životní prostředí i lidské zdraví. V ovzduší se fotochemickou či katalytickou reakcí mění na oxid sírový. Ten je pak hydratován pomocí vlhkostí vzduchu na aerosol kyseliny sírové (rychlost oxidace je podmíněna teplotě, slunečnímu světlu, povětrnostním podmínkám a dalším faktorům), která může následně za vzniku síranů reagovat s alkalickými částicemi prašného aerosolu. Pokud je v ovzduší málo alkalických částic, jsou okyselovány srážkové vody. Oxidy síry tvoří s oxidy dusíku tzv. kyselá deště, které poškozují vegetaci, především jehličnaté lesy. Nejvíce jsou postiženy evropské lesy¹⁵. Kromě lesů jsou působením větru poškozovány také průmyslové plodiny, mikroorganismy, stavby, dochází ke znehodnocení vody, což může zapříčinit úhyn ryb, z půdy se uvolňují kovové ionty.

Jako lidský karcinom není oxid siřičitý klasifikován, přesto má na zdraví člověka řadu nepříznivých účinků. V běžných koncentracích způsobuje oxid siřičitý podráždění očí a horních dýchacích cest. Vysoké koncentrace poškozují plíce v podobě vzniku tekutiny v plicích (edém plic) a dýchací cesty. Krátkodobé akutní expozice oxidu siřičitého dráždí sliznice dýchacích cest a způsobuje zúžení průdušek, zvyšuje tvorbu hledu a snižuje funkci plic, přičemž účinky jsou vyšší při fyzické námaze, kdy se díky zvýšenému objemu dýchání dostává oxid siřičitý do hlubších částí dýchacího ústrojí. Nejvíce rizikovou

¹⁵STREBLOVÁ, Eva. *Souhrnné texty z chemie: pro přípravu k přijímacím zkouškám (přírodovědné obory, lékařství)*. 3., upr. vyd. Praha: Karolinum, 2012-2013, s. 168.

skupinou jsou astmatici. Dalším dopadem může být poškození autonomního nervového systému a srdeční činnosti. Při dlouhodobé expozici oxidu siřičitého byly prokázány kardiovaskulární i respirační potíže. Opakovaná expozice způsobuje bolesti hlavy, závratě, nevolnost a může vést i ke ztrátě čichu.¹⁶

Hlavním zdrojem emisí oxidu siřičitého je spalování paliv s obsahem síry. Nejvíce problematické jsou lokální topeniště na hnědé uhlí či lignit. Dále je to spalování topných olejů. Oxid siřičitý uniká do ovzduší také při spalování paliv při výrobě elektrické energie, tepelné energie, z ropných rafinerií, při zpracování kovů, z dopravy. Potenciální riziko emisí do ovzduší je také v průmyslu při výrobě kyseliny sírové, jelikož je zde užíváno velké množství oxidu siřičitého. K přirozeným zdrojům úniku oxidu siřičitého patří vulkanická činnost a přirozeně vzniklé lesní požáry.¹⁷

3.2.3 Oxid uhelnatý

Oxid uhelnatý (CO) je bezbarvý, hořlavý plyn. Je bez chuti a zápachu. Využíván je v hutnictví při čištění kovového niklu, při výrobě chemikálií, při syntéze fosgenu a methanolu.

„Oxid uhelnatý v atmosféře reaguje fotochemickými reakcemi s jinými látkami, zejména s hydroxylovým radikálem, čímž se rozkládá, avšak na druhou stranu tyto reakce zvyšují koncentrace methanu a především škodlivého přízemního ozonu v ovzduší (fotochemický smog). V konečném důsledku je možné oxid uhelnatý díky jeho přeměně na oxid uhličitý označit rovněž jako skleníkový plyn (tedy plyn přispívající k intenzifikaci skleníkového efektu a následně k oteplování planety).“¹⁸

Člověku způsobuje zvýšená koncentrace oxidu uhelnatého bolesti hlavy, ztrátu rovnováhy, závratě, nevolnosti, bolesti břicha. Dlouhodobější otrava může mít následky v podobě přechodné poruchy zraku, ztráty vědomí, paměti, ztráty koordinace a následně

¹⁶Oxid siřičitý. *Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě* [online]. 13.10.2012 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <https://www.zuova.cz/Home/Clanek/Oxid-Siricity>

¹⁷Oxidy síry. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/oxidy_siry.html

¹⁸Oxid uhelnatý. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/oxid_uhelnaty.html

i smrti. V 10-15 % případů otravy jsou prokázány trvalé následky v důsledku poškození mozku, srdce a nervové soustavy¹⁹. Nejvíce citlivé jsou na otravu oxidem uhelnatým malé děti, těhotné ženy, starší a nemocní lidé. „*Studie (Quinn, A.K., Ae-Ngibise, K.A., Jack, D.W., Kinney, P.L., Asante, K.P., 2016) se zabývala znečištěním vzduchu oxidem uhelnatým v důsledku spalování biomasy v domácnostech a zkoumala jeho dopady na krevní tlak těhotných žen. Výsledky prokázaly negativní dopady spojené s vyšším krevním tlakem, zejména Diastolického BP, u těhotných žen v čase do první poloviny těhotenství.*“²⁰

Antropogenním zdrojem oxidu uhelnatého v ovzduší jsou výfukové plyny motorů automobilů, spalování uhlíkatých paliv, průmyslové provozy jako jsou sklárny, cementárny. Emitován je oxid uhelnatý do ovzduší také při procesu zplyňování a zkapalňování uhlí, při tavení nerostných materiálů, zpracování celulózy a dřeva, pře hoření spotřebičů na zemní plyn nebo propan-butan v malých, špatně ventilovaných prostorách a při požárech uvnitř budov.²¹

3.2.4 Arsen

Arsen je polokov, což znamená, že má vlastnosti kovů i nekovů. V přírodě má nejčastěji formu sulfidů. Často se vyskytuje ve sloučeninách s kyslíkem, sírou a železem. V rámci lidské činnosti je arsen využíván v elektronice, a to kvůli jeho dobrým vlastnostem jako polovodiče, dále také při výrobě přípravků určených ke konzervaci dřeva, na výrobu pesticidů v zemědělství (při ochraně ovoce, zeleniny, bavlny, tabáku) a ve sklářském průmyslu. V přírodě má schopnost kumulovat se v sedimentech, proto se může vyskytovat dlouhodobě v půdě nebo vodě. Také se může objevit v potravním řetězci, protože má schopnost bioakumulace. Je obsažen v některých rostlinách, jako je listová zelenina, rýže, ale také v mořských plodech.

¹⁹Všeobecné otázky o oxidu uhelnatém. *Honeywell* [online]. 2014 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://detectormonoxidcarbon_cz.gwcms.hu/co_musite_vedet_o_pristroji_h450en/oxid_uhelnaty

²⁰Quinn, A.K., Ae-Ngibise, K.A., Jack, D.W., (...), Kinney, P.L., Asante, K.P. Source of the Document *Journal of Hygiene and Environmental Health*, 219 (2), pp. 176-183

²¹Otrava oxidem uhelnatým. *Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČLS JEP* [online]. 2007-2016 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: <http://www.cshlm.cz/aktualne/upozorneni-obyvatelum-cr-na-nebezpeci-otravy-oxidem-uhelnatym-95>

K člověku se arsen dostává zejména potravou, dále pak v pitné vodě a vdechování. Ze vzduchu však člověk přijímá arsen pouze v minimální míře (uváděno je 1 %), zatímco z potravy je uváděn příjem v 70 %, v pitné vodě pak ve 29 %. V potravě je převážná část arsenu v podobě méně toxických organických komplexů.²² Kovový arsen není jedovatý, na toxické látky je metabolizován až v organismu. Všechny ostatní látky s obsahem arsenu jsou jedovaté, zejména arsen z anorganických sloučenin. Arsen samotný je prudce jedovatý. Zvýšené množství arsenu je karcinogenní. Způsobuje rakovinu kůže, rakovinu plic. Kromě toho arsen poškozuje ledviny, játra, žaludek, střeva, buňky nervového systému, způsobuje ekzémy, zvyšuje výskyt srdečních a cévních chorob, potratů a pravděpodobnost poškození plodu, pokud se žena setká s vysokou ústní expozicí v průběhu těhotenství.

Otrava arsenem může být akutní nebo chronická. Akutní otrava má příznaky v podobě bolestí břicha, průjmů, zvracení, motání hlavy, ale také poruch vědomí, hraničním projevem je kóma a smrt. Chronická otrava, jež vzniká nejčastěji požitím kontaminované vody a vody z podzemních vod, které obsahují přirozeně vysoké množství arsenu, se projevuje zejména změnami na pokožce, vypadáváním vlasů a nehtů, úbytkem váhy a anemií. Hladina arsenu se zjišťuje z krve nebo moči ve specializované laboratoři. U chronické otravy je možné rozpoznat zvýšený obsah arsenu ve vlasech.²³

Umělým zdrojem arsenu je lidská činnost. Konkrétně se arsen do prostředí uvolňuje při spalování fosilních paliv a dřeva, které bylo konzervováno přípravky s obsahem arsenu, v hutním průmyslu, v textilním průmyslu, při výrobě barviv, ve sklářském průmyslu, metalurgickém průmyslu při zpracovávání některých kovů (např. olova), koželužnách a také při nadměrném použití některých druhů insekticidů a herbicidů. Dalším zdrojem arsenu jsou výpustně z popílků elektráren, popel po spalování uhlí v domácích topeništích, některé z důlních vod a odpadní vody z praní prádla. V důsledku špatného

²²Arzen a sloučeniny. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/látky/arsen_a_sl.html

²³PIVOŇKOVÁ, Eva. Otrava arsenem, arsenikem – příznaky, projevy, symptomy. *Integrovaný Příznaky-projevy.cz* [online]. 23.9.2013 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: <http://www.priznaky-projevy.cz/otravy/otrava-arsenem-arsenikem-priznaky-projevy-symptomy>

zabezpečení skládky odpadů se může arsen objevit i v podzemních vodách.²⁴, *Arsen (As)*, (Gumilar, F., Lencinas, I., Bras, C., Giannuzzi, L., Minetti, A., 2015) je jedním z nejvíce toxických přirozeně se vyskytujících znečišťujících látek v životním prostředí. Hlavním zdrojem vystavení člověka anorganickému arsenu (IAS), je prostřednictvím kontaminované pitné vody. Výsledky ukazují, že krysy vystaveny nízkým koncentracím IAS prostřednictvím pitné vody během raného vývoje, vedou ke zpoždění ve vývoji senzoricky motorických reflexů. Tato studie ukazuje, že vystavení nízkým koncentracím IAS způsobuje dysfunkce mechanismů v CNS, jejichž úkolem je regulovat motorický a senzorický vývoj a pohybové aktivity. “²⁵

Přirozeným zdrojem arsenu je vulkanická činnost a půdní eroze. Arsen se do vody, anebo do půdy dostává atmosférickým spadem. Zvětráváním hornin a půd se arsen dostává do povrchových i podzemních vod.

3.2.5 Nikl

Nikl (Ni) patří do skupiny těžkých kovů. Jedná se o kujný tažný kov stříbrošedé barvy. Je dobrým vodičem tepla a elektrické energie. V souvislosti s vlastnostmi niklu je nejčastěji využíván na výrobu slitin (s železem, hliníkem, zinkem, chrómem apod.) a nerezové oceli. Slitiny jsou využívány v průmyslu na barvení keramiky, při galvanickém pokovování, v mincích, ve špercích z bílého zlata, v bateriích do mobilních elektrických zařízení apod. Na výrobu nerez oceli je dle uváděných informací užíváno až 65 % světové produkce niklu. Další využití nachází nikl jako katalyzátor při chemických reakcích, např. při procesu ztužování rostlinných tuků z rostlinných olejů, je také součástí mnohých proteinů a enzymů.²⁶

Pro ekosystémy je určité množství niklu nutné. Nikl působí na normální růst a rozmnožování některých živočichů. Nebezpečný je zejména pro vodní organismy, přičemž míra toxicity výrazně závisí na tvrdosti vody (větší riziko znečištění niklem je

²⁴Arzen a sloučeniny. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/arsen_a_sl.html

²⁵Gumilar, F., Lencinas, I., Bras, C., Giannuzzi, L., Minetti, A., 2015 Source of the Document Neurotoxicology and Teratology, 49, pp. 1-9

²⁶Nikl. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/nikl>

v měkké vodě). Vysvětlit to lze následovně: „*Rostliny přijímají nikl z půdy převážně kořeny, jsou schopné ho akumulovat. Snížením pH se zvyšuje mobilita niklu a tím i příjem rostlinami.*“²⁷

Na zdraví člověka má nikl jednoznačně negativní vliv. Přijímán může být potravou, pokožkou nebo inhalačně. Nejčastějším projevem je kožní vyrážka, objevuje se také podráždění očí, krku, nosu, pálení a svědění rukou, zarudnutí pokožky. Při dlouhodobém působení dochází k poklesu váhy, poškození jater, srdce a k zánětům kůže. Požití niklových solí způsobuje zvracení, bolesti žaludku, potíže s ledvinami. V nadměrném množství je nikl pro člověka toxický. „*Vdechování všech typů sloučenin niklu vyvolává podráždění a poškození dýchacích cest, různé imunologické odezvy včetně zvýšení počtu alveolárních mikrofágů a imunosupresi.*“²⁸Nikl může také negativně ovlivnit prenatální vývoj embrya. Dlouhodobější působení niklového prachu snižuje funkci plic a může vést i k akutní chronické bronchitidě.²⁹ Akutní otrava niklem se projevuje poškozením cév, srdce, centrální nervové soustavy, ledvin, zažívacího traktu. Nikl je také podezřelý karcinogen rakoviny plic a nosní přepážky.

