

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



Kontaminace životního prostředí v Kladně a jeho okolí

Bakalářská práce

Anna Čermáková

Veřejná správa v zemědělství a krajině

prof. Ing. Daniela Pavlíková, CSc.

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Kontaminace životního prostředí v Kladně a jeho okolí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 10.7.2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Daniele Pavlíkové, CSc. za trpělivost, cenné rady a vedení práce. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a blízkým za podporu během celého mého studia.

Kontaminace životního prostředí v Kladně a jeho okolí

Souhrn

Tato bakalářská práce byla zaměřena na znečišťování ovzduší a životního prostředí v Kladně a jeho okolí. V práci byl stručně popsán proces znečišťování ovzduší, problematika atmosférické depozice a měření kvality ovzduší v České republice. V další části práce byly popsány vybrané polutanty v ovzduší (oxid siřičitý, oxidy dusíku, prašné částice a benzo[a]pyren), jejich vznik, charakteristika a dopad na životní prostředí a zdraví člověka. Hlavním cílem této práce bylo zhodnocení vývoje znečištění ovzduší v Kladně, což bylo provedeno na základě měření Českého hydrometeorologického ústavu. Jelikož v posledních letech došlo k omezení průmyslové výroby, předpokládáme, že došlo ke změnám ve znečištění ovzduší. V práci bylo porovnáno znečištění ovzduší ve Středočeském kraji a v České republice jako celku na základě měření Českého statistického úřadu.

Na základě měření Českého hydrometeorologického ústavu bylo zjištěno, že ke změnám ovzduší v Kladně opravdu došlo. Nejvyšší hodnoty oxidu siřičitého byly naměřeny na počátku tisíciletí, v posledních dvou letech došlo k poklesu jeho obsahu o 15,9 %. U hodnot pro oxidy dusíku docházelo k vyšším výkyvům, může to být způsobeno vyšší intenzitou dopravy, ale i u tohoto polutantu v posledních dvou letech došlo k poklesu, obsah oxidu dusnatého poklesl o 0,83 %, obsah oxidu dusičitého poklesl o 2,85 %. Množství prašných částic PM₁₀ od roku 2006 klesalo, nicméně v posledních letech došlo k pravidelnému cyklu poklesu a nárůstu. Oproti tomu hodnoty prašných částic PM_{2,5} nevykazovaly příliš velké změny, kromě menšího nárůstu v roce 2017 se měření pohybovalo na přibližně stejných hodnotách. Obsah benzo[a]pyrenu v ovzduší poklesl oproti začátku měření o 61 %. Lze tedy konstatovat, že v kladenském ovzduší došlo ke zlepšení. Z měření Českého statistického úřadu vyplynulo, že hodnoty prašných částic pro Středočeský kraj byly převážně vyšší, nebo stejné jako pro Českou republiku. Hodnoty pro oxid siřičitý až do roku 2013 vycházely lépe pro Českou republiku, poté došlo ve Středočeském kraji k mírnému nárůstu. Hodnoty oxidů dusíku pro Středočeský kraj od počátku měření nepřekročily hodnoty pro Českou republiku.

Klíčová slova: benzo[a]pyren, kontaminace, ovzduší, prašný aerosol, životní prostředí

The Contamination of Environment in the City Kladno and its Surroundings

Summary

This bachelor thesis was focused on air and environmental pollution in Kladno and its surroundings. This work describes the process of air pollution, issues of atmospheric deposition and measurement of air quality in the Czech Republic. The individual pollutants (sulfur dioxide, nitrogen oxides, particulate matter and benzo[a]pyrene), their origin, characteristics, impact on the environment and human health were described. The main goal of this thesis was to evaluate the development of air pollution in Kladno using the measurements of the Czech Hydrometeorological Institute. Industrial production has been reduced in recent years, therefore we can assume reduction air pollution. Air pollution in the Central Bohemian Region and Czech Republic was compared, on the base of measurements by the Czech Statistical Office.