Antropogenním zdrojem niklu v ovzduší je spalování odpadů a fosilních paliv, těžba a zpracování niklu, odpadní vody z povrchové úpravy kovů a barevné metalurgie, rafinerie ropy a plynu. Nikl může také unikat do půdy prostřednictvím čistírenských kalů. Přírodním zdrojem niklu v ovzduší jsou půdní prachy, sopečný popel ze sopečných erupcí, aerosoly z hladin moří. Zdrojem niklu jsou i mořská dna. Do prostředí se uvolňuje také při lesních požárech a může být obsažen i v dešťové vodě.³⁰

²⁷Nikl a sloučeniny. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/nikl_a_sl.html

²⁸ Informace o zdravotních rizicích spojených s kvalitou ovzduší v roce 2014. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2015 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zdravotni_dusledky_znecisteni_ovzdusi/\\$FILE/000-zdravotni_rizika_CRi_2014-20160202.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zdravotni_dusledky_znecisteni_ovzdusi/$FILE/000-zdravotni_rizika_CRi_2014-20160202.pdf), s. 5

²⁹Nikl. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/nikl>

³⁰Nikl. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/nikl>

3.2.6 Polycyklické aromatické uhlovodíky

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU, PAH) jsou širokou skupinou látek, které jsou tvořeny uhlíkem a vodíkem v podobě benzenových jader. Řadí se mezi ně např. naftalen, pyren, fluoren, antracen, benzopyren, benzoperylen. Čisté sloučeniny těchto látek mají krystalické pevné skupenství a jsou bílé nebo nažloutlé barvy. Ve vodě jsou rozpustné velmi obtížně, rozpouštějí se v olejích a tucích. Cíleně se zpravidla nevyrábějí, avšak jsou i běžnou součástí prostředí a některých průmyslových produktů (asfalt, nafta, materiály užívané na pokrývání střech, výrobky z černouhelného dehtu).³¹

Všeobecně patří polycyklické aromatické uhlovodíky mezi nejvíce rozšířené kontaminanty životního prostředí. Největším problémem je, že tyto látky se umí ubránit přirozeným rozkladným procesům a atmosférou se umí dostat na velké vzdálenosti v podobě prachových částic a zrn sazí. U zvířat mohou způsobit poruchu reprodukce, rakovinu a mutaci.

Nejvážnějším dopadem polycyklických aromatických uhlovodíků na člověka je vznik karcinomu. Nejznámějším a jediným prokázaným lidským karcinogenem je benzopyren. Rakovinnotvornost byla dokázána u sazí a tabákového kouře³². Polycyklické aromatické uhlovodíky poškozují také ledviny a játra a ohrožují zdravý vývoj plodu. „2015 Institute of Pharmacology, Polská akademie věd. Cílem této studie (Gdula-Argasińska, J., Czepiel, J., Totońska-Zurańska, J., (...), Woźniakiewicz, M., Woźniakiewicz, A., 2016) bylo zhodnotit vliv polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) na lidský plicní karcinom epitelu A549 doplněný dokosaheptaenovou (DHA) a eikosaheptaenovou (EPA) kyselinou.. Doplnění s n-3 FA vedlo ke změnám genů souvisejícím se zánětlivým stavem v plicních buňkách epitelu vystavených PAU.“³³ Vdechování může způsobit rakovinu plic, polycyklické aromatické uhlovodíky přijaté potravou pak rakovinu zažívacího traktu,

³¹Polycyklické aromatické uhlovodíky. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/polycyklicke_aromati.html

³²Polycyklické aromatické uhlovodíky. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/polycyklicke-aromaticke-uhlovodiky-pahs>

³³Gdula-Argasińska, J., Czepiel, J., Totońska-Zurańska, J., (...), Woźniakiewicz, M., Woźniakiewicz, A., 2016, *Pharmacological Reports* 68 (2), pp. 319-328

kožní styk rakovinu kůže³⁴. Opakovaná expozice vyvolává praskání a ztenčování pokožky.

Antropogenním zdrojem emisí polycyklických aromatických uhlovodíků jsou nedokonalé spalovací procesy všech materiálů, které obsahují uhlík, výroba hliníku, procesy, při kterých je nakládáno s asfalty, dehty a ostatními uhelnými a vysokovroucími ropnými produkty, dále koksárenství, ropné rafinerie. Látky se do ovzduší uvolňují také při zplyňování a zkapalňování uhlí, výrobě energie, z metalurgických procesů, silniční dopravy a také při kouření. Přírodním zdrojem emisí polycyklických aromatických uhlovodíků jsou přírodní požáry a sopečná činnost.³⁵

3.2.7 Benzen

Benzen je čirou bezbarvou kapalinou, která se vyznačuje charakteristickým zápachem. Je velmi toxický. V čistém stavu je těkavý a hořlavý. Vyrábí se z ropy, je dobře rozpustný ve velké části organických rozpouštědel. Používá se jako rozpouštědlo pro tuky, pryskyřice, vosky, nátěry, plasty, pryž, inkousty, cement, lepidla, odbarvovače, dále jako surovina pro výrobu chemických látek, např. barviva, syntetická vlákna a tkaniny (polyester, nylon), plastové hmoty, léčiva, kosmetické přípravky, výbušniny, pryskyřice, složka do maziv apod., při výrobě pneumatik, v tiskařství, obuvnickém průmyslu, v litografii³⁶. Je také součástí benzínu do automobilů a cigaretového kouře.

V ovzduší se benzen vyskytuje převážně v plynné formě, kde reaguje s fotochemicky vzniklými hydroxylovými radikály a spolu s oxidy dusíku způsobují fotochemický smog, který představuje „směs látek obsahující ozon a tzv. fotooxidanty vzniklé reakcemi organických těkavých látek, nespálených uhlovodíků a některých dalších organických sloučenin s oxidy dusíku za přítomnosti slunečního záření.“³⁷Fotochemický smog, resp.

³⁴PELCLOVÁ, Daniela a kol. *Nemoci z povolání a intoxikace*. 3., dopl. vyd. Praha: Karolinum, 2014, s. 198.

³⁵Polycyklické aromatické uhlovodíky. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/polycyklicke-aromaticke-uhlovodiky-pahs>

³⁶Benzen. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/irz/latky/benzen.html>

³⁷REMTOVÁ, Květa. *Výkladový slovník základních pojmů z oblasti udržitelného rozvoje*. Vyd. 1. [Praha]: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2009, s. 23.

látky v něm obsažené, mají negativní fyziologické účinky, snižují imunitu, způsobují slzení, problémy s dýcháním a některé jsou karcinogenní. Do atmosféry se dostává benzen také z půdy, a to odtékáním nebo vyloučením do podzemních vod, rozkladem prostřednictvím půdních mikroorganismů.

Do lidského organismu se benzen dostává zejména dýchacími cestami. Možná je i orální cesta, průnik kůži však není kvůli rychlému odpařování benzenu tak nebezpečný. Zdravotní následky expozice benzenu mají podobu nevolnosti, zmatenosti, migrény. Nejvíce se benzen usazuje v kostní dřeni, v játrech, ledvinách a mozku. Je rozlišována akutní a chronická intoxikace. Při akutní intoxikaci, která je způsobena přímo benzenem, jsou poškozeny orgány krvetvorby, nervová soustava a imunitní systém. Mezi projevy akutní otravy patří závratě, bolesti hlavy, euforie, bledost, dušnost, zvýšená spavost. Chronická intoxikaci způsobují spíše metabolity benzenu. Projevuje se krvácením z nosu, dásní, kůže či trávicího traktu, zvýšenou únavou, výrazným úbytkem váhy. Následkem dlouhodobého působení je poškození ledvin, jater, porucha a úbytek červených a bílých krvinek, krevních destiček a defekt kostní dřene, což může vést až k anémii nebo leukémii.³⁸ Všeobecně patří benzen k humánním karcinogenům první skupiny.

Hlavním zdrojem emisí benzenu je doprava, resp. výfukové plyny automobilů, dále jsou to emise, které vznikají těkáním benzinu z palivové nádrže a během tankování. Značným znečišťovatelem je také průmyslová výroba, zejména výroba ropných produktů, aromatických uhlovodíků a koksování uhlí, chemický průmysl, těžba a zpracování neželezných rud, výroba textilu, těžba uhlí a zpracování dřeva.³⁹ Kromě toho se emise benzenu dostávají do atmosféry z průmyslových odpadních vod a havárií a spalováním odpadů. Přírodním zdrojem jsou výbuchy sopek a lesní požáry.

³⁸POLÁŠKOVÁ, Anna a kol. *Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2011, s. 184; ŠTĚPÁNOVÁ, Darina. Toxikologie benzenu. *Toxicology* [online]. [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=82>

³⁹ŠTĚPÁNOVÁ, Darina. Toxikologie benzenu. *Toxicology* [online]. [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=82>

3.2.8 Polétavý prach

Polétavý prach neboli pevné částice (PM) jsou částice o velikosti menší než 10 μm , které se umí samy volně pohybovat v atmosféře. Mohou mít pevné, kapalné nebo směšné skupenství. Podílí se na vzniku srážek a teplotní bilanci Země. Nejběžněji rozlišovanými částicemi jsou PM₁₀, PM_{2,5} a PM₁. Prachové částice PM₁₀ zahrnují směs řady různých druhů látek, částic síranů, anorganických solí a kovů. Částice PM_{2,5} jsou tvořeny jemnými částicemi s převládající velikostí 2,5 μm , částice PM₁ jsou nejjemnější a v atmosféře proto zůstávají velmi dlouho, i týdny. Čím je částice menší, tím může způsobovat větší zdravotní důsledky.

V prostředí způsobuje polétavý prach, zejména částice s menším průměrem, které v ovzduší zůstávají déle, mechanické zaprášení organismů. To snižuje aktivní plochu u rostlin, u živočichů poškozuje dýchací cesty. U člověka poškozuje vysoké množství prachových částic dýchací cesty. Malé částice se velmi často usazují v průduškách nebo v plicních sklípcích. Vdechování částic PM₁₀ má negativní vliv zejména na kardiovaskulární a plicní systém a může způsobit i rakovinu plic. Nedávné výzkumy ukázaly, že dlouhodobá expozice částic vzduchu látek může vyvolat kardiovaskulární příhody. „V této studii, (Pant, P., Guttikunda, S.K., Peltier, R.E. 2016) kdy byly myši nepřetržitě vystaveny TiO₂ NP na 2,5, 5 nebo 10 mg / kg tělesné hmotnosti, žaludeční podávání po dobu 90 dnů, byly zjevné histopatologické změny a velké změny NF-kappa-B a jeho inhibitoru I-KB. Tyto údaje naznačují, že nízké dávky a dlouhodobé vystavení TiO₂ NP může způsobit poškození srdce, jako je srdeční selhání nebo chybné uspořádání myokardu vláken, odumření tkáně, infarkt, nebo hypertrofie a zánětlivé reakce srdce.“⁴⁰

Dlouhodobé působení může vyvolat chronickou bronchitidu a některé chronické plicní choroby. Polášková a kol. sděluje, že „Zvláště zranitelnou skupinou jsou malé děti, jejichž obranné mechanismy dosud nejsou plně vyvinuty a dýchání je relativně intenzivnější než u dospělých. Při dlouhodobém pobytu ve znečištěném ovzduší (zejména prašném) je

⁴⁰Pant, P., Guttikunda, S.K., Peltier, R.E. 2016. Srdeční zánět zahrnující v PKC ϵ nebo ERK1 / 2 - aktivované NF - κ B signální dráhy u myši po expozici nanočástic oxidu titanu. Journal of Hazardous Materials 313, pp. 68-77"

vysoká pravděpodobnost pomalejšího vývoje plicních funkcí, což může přispět i ke zvýšení mortality v dospělém věku.“⁴¹

Nejvýznamnějšími antropogenními zdroji emisí prachových částic jsou spalovací procesy, především v motorech automobilů a elektrárnách, při tavení rud, kovů, svařování, dále těžební činnost, zemědělská činnost, výroba a používání cementu a vápna. K přirozeným zdrojům patří sopečné erupce, lesní požáry a prach unášený větrem.⁴²

3.2.9 Kadmium

Kadmium (Cd) je tažný měkký kov bílé, lesklé barvy. V přírodě se vyskytuje jen velmi vzácně, objevuje se v zemské kůře. Největší uplatnění nalézá kadmium při výrobě baterií, dále se využívá na výrobu pigmentů (keramické glazury, ...), lehkotavitelných slitin, ložiskových kovů, pájecích kovů, domácích spotřebičů (vysavače, myčky, chladničky, televizory), polovodičů, k legování mědi, jako činidlo v organické chemii, k pokovování jiných kovů proti korozi, ve šperkařství (tzv. zelené zlato) a jako stabilizátory plastů.⁴³

V přírodě mají vysoké koncentrace kadmia negativní vliv na samočisticí schopnost vody. Pro vodní organismy je kadmium toxické, zejména citlivé jsou lososovité ryby. V půdě znemožňuje kadmium mikroorganismům rozklad organické hmoty a polutantů. Pro člověka je toxické. Do těla se kadmium dostává dýcháním nebo zažívacím traktem. Poškozuje především játra, dále ledviny, kostní tkáň, plíce, trávicí trakt a dokonce i plod.⁴⁴

Zdrojem emisí kadmia je těžba, zpracování a výroba. K uvolňování kadmia do ovzduší dochází také při spalování fosilních paliv, komunálního a nemocničního odpadu. Do vody se kadmium dostává odpadními vodami z galvanického pokovování, z výroby Ni-Cd baterií, ze splachu z půd. Antropogenním zdrojem emisí jsou také čistírenské kaly a

⁴¹POLÁŠKOVÁ, Anna a kol. *Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí*. Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2011, s. 178.