Based on measurements of the Czech Hydrometeorological Institute, changes of air pollution in Kladno were confirmed. The highest values of sulfur dioxide were measured at the beginning of the millennium, over last two years the content has decreased by 15.9 %. The higher fluctuations in contents of nitrogen oxides were found. This may be due to higher traffic intensity but this pollutant has also decreased in the last two years, the content of nitric oxide decreased by 0.83 % and the content of nitrogen dioxide decreased by 2.85 %. The amount of PM₁₀ particulate matter has been declining since 2006, but in recent years there has been a regular cycle of decline and increase. Compared to the values of PM_{2.5} particulate matter where they have not shown any large changes except for a small increase in 2017. The content of benzo[a]pyrene in the air decreased by 61 % since the beginning of the measurement recording. It can therefore be stated that there has been an improvement in Kladno's atmosphere. The measurements of the Czech Statistical Office showed that the values of particulate matter for the Central Bohemian Region were mostly higher or the same as the Czech Republic as a whole. The values for sulfur dioxide were better for the Czech Republic as a whole until 2013, after which there was a slight increase in the Central Bohemian Region. Since the beginning of the measurement the values of nitrogen oxides for the Central Bohemia Region have not exceeded the values for Czech republic.

Keywords: benzo[a]pyrene, contamination, air, particulate matter, environment

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod | 7 |
| 2 Cíl práce | 8 |
| 3 Literární rešerše | 9 |
| 3.1 Proces znečištění ovzduší | 9 |
| 3.1.1 Atmosférická depozice | 10 |
| 3.1.2 Měření kvality ovzduší v České republice | 12 |
| 3.2 Polutanty v ovzduší | 16 |
| 3.2.1 Oxid siřičitý | 16 |
| 3.2.2 Oxidy dusíku | 18 |
| 3.2.3 Prašné částice | 19 |
| 3.2.4 Benzo[a]pyren | 22 |
| 3.3 Hlavní antropogenní zdroje znečištění v Kladně | 24 |
| 3.3.1 O Kladně a jeho okolí | 24 |
| 3.3.2 Průmysl | 26 |
| 3.3.3 Zdroje znečištění | 27 |
| 3.4 Vývoj ovzduší v Kladně | 30 |
| 3.4.1 Oxid siřičitý | 31 |
| 3.4.2 Oxidy dusíku | 32 |
| 3.4.3 Prašné částice | 34 |
| 3.4.4 Benzo[a]pyren | 35 |
| 3.4.5 Středočeský kraj × Česká republika | 36 |
| 4 Závěr | 38 |
| 5 Literatura | 40 |
| 6 Seznam použitých zkratk a symbolů | 48 |

1 Úvod

Atmosféra Země má za sebou bohatou historii, která trvá přibližně čtyři a půl miliardy let. Během této doby se její původní složení velmi výrazně změnilo, takže si dnes jen těžko dokážeme představit prostředí, které by lépe vyhovovalo existenci současných pozemských forem života (Braniš et al. 2009). Můžeme ji rozdělit na troposféru, stratosféru (obsahuje ozonosféru, která pohlcuje nebezpečné ultrafialové záření), mezosféru, termosféru a exosféru. Chemické složení je vzhledem k okolním planetám ojedinělé. Skládá se ze 78 % dusíku, 21 % kyslíku, téměř 1 % vzácných plynů, 0,04 % oxidu uhličitého a dalších atmosférických aerosolů. Kromě těchto látek se v ovzduší nachází další látky, které mají negativní dopad nejen na přírodu, ale i na zdraví člověka.

Znečišťování ovzduší je v současnosti globálním a velmi závažným problémem životního prostředí a emisí je čím dál víc. Emisí rozumíme vypouštění nebo únik příměsí do atmosféry, tj. primární znečišťování ovzduší (Hůnová & Janoušková 2004). Emise jsou dvojího původu – přirozené, např. vulkanismus, bouřková činnost, a antropogenní – především ze zemědělství, dopravy, průmyslu, spalování. Čisté ovzduší je důležité nejen pro nás, ale i pro další generace, proto bychom měli počet emisí omezovat.

Česká republika má v platnosti zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., který říká, že ochranou ovzduší se rozumí 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 znečišťování ovzduší.