⁴²Polétavý prach (PM₁₀). *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/poletavy_prach.html

⁴³Kadmium. *Periodická tabulka* [online]. 2009-2016 [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/48.html#vyuziti>

⁴⁴Kadmium. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-20-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/kadmium>

fosfátová hnojiva s obsahem kadmia využívaná při hnojení. Přírodným zdrojem jsou zejména sopečné výbuchy.⁴⁵

3.3 Přehled regulačních nástrojů upravující problematiku znečištění ovzduší

K ovlivňování úrovně znečištění a tím spojeným omezením rizik pro zdraví, které jsou znečištěním ovzduší způsobeny, snižování zátěže životního prostředí látkami, které poškozují ekosystémy a vytváření podmínek pro regeneraci složek životního prostředí postižených v důsledku znečištění ovzduší, existuje řada regulačních nástrojů. Mezi nástroje, které lze pro dosažení cílů ochrany ovzduší využít, patří programy ke snižování emisí a zlepšování kvality ovzduší, regulační řády, emisní poplatky, zákaz využití určitých paliv (vyjmenovaných zákonem), proces vydávání integrovaných povolení k regulaci vyjmenovaných stacionárních zdrojů a dalších zdrojů podléhajících integrovanému povolení, dotační programy, programy podpory úspor energie, dobrovolné a informační nástroje.

Zákon o ochraně ovzduší dává krajům a obcím možnost, či v některých případech přímo nařizuje, zpracovat a ve formě nařízení vydat několik následujících regulativů. Jedná se o:

- vydání regulačního řádu upravujícího vyhlášení a odvolávání regulačních opatření v případě vyhlášení vzniku smogové situace a omezení nebo zastavení provozu zdrojů znečišťování,
- správní řízení o povolení (umístění, výstavby nebo uvedení do provozu) zdrojů emisí znečišťujících látek, v rámci kterých musí být zohledněny požadavky Zákona o ochraně ovzduší a příslušných prováděcích právních předpisů,
- poplatky za znečišťování ovzduší,
- zákaz vybraných paliv (uhelné kaly, proplástky, hnědé uhlí energetické, lignit) obcemi,

⁴⁵Kadmium a sloučeniny (jako Cd). *Integrovaný registr znečišťování* [online]. [cit. 2016-20-03]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/63>

- podpora hromadné přepravy, regulace dopravy včetně možnosti využití poplatkových systémů ve vybraných oblastech ke zefektivnění využívání dopravní infrastruktury a omezení provozu v místech s vysokými koncentracemi znečišťujících látek,
- vyhlášení programů finanční podpory pro realizaci opatření ke snižování emisí znečišťujících látek,
- informování veřejnosti o výhodách přijímání opatření ke snižování emisí, a to například co se týče uplatňování energeticky úsporných opatření, využití obnovitelných zdrojů, omezení emisí z rozpouštědel, využívání ekologických způsobů přepravy apod.

Všeobecně lze nástroje upravující znečištění ovzduší rozdělit do několika základních skupin:

- administrativně právní nástroje,
- ekonomické nástroje,
- koncepční (plánovací) nástroje,
- informační nástroje,
- institucionální nástroje,
- dobrovolné nástroje.

Administrativně-právní nástroje jsou instrumenty, které převážně ukládají povinnost v podobě příkazů, zákazů, omezení ve prospěch ochrany ovzduší. Povinnosti mohou být dány zákonem, normativním a individuálním výkonem příslušného orgánu na základě zákona a v jeho rámci. Jedná se o právní normy, dále o povolení, stanoviska, vyjádření příslušných orgánů, souhlasy, standardy, kontrolu, dozor, právní odpovědnost, výkon rozhodnutí.⁴⁶

Ekonomické nástroje ochrany ovzduší představují opatření finančního charakteru, při kterých jsou akumulovány, alokovány, redistribuovány nebo užívány peněžní prostředky

⁴⁶Státní politika životního prostředí České republiky 2012-2020. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2012[cit.2016203].Dostupnéz.[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotního_prostredi/\\$FILE/OEDN-statni_politika_zp-20130110.pdf.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotního_prostredi/$FILE/OEDN-statni_politika_zp-20130110.pdf.pdf), s. 59.

s cílem napomoci ochraně ovzduší. Primárním cílem ekonomických nástrojů je zabezpečení disponibilních prostředků k realizaci opatření na ochranu ovzduší a/nebo ovlivňování chování regulovaných subjektů⁴⁷. K ekonomickým nástrojům se řadí:

- platební nástroje – daně, emisní poplatky (za znečišťování a poškozování životního prostředí), uživatelské poplatky (za využívání přírodních zdrojů), cla, cenové úhrady,
- obchodovatelné kvóty a limity,
- zálohové systémy,
- fondy (např. Státní fond životního prostředí, „Zelené“ investiční fondy),
- výdaje z veřejných rozpočtů – finanční podpory (dotace, cenové garance, ...), přímé výdaje.

Poplatky, sankce apod. jsou označovány jako tzv. nástroje negativní stimulace, podpory (např. fondy, dotace) jako nástroje pozitivní stimulace. Označení souvisí s jejich působením. Nástroje negativní stimulace mají omezit neekologické činnosti, nástroje pozitivní stimulace naopak mají zvýhodnit chování, které je k životnímu prostředí šetrnější.

Koncepční (plánovací) nástroje vyplývají z povahy životního prostředí. Jsou nezbytné pro dlouhodobá a souhrnná řešení. Slouží k ochraně ovzduší, regulaci zdrojů znečišťování a předcházení rizik. Mohou mít formu právního předpisu, opatření obecné povahy, správního aktu nebo interního aktu, např. vládní usnesení. Nejdůležitějšími koncepčními nástroji upravujícími problematiku znečištění ovzduší jsou Národní program snižování emisí ČR a Programy zlepšování kvality ovzduší.

Národní program snižování emisí ČR je výchozí koncepční pomůcka pro zlepšování kvality ovzduší a omezování emisí ze zdrojů znečišťování ovzduší.⁴⁸ Zpracováván je Ministerstvem životního prostředí ve spolupráci s ústředními správními úřady minimálně 1x za 4 roky. Obsahuje:

⁴⁷DIENTSBIER, Filip. Nástroje ochrany životního prostředí I. *Právnická fakulta Univerzity Palackého v Olomouci* [online]. [cit. 2016-20-03]. Dostupné z: http://www.pf.upol.cz/fileadmin/user_upload/PF-dokumenty/KSPP/Zivotko/Filip_D/ZPIp05na.pdf, s. 1.

⁴⁸Národní program snižování emisí České republiky. *Ministerstvo životního prostředí ČR* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/narodni_program_snizovani_emisi

- „analýzu úrovní znečištění a znečišťování,
- scénáře vývoje úrovní znečištění a znečišťování,
- cíle v oblasti snižování úrovně znečištění a znečišťování, a to emisní stropy pro Českou republiku, směrné cílové hodnoty pro omezení acidifikace a zatížení troposférickým ozonem, národní cíl snížení expozice pro částice PM_{2,5},
- opatření ke snižování úrovně znečištění znečišťujícími látkami, které mají stanoveny imisní limity, a úrovně znečišťování a předpokládaný přínos těchto opatření, zejména emisní stropy pro skupiny stacionárních zdrojů a skupiny mobilních zdrojů,
- lhůty pro dosažení hodnot, harmonogram pro realizaci opatření,
- orgány odpovědné za realizaci národního programu,
- indikátory pro hodnocení plnění národního programu zohledňující vliv na zdraví a kvalitu ovzduší.“⁴⁹

Programy zlepšování kvality ovzduší představují dokument pro dosažení stanovených přípustných koncentrací znečišťujících látek za účelem zabezpečení splnění imisních a cílových imisních limitů hodnot v určených lhůtách. Obsahují:

- základní informace (vymezení a typ zóny, popis regionu včetně příslušných klimatických a topografických údajů, popis způsobu posuzování úrovní znečištění, ...),
- analýzu situace (úrovně znečištění zjištěné v předchozích letech, aktuální úrovně znečištění a odhad budoucího vývoje, celkové množství emisí v oblasti, ...),
- podrobnosti o opatřeních ke zlepšení kvality ovzduší (opatření přijatá před zpracováním programu na lokální, regionální, národní a mezinárodní úrovni a hodnocení jejich účinnosti, seznam a popis nově navrhovaných opatření, ...),
- seznam relevantních dokumentů a dalších zdrojů informací⁵⁰.

Programy zpracovává Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s krajskými nebo obecními úřady, s aktualizací nejméně jednou za 3 roky. Jejich účelem je zabezpečení splnění imisních a cílových imisních limitů hodnot v určených lhůtách.

⁴⁹ Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, § 8 odst. 2.

⁵⁰ Příloha č. 5 k zákonu č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.

Informační nástroje jsou určeny k podpoře výkonu státní správy, účinnému sledování, vyhodnocování a zveřejňování informací o stavu životního prostředí. Základním instrumentem je Jednotný informační systém životního prostředí zahrnující dílčí agendové a integrační informační systémy, které umožňují „*efektivně analyzovat a hodnotit vývoj složek ŽP, lépe pochopit jejich vzájemné vazby a empiricky podporovat ostatní nástroje politiky životního prostředí, resp. podílet se na dosažení cílů politiky ŽP*“⁵¹.

Institucionální nástroje jsou nástroje zajišťující fungování institucí veřejné správy na úseku ochrany ovzduší. Správní činnosti v dané oblasti vykonává Ministerstvo životního prostředí (ústřední správní úřad, řídí výkon státní správy na úseku ochrany ovzduší, rozhoduje o odvolání proti rozhodnutím inspekcí a krajských úřadů), Ministerstvo zdravotnictví (předkládá návrhy k snížení imisních limitů, vede seznamy o koncentraci znečišťujících látek), Česká inspekce životního prostředí (vykonává kontrolní činnost, ...), Česká obchodní inspekce, krajské úřady, obecní úřady s obcí s rozšířenou působností, obecní úřady, celní úřady (spravují úhradu poplatků, ...) a Ministerstvo zemědělství⁵².

Dobrovolné nástroje pro ochranu ovzduší jsou „*takové aktivity podnikatelských a jiných subjektů, které směřují ke snižování negativních dopadů jejich činnosti na životní prostředí, přičemž jsou těmito subjekty zaváděny a realizovány na základě jejich svobodného (dobrovolného) rozhodnutí a jdou nad rámec požadavků platných legislativních norem.*“⁵³ Základem je dobrovolnost, orientace na odstranění příčin potíží a plánované působení na oblasti a činnosti organizace mající nepříznivý vliv na čistotu ovzduší. Jedná se např. o posuzování životního cyklu výrobku, dobrovolné dohody, poznačení, systémy environmentálního řízení podniku apod.

⁵¹Státní politika životního prostředí České republiky 2012-2020. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2012[cit.2016_2003].Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi/\\$FILE/OEDN-statni_politika_zp-20130110.pdf.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi/$FILE/OEDN-statni_politika_zp-20130110.pdf.pdf), s. 65.

⁵² Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů, § 27 odst. 1.

⁵³Dobrovolné nástroje. *Ministerstvo životního prostředí ČR* [online]. 2008-2015 [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/dobrovolne_nastroje

3.4 Systém monitoringu, shromažďování a zveřejňování dat o kvalitě ovzduší

K informování veřejnosti o úrovni znečištění ovzduší a při smogových situacích slouží přehled imisních limitů a mezí tolerance, horních a dolních mezí pro posuzování, cílových imisních limitů a dlouhodobých imisních cílů podle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší a vyhlášky č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění. Imisním limitem se rozumí nejvyšší povolená koncentrace znečišťujících látek v ovzduší stanovená zákonem o ochraně ovzduší. Platné imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a maximální počet jejich překročení shrnuje tabulka 1.

Tab. 1 Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí a maximální počet jejich překročení

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
	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Oxid uhelnatý	maximální denní osmihodinový průměr*	10 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Benzen	1 kalendářní rok	5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Částice PM ₁₀	24 hodin	50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	35
	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Částice PM _{2,5}	1 kalendářní rok	25 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0
Olovo	1 kalendářní rok	0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$	0

Poznámka:

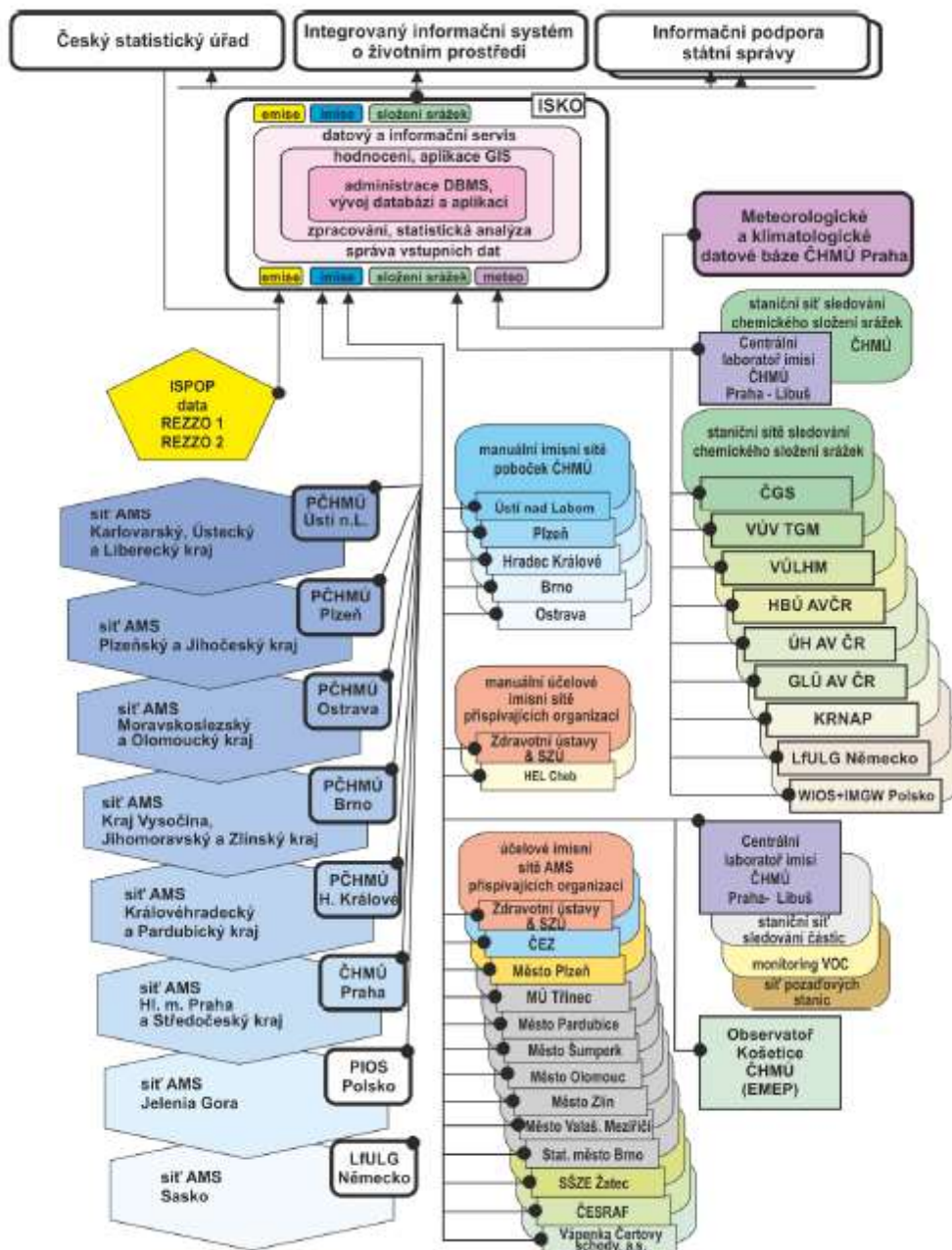
* Maximální denní osmihodinová průměrná koncentrace se stanoví posouzením osmihodinových klouzavých průměrů počítaných z hodinových údajů a aktualizovaných každou hodinu. Každý osmihodinový průměr se přiřadí ke dni, ve kterém končí, to jest první výpočet je proveden z hodinových koncentrací během periody 17:00 předešlého dne a 01:00 daného dne. Poslední výpočet pro daný den se provede pro periodu od 16:00 do 24:00 hodin.

Zdroj: Příloha č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb.

Subjektů, které monitorují kvalitu ovzduší, je několik. Jedním z předních je **Český hydrometeorologický ústav**. V roce 1992 byl v ČHMÚ vytvořen Imisní informační systém. Později byl tento systém spojen s databázovým systémem Informačního systému kvality ovzduší, který obsahuje databázi o stavu ovzduší. Od svého vzniku byla funkčnost

Informačního systému kvality ovzduší několikrát rozšířena, v souladu s požadavky pro usnadnění činnosti, které jsou spojené se zpracováním, verifikací, exportem a prezentací naměřených dat. Soustředění a zpřístupňování naměřených dat z důležitých sítí, které monitorují látky znečišťující ovzduší a dat ze sítí sledování chemického složení atmosférických srážek a atmosférické depozice v Informačním systému kvality ovzduší umožňuje účinnější všeobecné využití nákladně získávaných dat. „*Zejména souhrnné územní hodnocení imisního zatížení a analýza časového vývoje stavu znečištění ovzduší na území státu jsou nemyslitelné bez soustředění a systematické archivace všech dostupných údajů o imisích.*“⁵⁴Obrázek 2 schematicky zachycuje vazby ISKO na zdroje dat a spolupracující systémy.

⁵⁴Komentář k souhrnnému tabelárnímu přehledu. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pdf/kom_CZ.pdf, s. 7.



- Vysvětlivky:
- | | | | |
|----------|--|-----------|--|
| ISKO | Informační systém kvality ovzduší | VOC | Těkavé organické látky |
| DBMS | Systém řízení báze dat | AMS | Automatizovaná monitorovací stanice |
| GIS | Geografický informační systém | REZZO | Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší |
| PČHMÚ | Pobočka ČHMÚ | ČGS | Česká geologická služba |
| SZÚ | Státní zdravotní ústav | HBÚ AV ČR | Hydrobiologický ústav Akademie věd ČR |
| VÚLHM | Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti | ÚH AV ČR | Ústav pro hydrodynamiku Akademie věd ČR |
| HEL Cheb | Hygienické a ekologické laboratoře Cheb | GLÚ AV ČR | Geologický ústav Akademie věd ČR |
| VÚV TGM | Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M. | LFULG | Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Dresden, SRN |
| ČESRAF | Česká rafinérská společnost, a.s. Litvínov | PIOS | Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Polsko |
| SŠZE | Střední škola zemědělská a ekologická, Žatec | WIOS | Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Polsko |
| ISPOP | Integrovaný systém plnění ohlašovací povinnosti | IMGW | Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Wrocław, Polsko |

Obr. 2 Schéma vazeb ISKO na zdroje dat a kooperující systémy v roce 2012

Zdroj: Komentář k souhrnnému tabelárnímu přehledu. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016_2403]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pdf/kom_CZ.pdf, s. 8.

Z obrázku je patrné propojení monitorovacích sítí kvality ovzduší, zdrojů předkládaných dat se složkovou zpracovatelskou a informační vrstvou, kterou Informační systémem kvality ovzduší prezentuje, a vazby na průřezové informační systémy.

V rámci systému monitoringu jsou analyzována imisní data, která jsou systematicky ukládána do imisní databáze. Imisní databáze je souhrnem imisních dat ze všech důležitých sítí, které monitorují znečištění ovzduší v České republice. Informace jsou pravidelně zveřejňovány v tzv. Souhrnném tabelárním přehledu.⁵⁵

Tabelární přehled zahrnuje souhrnnou statistickou tabulku s údaji v rozdělení podle krajů a vlastníků včetně map zón a krajů. Přehledy obsahují všechna měřicí místa a měřicí programy imisních měření, jež jsou registrované v databázi ISKO a u kterých bylo zaznamenáno nejméně jedno měření. V rámci Souhrnných přehledů překročení imisních limitů a maximálních hodnot na lokalitách ČR jsou zaznamenány stanice a hodnoty pro ty znečišťující látky, pro které jsou určeny limity nařízením vlády. Uvedeny jsou u těchto látek hodinové, denní, čtvrtletní a roční imisní charakteristiky. U ostatních znečišťujících látek jsou prezentovány měsíční a roční průměrné koncentrace a doplňující imisní charakteristiky vypočítané z denních průměrů, které jsou počítány od 6:00 do 6:00 UTC.⁵⁶ V tabulkových přehledech jsou představeny hodnoty imisních charakteristik požadovaných pro hodnocení kvality ovzduší podle nařízení s datem výskytu hodnot a počet překročení imisních limitů. Součástí Tabelárního přehledu je také složení vybraných těžkých kovů se stanovenými imisními limity a cílovými imisními limity, tabulka naměřených koncentrací těkavých organických látek ze stanic ČHMÚ,

⁵⁵Komentář k souhrnnému tabelárnímu přehledu. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pdf/kom_CZ.pdf, s. 7.

⁵⁶Imisní limity. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pdf/limity_CZ.pdf, s. 11.

kontinuální měření skupiny aromatických uhlovodíků a chemické složení srážek a atmosférické depozice.⁵⁷

Co se týká naměřených údajů, „V tabelárních sestavách je uveden pro každé měření ve dvou řádcích pod sebou měsíční aritmetický průměr a měsíční četnost měření (X_m , mc), dále je uvedeno denní maximum v roce s datem výskytu (MAX , DAT), 95% kvantil (95% kv), 50% kvantil (50% kv), 98% kvantil (98% kv), příp. 90% kvantil (90% kv). Dále je uveden roční aritmetický průměr a směrodatná odchylka (X , S), roční geometrický průměr a standardní geometrická odchylka (XG , SG), počet měření v roce a doba trvání nejdelšího souvislého výpadku (N , dv).“⁵⁸ Naměřené imisní údaje se do Tabelárního přehledu uvádí tehdy, když relativní procento prvotních dat za daný rok převyšuje 16 %⁵⁹.

K dalším subjektům monitorujícím kvalitu ovzduší patří například:

- Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě,
- obecně prospěšná společnost Čisté nebe,
- nezisková organizace Arnika.

Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě je zdravotnickým zařízením – příspěvkovou organizací. Na svých webových stránkách poskytuje on-line informace o kvalitě ovzduší v pěti vybraných místech – Ostravě, Zlatých Horách, Karlově Studánce, Havířově a na Vysočině. Hodnoty jsou prezentovány jako okamžité neverifikované koncentrace.⁶⁰

Obecně prospěšná společnost **Čisté nebe** poskytuje a zprostředkovává informace o znečištění ovzduší na Ostravsku, jakožto oblasti s nejvíce znečištěným ovzduším v rámci České republiky. Informuje o koncentracích SO_2 , NO_2 , CO , PM_{10} , O_3 a $PM_{2,5}$ v ovzduší⁶¹.

⁵⁷Imisní limity. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pdf/limity_CZ.pdf, s. 11.

⁵⁸Imisní limity. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pdf/limity_CZ.pdf, s. 11.

⁵⁹Imisní limity. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pdf/limity_CZ.pdf, s. 12.

⁶⁰On-line monitoring kvality ovzduší. Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: <http://air.zuova.cz/imise/#>

⁶¹Stav ovzduší. Čisté nebe [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: <http://www.cistenebe.cz/stav-ovzdusi-na-ostravsku/aktualni-stav-ovzdusi>

Nezisková organizace **Arnika** se mimo jiné zabývá měřením obsahu chemických látek ve výrobcích a životním prostředí, zejména v půdě a říčních sedimentech. Zaměřuje se především na nebezpečné těžké kovy, jako jsou olovo, kadmium, rtuť, arsen, chrom, a dále brom.⁶²

⁶²Naše služby. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/nase-sluzby>

4 KVALITA OVZDUŠÍ VE MĚSTĚ ZLÍN

4.1 Charakteristika zájmového území

Město Zlín je statutárním městem ležícím ve východní části Moravy. Je zároveň krajským městem Zlínského kraje. Nachází se mezi pásy Vizovické vrchoviny. Jeho rozloha činí 103 km², rozlohou správního území – obce s rozšířenou působností zaujímá 351 km². Územně je město rozděleno na 15 místních částí – Jaroslavice, Klečůvka, Kostelec, Kudlov, Lhotka-Chlum, Louky, Lužkovice, Malenovice, Mladcová, Prštné, Příluky, Salaš, Štípa, Veliková a Zlín. K 31.12.2014 zde žilo celkem 75 112 obyvatel, z toho bylo 35 901 mužů a 39 211 žen. Hustota zalidnění je 729 obyvatel/ km². Průměrný věk obyvatel pro rok 2014 činil 43,4 let.

Z hlediska hospodářského je ve městě Zlín významný kožedělný a obuvnický průmysl, strojírenství, zpracování dřeva a farmaceutický průmysl.

Podnebí je mírné, s průměrnou roční teplotou okolo 10°C. Průměrná roční teplota pro období 2009-2014 činila 10,42°C, průměrná teplota v nejteplejším měsíci – červenci pro toto období 21,37 °C, v nejméně chladném měsíci – lednu -0,99 °C. Nejvyšší absolutní teplota za poslední desetiletí byla naměřena v roce 2013, a to 39,8 °C, naopak nejnižší absolutní teplota je z roku 2009, -21,2 °C.⁶³

Průměrné úhrnné roční srážky za období 2009-2014 činí 578 mm, přičemž nejvyšší úhrn srážek byl naměřen v roce 2010, 734 mm/rok, nejnižší pak v roce 2009, 340 mm/rok. V roce 2011 dosáhly roční srážky v průměru 570 mm, v roce 2012 610 mm, v roce 2013 538 mm, v roce 2014 675 mm.⁶⁴

⁶³Životní prostředí Zlínska a jeho ochrana. *Odbor životního prostředí a zemědělství Magistrátu města Zlína* [online]. 2016 [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: file:///C:/Users/2roman2/Downloads/zivotni-prostredi-zlinska-a-jeho-ochrana-2015.pdf, s. 3.

⁶⁴Životní prostředí Zlínska a jeho ochrana. *Odbor životního prostředí a zemědělství Magistrátu města Zlína* [online]. 2016 [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: file:///C:/Users/2roman2/Downloads/zivotni-prostredi-zlinska-a-jeho-ochrana-2015.pdf, s. 3.

4.2 Měření kvality ovzduší ve městě Zlín

Kvalita ovzduší ve městě Zlín je monitorována prostřednictvím Automatizovaného imisního monitoringu (AIM), který provozuje Český hydrometeorologický ústav. Ještě do konce roku 2015 fungovaly dvě měřicí stanice na území města – na bývalé hlavní svitovské bráně a v kině Květen v Malenovicích.

Automatizovaná stanice **Zlín** je měřicí stanicí umístěnou ve svahu nad městem, v nadmořské výšce 258 m n.m. Stanice je charakterizována jako pozad'ová, typ zóny předměstská, charakter zóny obytná a přírodní.⁶⁵

Stanice **Zlín-Svit** je kombinovanou stanicí umístěnou v oblasti s převážně průmyslově využívanými plochami, v nadmořské výšce 224 m n.m. Typ stanice je označen jako dopravní, typ zóny městský, s charakteristikou obchodní a obytné zóny.⁶⁶

V současné době se kvalita ovzduší měří na jedné stanici, kde jsou monitorovány oxidy dusíku, oxid dusičitý, oxid siřičitý, prachové částice PM₁₀ a PM_{2,5}, troposférický ozón a benzopyren. Kromě toho je na stanici měřena teplota a vlhkost vzduchu a směr a rychlost větru. V průběhu roku 2016 plánuje město Zlín vybudovat novou, moderní stanici. Umístěna by měla být v areálu základní školy Kvítková⁶⁷.

4.3 Zdroje znečišťování ovzduší ve městě Zlín

Zdroje, které do ovzduší emitují znečišťující látky, jsou sledovány na celostátní úrovni v rámci Registru emisí zdrojů znečišťování ovzduší, tzv. REZZO, jehož správu má na starosti Český hydrometeorologický ústav a který je součástí Informačního systému kvality ovzduší.