2 Cíl práce

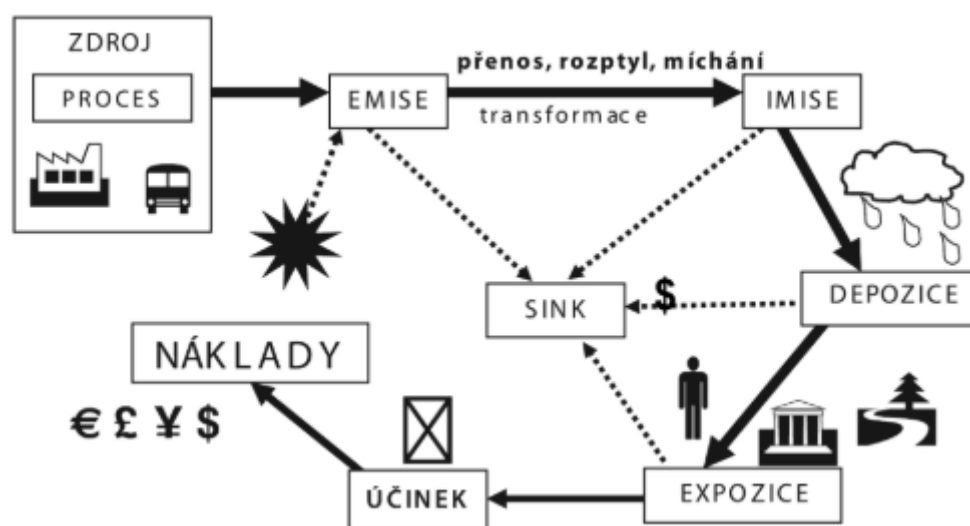
Dílčím cílem bakalářské práce bylo popsat proces znečišťování ovzduší, přiblížení vybraných polutantů, jejich vlastností a účinků na životní prostředí a zdraví člověka. Hlavním cílem bylo zhodnocení životního prostředí v Kladně a jeho okolí za uplynulých 20 let. Ke zhodnocení byly použity hodnoty naměřené Českým hydrometeorologickým ústavem. Předpoklad byl, že během uplynulých 20 let došlo ke změnám ve vývoji stavu ovzduší, a to především díky omezení průmyslové výroby.

3 Literární rešerše

V rámci přehledu literatury se práce bude zabývat vybranými druhy polutantů, jejich vznikem a vlastnostem, jejich působením v atmosféře a působením na životní prostředí. Kladno ležící ve Středočeském kraji je známo jako město uhlí a železa, hutnický a strojírenský průmysl je součástí jeho historie, degradace životního prostředí a ovzduší se dá předpokládat.

3.1 Proces znečišťování ovzduší

Znečištění ovzduší je stav, kdy se v něm vyskytují látky, které v určité koncentraci, nebo po určité době působení mohou u člověka narušovat pocit pohody a mohou ohrožovat nebo poškozovat zdraví lidí a dalších živých organismů, ale i neživou část přírody a lidské výtvořiny (Kalač et al., 2010). Proces znečišťování ovzduší je zobrazen na obrázku č. 1.



Obr. 1 Proces znečišťování ovzduší, zdroj: Braniš et al., 2009

Zdroje znečišťování ovzduší se dělí na přírodní a antropogenní. Antropogenní se dle umístění dělí na přízemní, vyvýšené a výškové. Mezi typicky přízemní zdroje znečišťování patří automobilová doprava, lokální topeniště, skládky nebo zemědělská činnost. Zdroje vyvýšené emitují škodlivé látky v určité výšce nad zemským povrchem (Hůnová & Janoušková 2004). Za vyvýšený zdroj lze označit vysoké komíny průmyslových závodů, tepláren a elektráren. Za výškový zdroj je považována především letecká doprava.

Dalším možným rozdělením antropogenních zdrojů je rozdělení podle uspořádání – bodové, liniové, plošné a objemové. Typicky bodovým zdrojem je komín, liniovým je např. silnice, dálnice, městská komunikace. Plošné zdroje znečištění obvykle tvoří větší počet bodových zdrojů málo od sebe vzdálených a spojitě rozmístěných v prostoru, např. lokální topeniště (Vysoudil, 2002). Dalším plošným zdrojem může být povrchový důl, průmyslová

aglomerace, skládka. O zdroji objemovém lze hovořit v souvislosti s katastrofami (jaderný výbuch apod.) (Braníš et al., 2009).

Z hlediska doby trvání se zdroje dělí na kontinuální – přetržité a diskontinuální – nepřetržité. Elektrárny jsou považovány za kontinuální zdroj CO₂, NO_x a SO₂. Čištění elektrostatických filtrů pro odlučování tuhých částic dvakrát do týdne je příčinou, proč lze pro tuhé částice pokládat stejnou elektrárnu za zdroj diskontinuální (Hůnová & Janoušková 2004).

Posledním rozdělením je dělení na stacionární a mobilní zdroje. Zákon č. 201/2012 Sb. definuje stacionární zdroj jako ucelenou technicky dále neoddělitelnou stacionární technickou jednotku nebo činnost, které znečišťují nebo by mohly znečišťovat, nejde-li o stacionární technickou jednotku používanou pouze k výzkumu, vývoji nebo zkoušení nových výrobků a procesů. Mobilní zdroj je definován zákonem jako samohybná a další pohyblivá, případně přenosná technická jednotka vybavená spalovacím motorem, pokud tento slouží k vlastnímu pohonu nebo je zabudován jako nedílná součást technologického vybavení.