⁶⁵ZZLNA, Zlín. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2010_enh/cze/pollution_locality/loc_ZZLN_CZ.html

⁶⁶ZZLT, Zlín-Svit. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2010_enh/cze/pollution_locality/loc_ZZLT_CZ.html

⁶⁷PECH, Karel. Zlín chce mít novou monitorovací stanici kvality ovzduší. *Zlínský deník* [online]. 19.1.2016 [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://zlinsky.denik.cz/zpravy_region/zlin-chce-mit-novou-monitorovaci-stanici-kvality-ovzdusi-20160115.html

Mezi hlavní zdroje znečištění ovzduší ve městě Zlín patří automobilová doprava a lokální topeniště pro vytápění domácností. V rámci dopravy jsou imisní limity překračovány zejména v okolí důležitých dopravních tahů a v lokalitách s vyšší dopravou, a to jednak primárními emisemi (otěry pneumatik, splování a exhalace z výfuků apod.), jedna reemise, kdy jsou částice vířeny a tím opětovně vneseny do ovzduší. Koncentrace částic v ovzduší z malých zdrojů, zejména lokálních topenišť v domácnostech, jsou způsobeny obzvláště spalováním pevných paliv v domácnostech a spoluspalováním odpadu. Podle dostupných informací se lokální topeniště ve Zlínském kraji na produkci tuhých znečišťujících látek podílí více než zvláště velké, velké a střední zdroje dohromady.

K nejvýznamnějším stacionárním zdrojům znečišťování ovzduší ve městě Zlín patří následující firmy s provozovny:

- Alpiq Generation (CZ), s.r.o. – Teplárna Zlín, Výtopna Jižní Svahy – Kocanda,
- GRASPO CZ, a.s. – Tiskárna GRASPO CZ, a.s.,
- HAMAG, spol. s r.o. – Slévárna,
- IDEÁL ČESKÁ, s.r.o. – Bel & Blanc čistírna oděvů,
- KOMPONENTY, a.s., Zlín, výroba gumárenských směsí a polotovarů,
- Krajská nemocnice Tomáše Bati a.s. – Plynová kotelna,
- MITAS, a.s., výrobní úsek Zlín, výroba pneumatik,
- M-tec CZ, s.r.o. – Lakovna,
- Noventis, s.r.o. – Farmaceutická výroba, plynová kotelna,
- PLASTSERVIS, a.s., Zlín,
- Zlínské cihelny, s.r.o. – Cihelna Malenovice,
- SPO, spol. s r.o. – Slévárna,
- Promens, a.s. – Lakovna Zlín-Louky, Výroba plastových dílců Zlín-Přiluky⁶⁸.

4.4 Časová analýza údajů o vybraných znečišťujících látkách

Všeobecně nejvíce problematickou škodlivinou na území města Zlín je poléťavý prach. Negativní vliv na zdraví mají tuhé znečišťující látky PM₁₀ a PM_{2,5} již při velmi nízkých

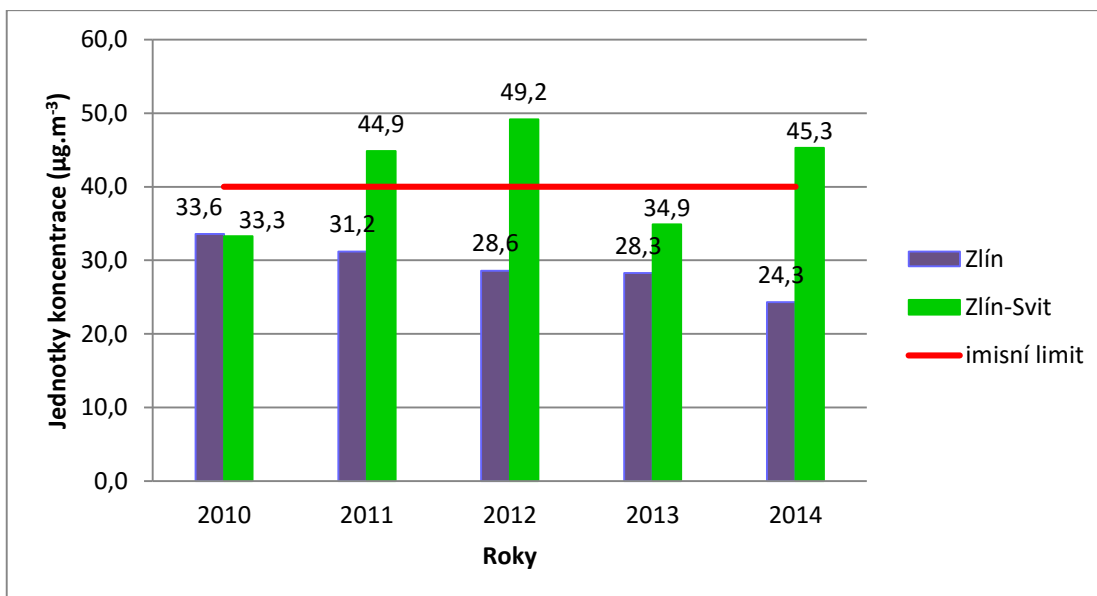
⁶⁸Životní prostředí Zlínska a jeho ochrana. *Odbor životního prostředí a zemědělství Magistrátu města Zlína* [online]. 2016 [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: file:///C:/Users/2roman2/Downloads/zivotni-prostredi-zlinska-a-jeho-ochrana-2015.pdf, s. 51-52.

koncentracích. Největší vliv na koncentrace suspendovaných částic PM₁₀ a PM_{2,5} v ovzduší má doprava a výše uvedené lokální topeniště. Doprava ve městě Zlín je také majoritním zdrojem znečištění oxidy dusíku. Zvláště velké a velké zdroje jsou emitentem zejména SO₂.

4.4.1 Prachové částice PM₁₀

Prachové částice PM₁₀ patří k nejvíce problematické škodlivině na území města Zlín. Nejhorší situace je v centru města, zejména v okolí velkých dopravních křižovatek, kde se soustředí automobilová doprava. Naopak nejlepší stav je vzhledem k dobrým rozptylovým podmínkám na okrajových částech města. Imisní limit pro ochranu lidského zdraví pro prachové částice PM₁₀ je stanoven na 50 µg.m⁻³ za 24 hodin s maximálním počtem 35 překročení, pro dobu průměrování v délce jednoho kalendářního roku pak 40 µg.m⁻³. Obrázek 3 zachycuje průměrné roční koncentrace prachových částic PM₁₀ ve dvou měřicích lokalitách – lokalitě Zlín a Zlín-Svit.

Na první pohled jsou znatelné nižší koncentrace částic PM₁₀ naměřené v lokalitě Zlín, což souvisí s umístěním stanice a charakteristikou zóny. Hodnoty se v tomto území, které je předměstskou zónou s charakterem obytné a přírodní zóny, pohybovaly v letech 2010-2014 v intervalu 24,3-33,6 µg.m⁻³. Pro lokalitu Zlín je přitom význačný klesající trend částic PM₁₀ v ovzduší. Naproti tomu v lokalitě Zlín-Svit byly průměrné roční koncentrace prachových částic PM₁₀ vyšší, po celé sledované období neklesly pod 33 µg.m⁻³, přičemž v letech 2011, 2012 a 2014 v průměru přesáhly hranici 40 µg.m⁻³, tedy stanovený imisní limit. V roce 2011 byl imisní limit překročen o 4,9 µg.m⁻³, v roce 2012 o 9,2 µg.m⁻³, v roce 2014 o 5,3 µg.m⁻³.

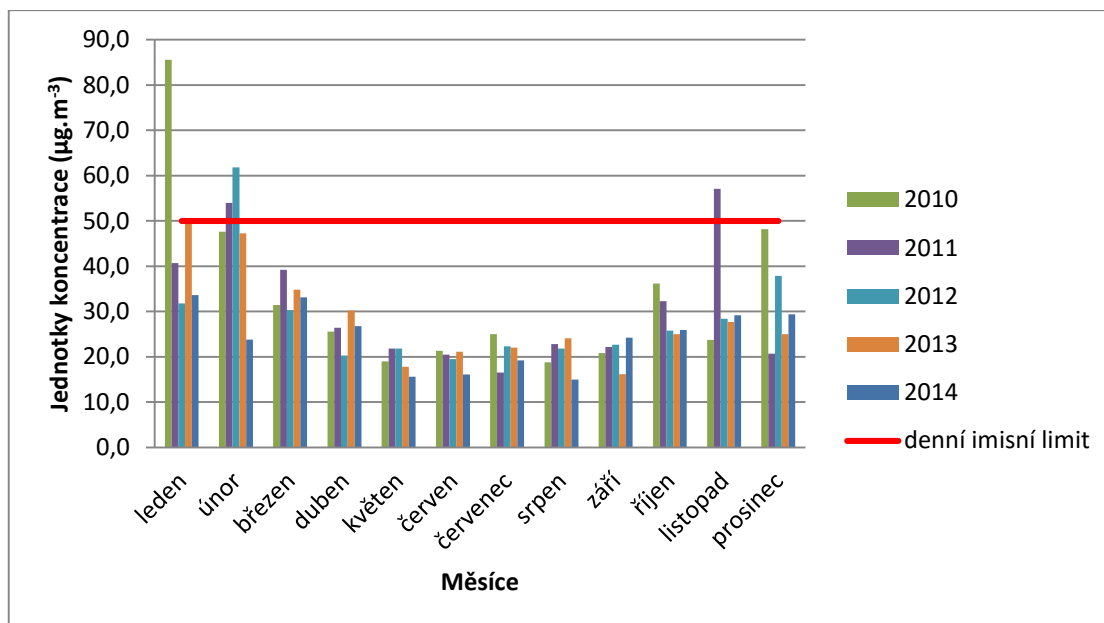


Obr. 3 Průměrné roční koncentrace prachových částic PM₁₀(µg.m⁻³) v lokalitách Zlín a Zlín-Svit v letech 2010-2014

Zdroj: Tabeleární ročenky. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

Obrázek 4 uvádí průměrné denní hodnoty koncentrací prachových částic PM₁₀ v jednotlivých měsících v lokalitě Zlín v letech 2010-2014, obrázek 5 v lokalitě Zlín-Svit.

Z obrázku 4 jsou zřejmé nejvyšší koncentrace tuhých znečišťujících látek PM₁₀ v lokalitě Zlín v měsících prosinec, leden a únor, a to kvůli chladnému počasí, které zhoršuje rozptylové podmínky (malá rychlost větru, teplotní inverze) a vysoké dopravní intenzitě, naopak nejméně prachových částic PM₁₀ bývá v ovzduší v měsících květen až září.



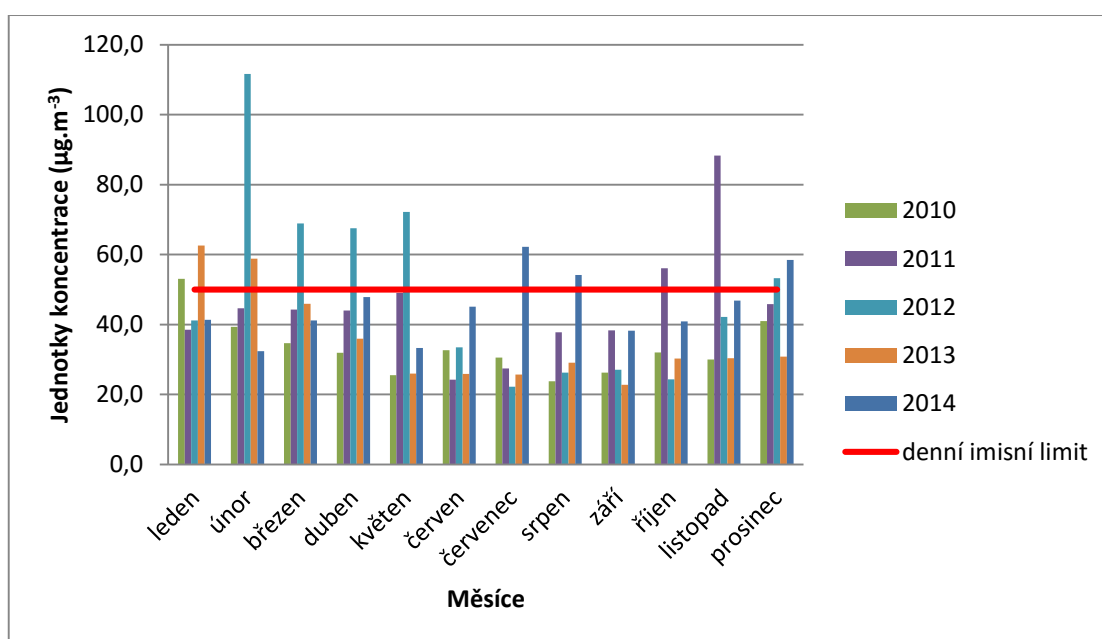
Obr. 4 Průměrné denní hodnoty koncentrací prachových částic $PM_{10}(\mu g \cdot m^{-3})$ v daném měsíci v lokalitě Zlín v letech 2010-2014

Zdroj: Tabeleární ročenky. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

Nejvyšší průměrné denní hodnoty koncentrací prachových částic PM_{10} v lokalitě Zlín během sledovaného pětiletého období byly naměřeny v lednu 2010. Průměrná výše dosáhla $85,6 \mu g \cdot m^{-3}$, maximum $124,2 \mu g \cdot m^{-3}$. Denní hodnota přípustného limitu byla v tomto měsíci překročena dokonce 19x, z toho 8x činily naměřené hodnoty více než dvojnásobek přípustného limitu. V roce 2011 byly nejvyšší průměrné měsíční koncentrace částic PM_{10} v ovzduší naměřeny v měsících listopad ($57,1 \mu g \cdot m^{-3}$) a únor ($54 \mu g \cdot m^{-3}$). Denní limit přesáhly koncentrace v listopadu 12x, z toho 2x byly vyšší než $100 \mu g \cdot m^{-3}$ (denní maximum činilo $176 \mu g \cdot m^{-3}$), v únoru 6x, taktéž se dvěma hodnotami nad $100 \mu g \cdot m^{-3}$. V roce 2012 bylo nejvíce prachových částic PM_{10} v ovzduší v měsících únor ($61,8 \mu g \cdot m^{-3}$) a prosinec ($37,9 \mu g \cdot m^{-3}$). V roce 2013 bylo v atmosféře nejvíce prachových částic PM_{10} v lednu, v průměru $49,9 \mu g \cdot m^{-3}$. Denní maximum činilo $134,4 \mu g \cdot m^{-3}$. Rok 2014 byl nejpříznivější, průměrné měsíční koncentrace prachových částic PM_{10} na stanici Zlín nepřevýšily $33,6 \mu g \cdot m^{-3}$. I v chladnější části roku byly hodnoty přijatelné, hodnoty denního přípustného limitu byly překročeny pouze v lednu a březnu, přičemž v obou měsících se jednalo o 5 případů. Lednové denní naměřené maximum činilo $91,7 \mu g \cdot m^{-3}$,

březnové $67,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Důvodem byla zejména mírná zima, která přála rozptylovým podmínkám.

V lokalitě Zlín-Svit byla situace poněkud odlišná ve smyslu vyšších naměřených hodnot a citelnějších výkyvů. Jak dokazuje obrázek 5, zejména v první polovině roku 2012 byly průměrné denní hodnoty koncentrací prachových částic PM_{10} značné. V únoru činila průměrná měsíční hodnota $111,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v únoru $68,9 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v březnu $67,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v květnu $72,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V těchto měsících byly velmi malé srážky. Značné koncentrace PM_{10} byly naměřeny také v listopadu 2011 (měsíční průměr $88,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), červenci 2014 (měsíční průměr $62,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a srpnu 2014 (měsíční $54,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

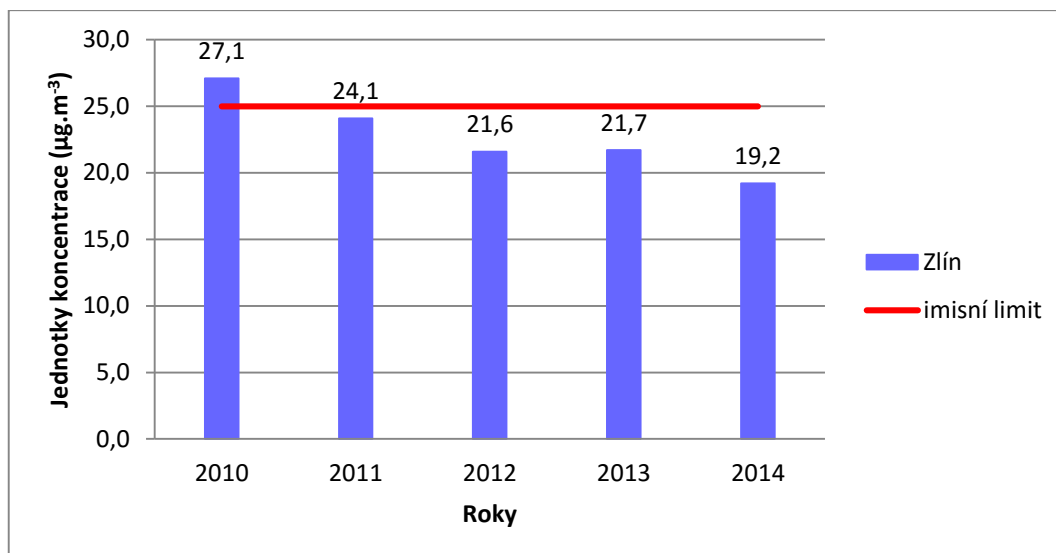


Obr. 5 Průměrné denní hodnoty koncentrací prachových částic PM_{10} ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v daném měsíci v lokalitě Zlín-Svit v letech 2010-2014

Zdroj: Tabelární ročenky. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

4.4.2 Prachové částice $\text{PM}_{2,5}$

Pro prachové částice $\text{PM}_{2,5}$ platí imisní limit ve výši $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendářní rok, přičemž není povolen žádný počet překročení. Na území města Zlín se koncentrace těchto částic měří pouze na jedné měřicí stanici – Zlín. Roční průměrné koncentrace imisních hodnot jemných suspendovaných částic $\text{PM}_{2,5}$ zobrazuje obrázek 6.

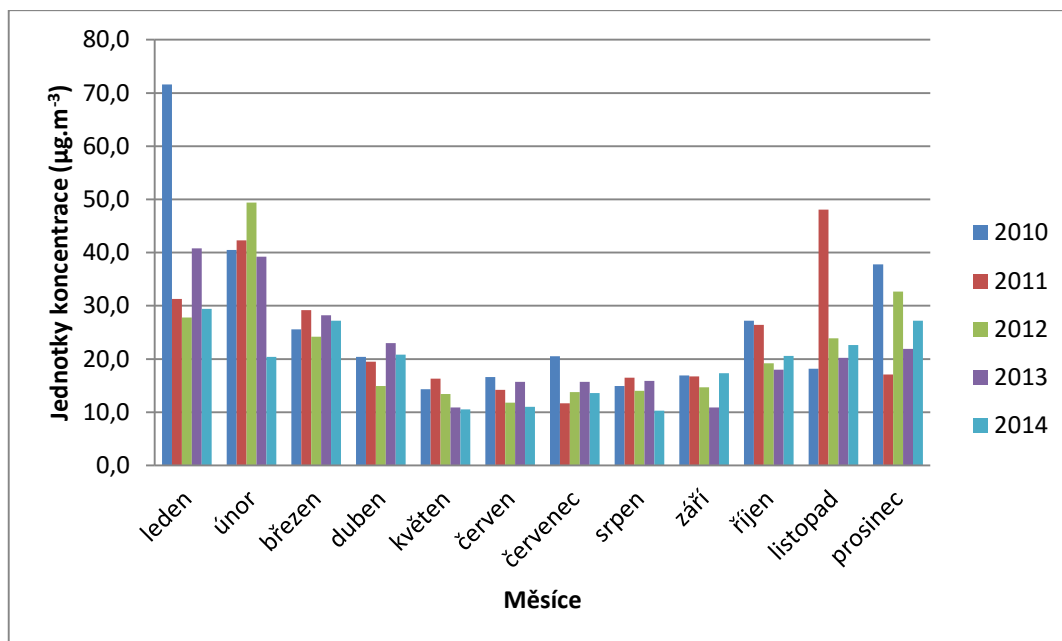


Obr. 6 Průměrné roční koncentrace jemných částic PM_{2,5}(µg.m⁻³) v lokalitě Zlín v letech 2010-2014

Zdroj: Tabeleární ročenky. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

Naměřené hodnoty dokazují klesající trend jemných částic PM_{2,5} v atmosféře ve městě Zlín. Nejvyšší koncentrace byly zaznamenány v roce 2010 (27,1 µg.m⁻³), kdy jako v jediném roce analyzovaného období byl překročen stanovený roční imisiční limit. Konkrétně se jednalo o převýšení o 2,1 µg.m⁻³. V roce 2011 dosáhl roční průměr koncentrací prachových částic PM_{2,5} v ovzduší 24,1 µg.m⁻³, v roce 2012 21,6 µg.m⁻³. V roce 2013 se koncentrace částic PM_{2,5} ve městě Zlín mírně zvýšily, meziročně v průměru však pouze o 0,1 µg.m⁻³, na 21,7 µg.m⁻³. Rok 2014 představoval pokles na 19,2 µg.m⁻³, což bylo v porovnání s předcházejícím rokem o 2,5 µg.m⁻³ méně.

Obrázek 7 popisuje měsíční imisiční situaci koncentrací prachových částic PM_{2,5} ve městě Zlín za období 2010-2014.



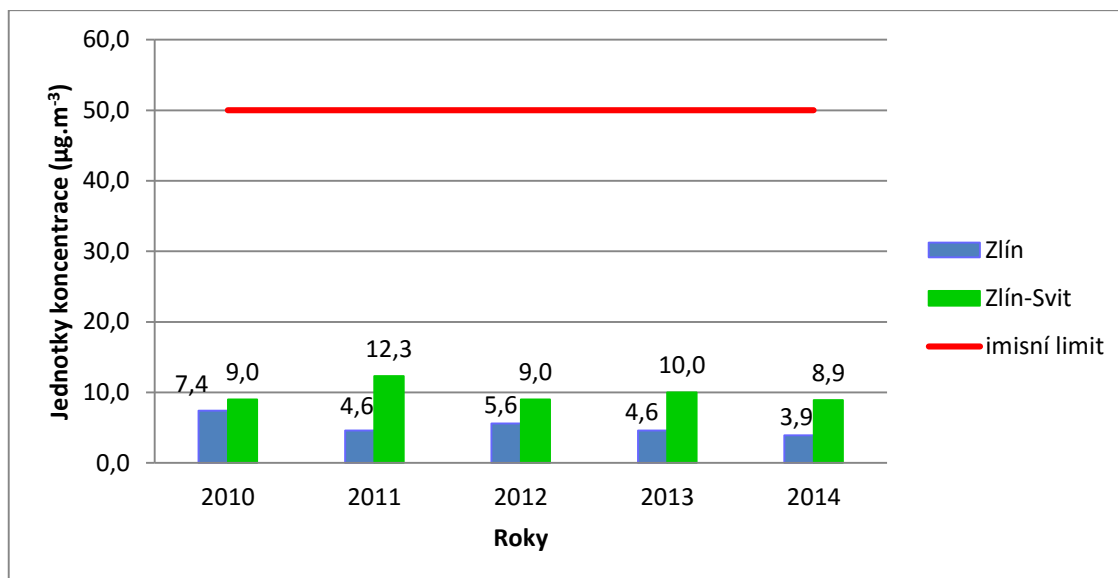
Obr. 7 Průměrné denní hodnoty koncentrací jemných částic PM_{2,5}(µg.m⁻³) v daném měsíci v lokalitě Zlín v letech 2010-2014

Zdroj: Tabulární ročenky. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

Opět, stejně jako v případě prachových částic PM₁₀, jsou u jemných částic PM_{2,5} vidět vyšší koncentrace v atmosféře v chladných měsících roku. Nejvyšší hodnoty za období 2010-2014 byly naměřeny v lednu 2010 (měsíční průměr 71,6 µg.m⁻³). Denní maximum činilo 241 µg.m⁻³. Také v listopadu 2011 a únoru 2012 byly imise značné, téměř 50 µg.m⁻³. Naproti tomu v měsících květen až září byly po všechny sledované roky, vyjma července 2010, koncentrace jemných částic PM_{2,5} ve městě Zlín pod hranicí 20 µg.m⁻³.

4.4.3 Oxid siřičitý SO₂

Další monitorovanou látkou znečišťující ovzduší je oxid siřičitý. Platný imisní limit pro ochranu zdraví lidí je vymezen na 125 µg.m⁻³ za 24 hodin s maximálně třemi možnými překročeními, denní přípustný limit činí 350 µg.m⁻³ s maximálním počtem 24 překročení. Imisní situaci za období let 2010-2014 ve městě Zlín shrnuje obrázek 8.

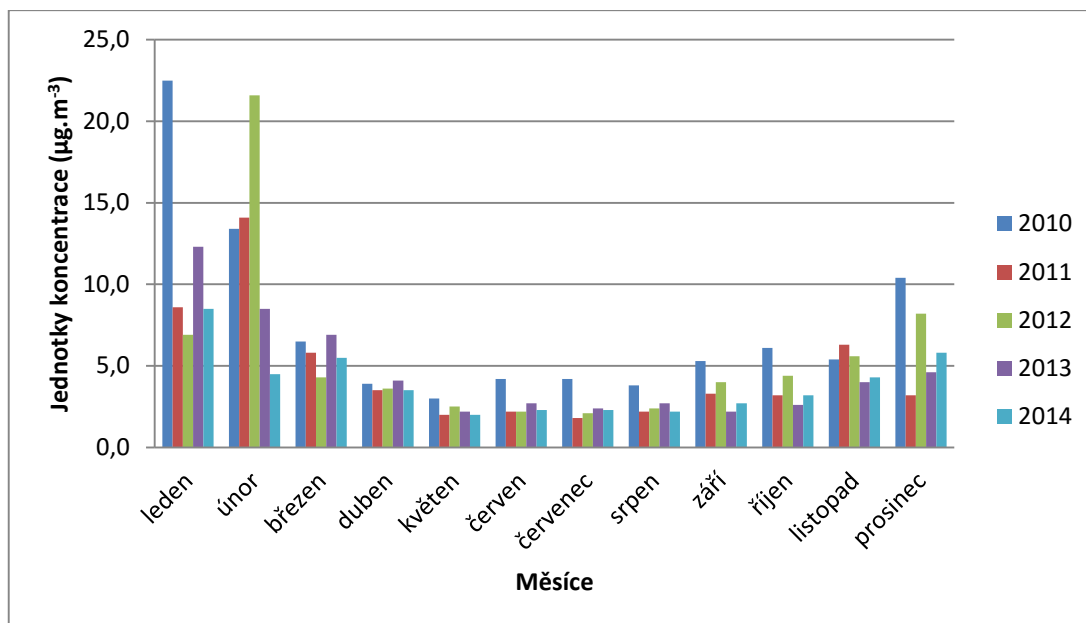


Obr. 8 Průměrné roční koncentrace oxidu siřičitého ($\mu\text{g.m}^{-3}$) v lokalitách Zlín a Zlín-Svit v letech 2010-2014

Zdroj: Tabeleární ročenky. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

Hodnoty oxidu siřičitého v ovzduší se ve městě Zlín drží na příznivě nízké úrovni. V průběhu analyzované časové řady koncentrace nepřesáhly $13 \mu\text{g.m}^{-3}$. Nižší imise jsou v lokalitě Zlín. Nejvyšší zastoupení částic oxidu siřičitého, v průměru $7,4 \mu\text{g.m}^{-3}$, v této části bylo naměřeno v roce 2010, naopak nejnižší v roce 2014, $3,9 \mu\text{g.m}^{-3}$. V lokalitě Zlín-Svit průměrné roční hodnoty oxidu siřičitého více kolísaly. V roce 2010 činil roční průměr $9 \mu\text{g.m}^{-3}$, v roce následujícím $12,3 \mu\text{g.m}^{-3}$, tedy o $3,3 \mu\text{g.m}^{-3}$ více. V roce 2012 průměrné roční koncentrace klesly zpět na $9 \mu\text{g.m}^{-3}$, v roce 2013 se však opět zvýšily, na $10 \mu\text{g.m}^{-3}$. Nejnižšíprůměrné hodnoty byly vykázány v roce 2014, konkrétně $8,9 \mu\text{g.m}^{-3}$. V porovnání s lokalitou Zlín byly naměřené koncentrace v roce 2014 vyšší o $5 \mu\text{g.m}^{-3}$.