Znečišťující příměsi též lze rozdělit podle jejich vzniku a původu. Hlavní skupinu zdrojů znečišťujících ovzduší představují v nejobecnější podobě spalovací pochody jak při spalování fosilních paliv u stacionárních, tak i spalování pohonných hmot v mobilních zdrojích (Vysoudil, 2002). Tyto zdroje produkují především oxidy síry, uhlíku a dusíku, uhlovodíky, tuhé emise a stopové prvky. Vlivem nedokonalých technologií jsou v našich podmínkách zdrojem emisí velmi nebezpečných látek spalovny odpadů (chlorované uhlovodíky, dioxiny aj.) (Vysoudil, 2006). Mezi plynné příměsi antropogenního původu lze zařadit sloučeniny síry, které měly značnými obsahy v atmosféře v minulém století za důsledek devastace lesních porostů. Další příměsí, které znečišťují atmosféru, jsou atmosférické aerosoly. Atmosférický aerosol představují všechny pevné a kapalné částice, které lze najít v zemské atmosféře (Vysoudil, 2006). Existuje několik typů aerosolů, např. disperzní, kondenzační, antropogenní, přirozený, organický nebo kosmický. Zdrojem antropogenního aerosolu může být topeniště průmyslových závodů, kotelen, tepláren a zejména lokální topeniště. Zvláště nebezpečné jsou aerosoly obsahující těžké kovy.

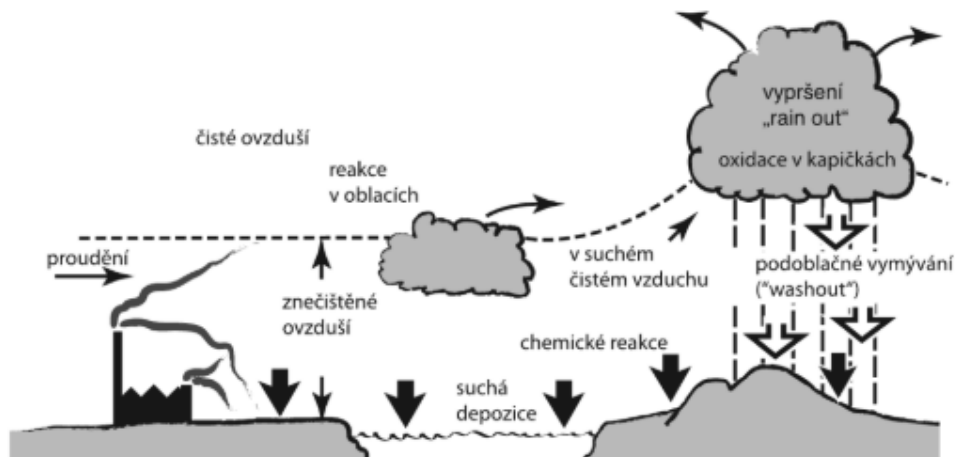
Rozsah, v němž je obvyklé (a z metodického hlediska vhodné) změny v kvalitě ovzduší registrovat (monitorovat) a vyhodnocovat, bývá udáván jako lokální, regionální a globální (Braníš et al., 2009).

3.1.1 Atmosférická depozice

Depozici lze definovat jako přenos či tok látek z atmosféry k zemskému povrchu vyjádřený jako hmotnost sledované látky na jednotku plochy za určitou časovou jednotku (zpravidla se používá jednotek $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ nebo $\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$) (Braníš et al., 2009).

Atmosférická depozice se dělí na suchou a mokrou. Ta mokrá je sdružená se srážkami, jak vertikálními (kroupy, sníh, déšť), tak horizontálními (mlha, jinovatka, námraza). Srážky čistí ovzduší od částic a plynných látek. Depozici tuhých látek a plynů zastupuje složka suchá. Během tohoto procesu dochází k přesunu látek z ovzduší na zemský povrch, oceán, vegetaci.

Suchá depozice je pomalejším jevem než depozice mokrá, ale probíhá ustavičně. Je též velmi důležitá, zejména v sušších oblastech (Crosby, 1998). Často se setkáváme s pojmem kyselá depozice, případně kyselý déšť. Kyselá depozice je komplex procesů, při kterých jsou z atmosféry odstraňovány kyselé složky vznikající jako produkt řady reakcí v atmosféře, která působí jako silné oxidační médium (Braniš et al., 2009).