Obrázek 9 znázorňuje výši průměrných denních koncentrací oxidu siřičitého v jednotlivých měsících v lokalitě Zlín v letech 2010-2014.

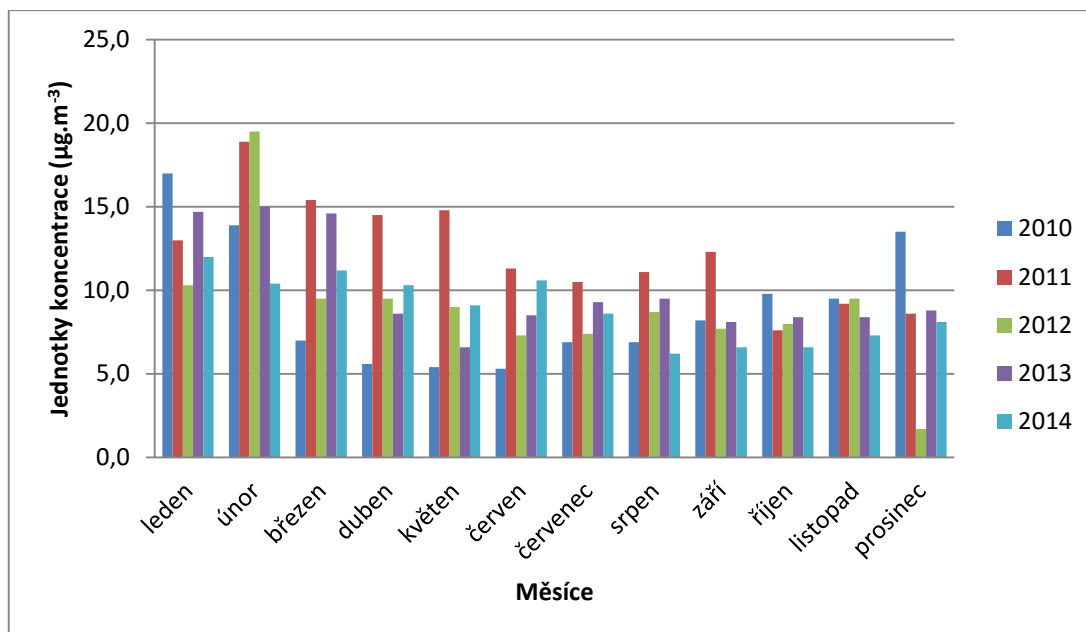


Obr. 9 Průměrné denní hodnoty koncentrací oxidu siřičitého ($\mu\text{g.m}^{-3}$) v daném měsíci v lokalitě Zlín v letech 2010-2014

Zdroj: Tabeleární ročenky. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

V lokalitě Zlín je téměř pravidelně nejhorší situace, pokud jde o částice oxidu siřičitého, v měsících leden a únor. Jak ale dokazuje graf, v posledním sledovaném roce byly i v těchto měsících hodnoty příznivé, nepřesáhly $8,5 \mu\text{g.m}^{-3}$, což bylo způsobeno zejména meteorologickými podmínkami – nízkým počtem mrazivých dní a s tím spojeným nižším využíváním lokálních topenišť a tedy menšími emisemi. Ve druhé a třetí třetině roku se průměrné měsíční koncentrace pohybovaly do $5,5 \mu\text{g.m}^{-3}$.

V lokalitě Zlín-Svit jsou koncentrace oxidu siřičitého vyšší, jelikož se jedná o městskou (obchodní a obytnou) zónu, kde jsou rozptylové podmínky horší (viz obrázek 10). Průměrné měsíční koncentrace běžně převyšují i v jarních a letních měsících $5,5 \mu\text{g.m}^{-3}$. Nejvíce imisí bývá v ovzduší v prvních dvou ročních měsících, stejně jako je tomu v lokalitě Zlín. V únoru 2011 a 2012 atakovaly průměrné měsíční hodnoty na stanici Zlín-Svit $20 \mu\text{g.m}^{-3}$. Denní přípustný limit $125 \mu\text{g.m}^{-3}$ nebyl překročen v žádném dni sledovaného období.

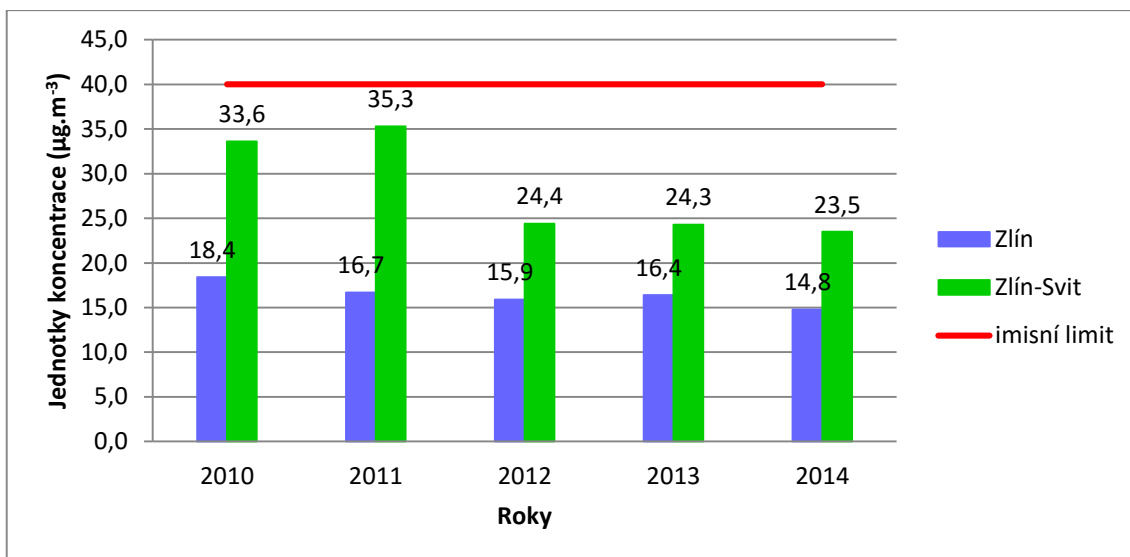


Obr. 10 Průměrné denní hodnoty koncentrací oxidu siřičitého ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v daném měsíci v lokalitě Zlín-Svit v letech 2010-2014

Zdroj: Tabele ročenky. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

4.4.4 Oxid dusičitý NO_2

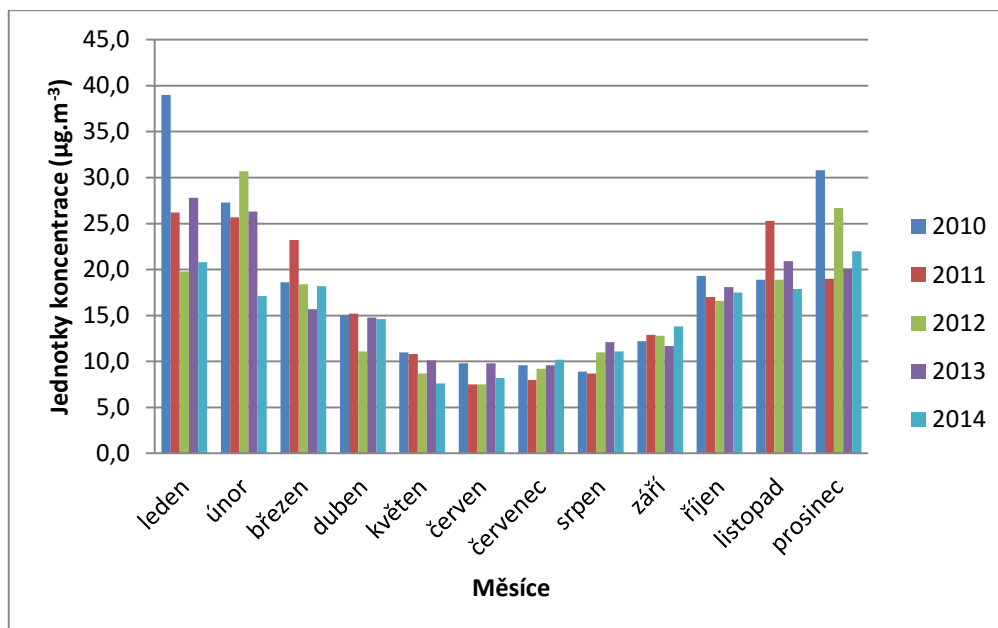
Pro oxid dusičitý je pro ochranu lidského zdraví stanoven hodinový imisní ve výši $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ s maximálním počtem překročení 24x, pro kalendářní rok je dán limit $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, přičemž není připuštěno žádné překročení limitu. Průměrné roční koncentrace látky v ovzduší ve městě Zlín zachycuje obrázek 11.



Obr. 11 Průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v lokalitách Zlín a Zlín-Svit v letech 2010-2014

Zdroj: Tabeleární ročenky. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

Opět jsou rozdíly v měřicích lokalitách. Zatímco v lokalitě Zlín se průměrné měsíční koncentrace pohybovaly v intervalu $14,8-18,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, v lokalitě Zlín-Svit to bylo v intervalu $23,5-33,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Od roku 2012 se však rozdíly snížily, a to díky poklesu emisí oxidu dusičitého v ovzduší v lokalitě Zlín-Svit. Zatímco v letech 2010 a 2011 přesahovaly průměrné roční koncentrace v této oblasti $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, od roku 2012 se drží pod úroveň $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V roce 2014 bylo v ročním průměru naměřeno $23,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ emisí oxidu dusičitého v ovzduší. V lokalitě Zlín dosáhla naměřená hodnota v průměru $14,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za rok. Pozitivní také je, že zákonem stanovený emisní limit oxidu dusičitého nebyl v letech 2010-2014 překročen ani v jedné z územních oblastí. Průměrné denní koncentrace oxidu dusičitého v jednotlivých měsících v lokalitách přináší obrázek 12 a obrázek 13.



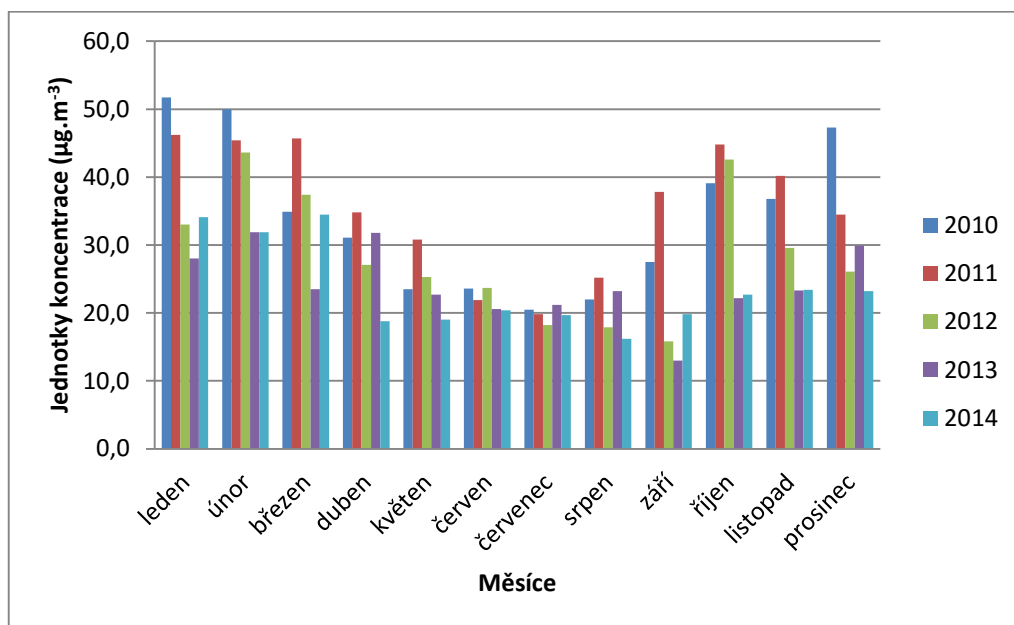
Obr. 12 Průměrné denní hodnoty koncentrací oxidu dusičitého ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v daném měsíci v lokalitě Zlín v letech 2010-2014

Zdroj: Tabulární ročenky. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

Hodnoty naměřené v letech 2010-2014 vykazují nárůst zejména v měsících leden a únor. Nejvyšší průměrné denní koncentrace oxidu dusičitého v jednotlivých měsících na stanici Zlín pochází z ledna 2010 ($39,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), následně z prosince 2010 ($30,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) a února 2012 ($30,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Imise souvisí opět především s meteorologickými podmínkami. V teplých měsících se koncentrace pohybovaly v nižších řádech, v měsících květen až srpen nepřekročily v žádném z uvedených let $12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Celkově nejnižší průměrná měsíční koncentrace z lokality Zlín ($7,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) pochází z června 2011. Táž hodnota byla naměřena i v červnu 2012.

Na stanici Svit jsou hodnoty průměrných koncentrací oxidu dusičitého v porovnání s lokalitou Zlín značně vyšší, mnohdy i dvojnásobně. Zejména v letech 2010-2012 byla situace špatná. Imise překračovaly v chladných měsících i $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V lednu 2010 se vyšplhaly na $51,7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, což bylo měsíční maximum za celé sledované období. V teplých měsících se průměrné denní koncentrace oxidu dusičitého za jednotlivé měsíce pohybují v lokalitě Zlín-Svit okolo $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, minimum vykázala měřící stanice září

2013, $13 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Hodinový limit $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ nebyl v období 2010-2014 překročen ani v lokalitě Zlín-Svit, ani v lokalitě Zlín.



Obr. 13 Průměrné denní hodnoty koncentrací oxidu dusičitého ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) v daném měsíci v lokalitě Zlín-Svit v letech 2010-2014

Zdroj: Tabeleární ročenky. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html, vlastní zpracování

5 ZÁVĚR

Předložená práce byla zaměřena na zhodnocení vývoje kvality ovzduší ve městě Zlín. Na úvod do problematiky znečištění ovzduší byla vymezena teoretická východiska v předmětné oblasti. Byla presentována základní legislativní úprava v oblasti ochrany ovzduší, dále byly charakterizovány klíčové odpadní látky vypouštěné do ovzduší s důrazem na jejich negativní ovlivnění složek životního prostředí a zdraví člověka, regulační nástroje upravující problematiku znečištění ovzduší a bylo pojednáno také o systému monitoringu, shromažďování a zveřejňování dat o kvalitě ovzduší. Stěžejní část práce tvořila analýza údajů o vybraných znečišťujících látkách v časové řadě 2010-2014, která vycházela z hodnot získaných z měření na monitorovacích stanicích umístěných v zájmovém území zveřejněných Českým hydrometeorologickým ústavem v tabelárním přehledu. Data o vybraných znečišťujících látkách byla vyhodnocena a porovnána v ročních intervalech. Pro doplnění pak byly porovnány průměrné denní hodnoty koncentrací daných látek jednotlivých měsících sledovaného období.

Provedená analýza vývoje vybraných znečišťujících látek v ovzduší ve městě Zlín ukázala, že největší problém představuje imisní zátěž suspendovaných částic PM_{10} . Ostatně imise těchto částic jsou problémem prakticky všude, nejen ve městě Zlín. Ve Zlíně překračují koncentrace částic PM_{10} v městské zóně často i zákonem stanovený imisní limit. Konkrétně byly průměrné roční koncentrace v lokalitě Zlín-Svit, která je právě městskou zónou, s charakteristikou obchodní a obytné zóny, nad určeným limitem ze sledovaného období 2010-2014 ve třech letech - 2011, 2012 a 2014.

Jemné prachové částice $PM_{2,5}$ se ve městě Zlín daří udržovat pod zákonným imisním limitem. Roční průměrné koncentrace imisních hodnot se od roku 2011 drží trvale pod vymezenou hranicí $25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. V roce 2014 činily $19,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Z analýzy je také patrný pokles emisí NO_2 a koncentrace SO_2 v ovzduší ve městě. V letech 2010-2014 nebyl ani jedenkrát překročen roční imisní limit pro znečištění těmito látkami. Pozitivní vývoj emisních znečišťujících látek je důsledkem zejména omezení množství těchto látek vypouštěných do ovzduší ze strany velkých stacionárních zdrojů ve Zlíně.

Všeobecně největším zdrojem znečištění ve Zlíně je doprava a v chladných měsících roku pak lokální domácí topeniště. Redukci emisí tuhých látek z dopravy nelze přímo vzhledem k tranzitní dopravě příliš předpokládat, ale jako možné řešení se nabízí zvýšení

atraktivnosti veřejné městské dopravy, která by snížila intenzitu individuální automobilové dopravy, a inovace vozidlového parku městské hromadné dopravy ve smyslu ekologizace (např. vybavení starších vozidel hromadné dopravy filtry prachových částic). K čistšímu ovzduší přispívá jistě podpora cyklistiky a pěšího provozu, která snižuje automobilovou dopravu. Také úprava a čištění povrchu komunikací, zpevnění povrchu a okrajů vozovek a oprava vozovek omezí únik škodlivin do ovzduší, a to ve smyslu omezení resuspenze emitovaných částic. Další opatření v dopravě, která lze uplatnit pro snížení zátěže ovzduší, je zvýšení plynulosti provozu a omezení průjezdu nákladních vozidel centrem města.

Problém úniku škodlivin do ovzduší z vytápění domácnosti lze snížit omezením využívání tuhých fosilních paliv a naopak zvýšením používání alternativních metod, např. vytápění plynem, pomocí tepelných čerpadel, biomasy, solárního systému. Na některé z těchto alternativních zdrojů vytápění jsou poskytovány státní dotace, a to právě proto, aby bylo zvýšeno jejich využití. Dále je potřeba podpořit třídění odpadu. Tím se sníží mimo jiné spolužalování odpadu u malých zdrojů.

Snížení emisí z velkých zdrojů by napomohla obnova kotelního základu, modernizace zařízení nebo obměna uhlí za zemní plyn jako topného paliva či využití jiné environmentálně šetrné technologie při spalování, zejména při spalování odpadu. K lepšímu ovzduší ve městě Zlín by jistě pomohlo také využívání energeticky úspěšnějších technologií, využívání odpadního tepla, obnova technologií zpracování energetických surovin. Zároveň by se tím snížila energetická náročnost a více využívaly obnovitelné zdroje energií. Důležitá je také úprava a předúprava surovin a dalších vstupních materiálů, které jsou primárním zdrojem znečištění ovzduší.

Poklesu imisní zátěže na území města Zlín lze dosáhnout také snížením primárních emisí především tuhých znečišťujících látek, které jsou největším problémem v zájmovém území, z bodových a plošných zdrojů. K omezení resuspenze emitovaných částic by napomohlo zatravnění prašných ploch.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Odborná literatura

PANT, P., Guttikunda, S.K., Peltier, R.E. 2016. *Srdeční zánět zahrnující v PKCε nebo ERK1 / 2 - aktivované NF -κB signální dráhy u myši po expozici nanočástic oxidu titanu.* Journal of Hazardous Materials 313, pp. 68-77"

JEGALL Y., Kim Y., *Current Respiratory Medicine Reviews, Volume 12, Issue 1, 1* March 2016, Pages 44-55

QUINN, A.K., Ae-Ngibise, K.A., Jack, D.W., (...), Kinney, P.L., Asante, K.P. *Source of the Document Journal of Hygiene and Environmental Health, 219 (2), pp. 176-183*

GUMILAR, F., Lencinas, I., Bras, C., Giannuzzi, L., Minetti, A., 2015 *Source of the Document Neurotoxicology and Teratology ,49, pp. 1-9*

GDULA-ARGASINSKA, J., Czepiel, J., Totońska-Zurańska, J., (...), Woźniakiewicz, M., Woźniakiewicz, A., 2016, *Pharmacological Reports 68 (2), pp. 319-328*

MOLDAN, Bedřich. *Podmaněná planeta.* Druhé, rozšířené a upravené vydání. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2015. 511 stran. ISBN 978-80-246-2999-5.

STREBLOVÁ, Eva. *Souhrnné texty z chemie: pro přípravu k přijímacím zkouškám (přírodovědné obory, lékařství).* 3., upr. vyd. Praha: Karolinum, 2012-2013. 2 sv. (201, 237 s.). Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-80-246-2135-7.

PELCLOVÁ, Daniela a kol. *Nemoci z povolání a intoxikace.* 3., dopl. vyd. Praha: Karolinum, 2014. 316 s. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-80-246-2597-3.

REMTOVÁ, Květa. *Výkladový slovník základních pojmů z oblasti udržitelného rozvoje.* Vyd. 1. [Praha]: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2009. 66 s. ISBN 978-80-7212-506-7.

POLÁŠKOVÁ, Anna a kol. *Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí.* Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2011. 283 s., [16] s. obr. příl. ISBN 978-80-246-1927-9.

TUHÁČEK, Miloš a kol. *Právo životního prostředí: praktický průvodce*. První vydání. Praha: Grada, 2015. 279 stran. Právo pro každého. ISBN 978-80-247-5464-2.

PEKÁREK, Milan a kol. *Právo životního prostředí*. 2., přeprac. vyd. Brno: Masarykova univerzita, 2006. 3 sv. Edice učebnic PrF MU; č. 377, 390, 427. ISBN 978-80-210-4926-0.

PSUTKA, Jindřich. *Odpovědnost za ekologické škody v občanském právu*. Vyd. 1. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2011. xiii, 419 s. Právní monografie. ISBN 978-80-7357-559-5..

Zákony

Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a o omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci), ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů

Internetové zdroje

Meteorologický slovník výkladový a terminologický. *Česká meteorologická společnost*[online]. [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/>

Oxidy dusíku. *Integrovaný registr znečišťování*[online]. 2005-2008[cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/oxidy_dusiku.html

Oxid dusičitý. *Current Respiratory Medicine Reviews, Volume 12, Issue 1, 1 March 2016, Pages 44-55*

KOČÍ, Vladimír. *Eutrofizace* [online]. [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://www.toulcuvdvur.cz/stezkazp/p6_eutrofizace.html

Oxidy dusíku. *Arnika*[online]. 2014[cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/oxidy-dusiku>

Oxid siřičitý. *Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě*[online]. 13.10.2012[cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <https://www.zuova.cz/Home/Clanek/Oxid-Siricity>

Oxidy síry. *Integrovaný registr znečišťování*[online]. 2005-2008[cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/oxidy_siry.html

Oxid uhelnatý. *Integrovaný registr znečišťování*[online]. 2005-2008[cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/oxid_uhelnaty.html

Všeobecné otázky o oxidu uhelnatém. *Honeywell* [online]. 2014[cit. 2016-10-03]. Dostupné z: http://detectormonoxidcarbon_cz.gwcms.hu/co_musite_vedet_o_pristroji_h450en/oxid_uhelnaty

Otrava oxidem uhelnatým. *Česká společnost hyperbarické a letecké medicíny ČLS JEP*[online]. 2007-2016[cit. 2016-15-03]. Dostupné z: <http://www.cshlm.cz/aktualne/upozorneni-obyvatelum-cr-na-nebezpeci-otravy-oxidem-uhelnatym-95>

Arzen a sloučeniny. *Integrovaný registr znečišťování*[online]. 2005-2008[cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/arsen_a_sl.html

PIVOŇKOVÁ, Eva. *Otrava arsenem, arsenikem – příznaky, projevy, symptomy*. *Integrovaný Příznaky-projevy.cz*[online]. 23.9.2013[cit. 2016-15-03]. Dostupné z: <http://www.priznaky-projevy.cz/otravy/otrava-arsenem-arsenikem-priznaky-projevy-symptomy>

Nikl a sloučeniny. *Integrovaný registr znečišťování*[online]. 2005-2008[cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/nikl_a_sl.html

Nikl. Arnika [online]. 2014 [cit. 2016-10-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/nikl>

Informace o zdravotních rizicích spojených s kvalitou ovzduší v roce 2014. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2015 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zdravotni_dusledky_znecisteni_ovzdusi/\\$FILE/OOO-zdravotni_rizika_CRi_2014-20160202.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zdravotni_dusledky_znecisteni_ovzdusi/$FILE/OOO-zdravotni_rizika_CRi_2014-20160202.pdf)

Polycyklické aromatické uhlovodíky. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-15-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/polycyklicke_aromati.html

Polycyklické aromatické uhlovodíky. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/polycyklicke-aromaticke-uhlovodiky-pahs>

Benzen. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/irz/latky/benzen.html>

ŠTĚPÁNOVÁ, Darina. *Toxikologie benzenu. Toxicology* [online]. [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=82>

Poléťavý prach (PM₁₀). *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005-2008 [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: http://www.irz.cz/irz/latky/poletavy_prach.html

Kadmium. *Periodická tabulka* [online]. 2009-2016 [cit. 2016-17-03]. Dostupné z: <http://www.prvky.com/48.html#vyuziti>

Kadmium. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-20-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/kadmium>

Kadmium a sloučeniny (jako Cd). *Integrovaný registr znečišťování* [online]. [cit. 2016-20-03]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/63>

Státní politika životního prostředí České republiky 2012-2020. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2012 [cit. 2016-20-03]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotního_prostredi/\\$FILE/OEDN-statni_politika_zp-20130110.pdf.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/statni_politika_zivotního_prostredi/$FILE/OEDN-statni_politika_zp-20130110.pdf.pdf)

DIENSTBIER, Filip. Nástroje ochrany životního prostředí I. *Právnická fakulta Univerzity Palackého v Olomouci* [online]. [cit. 2016-20-03]. Dostupné z: http://www.pf.upol.cz/fileadmin/user_upload/PF-dokumenty/KSPP/Zivotko/Filip_D/ZPIp05na.pdf

Národní program snižování emisí České republiky. *Ministerstvo životního prostředí ČR* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/narodni_program_s nizovani_emisi

Dobrovolné nástroje. *Ministerstvo životního prostředí ČR* [online]. 2008-2015 [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/dobrovolne_nastroje

Komentář k souhrnnému tabelárnímu přehledu. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pdf/kom_CZ.pdf

Imisní limity. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2012_enh/pdf/limity_CZ.pdf

On-line monitoring kvality ovzduší. *Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: <http://air.zuova.cz/imise/#>

Stav ovzduší. *Čisté nebe* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: <http://www.cistenebe.cz/stav-ovzdusi-na-ostravsku/aktualni-stav-ovzdusi>

Naše služby. *Arnika* [online]. 2014 [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/nase-sluzby>

Životní prostředí Zlínska a jeho ochrana. *Odbor životního prostředí zemědělství Magistrát města Zlína* [online]. 2016 [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: <file:///C:/Users/2roman2/Downloads/zivotni-prostredi-zlinska-a-jeho-ochrana-2015.pdf>

ZZLNA, Zlín. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2010_enh/cze/pollution_locality/loc_ZZLN_CZ.html

ZZLT, Zlín-Svit. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2010_enh/cze/pollution_locality/loc_ZZLT_CZ.html

PECH, Karel. Zlín chce mít novou monitorovací stanici kvality ovzduší. *Zlínský deník* [online]. 19.1.2016 [cit. 2016-24-03]. Dostupné z: http://zlinicky.denik.cz/zpravy_region/zlin-chce-mit-novou-monitorovaci-stanici-kvality-ovzdusi-20160115.html

Tabelární ročenky. *Český hydrometeorologický ústav* [online]. [cit. 2016-26-03]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.htm