Obr. 2 Procesy vedoucí k atmosférické depozici, zdroj: Braniš et al., 2009

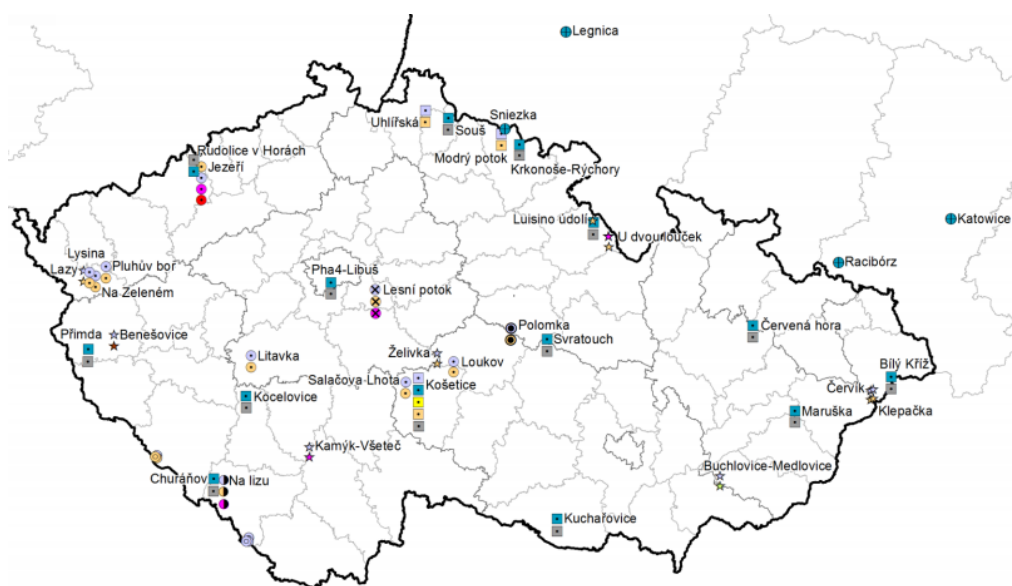
Vertikální mokrá depozice je doposud nejlépe prozkoumanou a velmi snadno se měří. Atmosférické srážky pojmají v odlišných koncentracích v podstatě veškeré látky, jež se v atmosféře objevují. Tyto látky se do nich dostávají dvěma procesy, tzv. „vypršením“ (rainout) a „vymýváním“ (washout), které jsou znázorněny na obrázku č. 2. Při „vypršení“ dochází k tomu, že znečišťující látky působí jako kondenzační jádra přímo při vzniku atmosférických srážek, při „vymýváním“ jsou pevné částice i plyny zachycovány již padajícími dešťovými kapkami či sněhovými vločkami pod oblaky při průchodu troposférou. (Hůnová & Janoušková 2004). Depozice horizontální může dosahovat většího významu až ve vyšších nadmořských výškách, měří se pouze výjimečně.

Je potřeba také zmínit termín tzv. usazených srážek. Znečištění tohoto typu srážek a jeho ekologické důsledky dosud patří k poměrně velmi málo prostudovaným problémům, avšak nelze pochybovat o tom, že například výskyt rosy nebo námraz může v jednotlivých případech významně ovlivňovat sedimentaci některých znečišťujících příměsí zemského povrchu, vegetaci apod. (Bednář, 2003).

Reakcí, které vedou k suché atmosférické depozici, je celé množství. U částic se uplatňuje zejména gravitační sedimentace, plyny jsou vázány na povrchy v důsledku adsorpčních dějů, případně se dostávají do rostlinných organismů absorpcí, rozpouštějí se v oceánech (Kolektiv autorů, 2003). Suchá atmosférická depozice je ovlivňována především atmosférickou turbulencí, chemickými vlastnostmi ukládaných látek a povrchem, na nějž jsou látky ukládány. Pokud chceme tuto hodnotu vědět, musíme ji vypočítat, běžně se neměří.

S atmosférickou depozicí je spjat pojem kritická zátěž. Kritická zátěž byla definována jako „nejvyšší depozice acidifikujících sloučenin, která ještě nepůsobí chemické změny vedoucí k dlouhodobým škodlivým účinkům na strukturu a funkci ekosystémů“ (Hůnová & Janoušková 2004). Kromě okyselování prostředí může vnik dusíku a síry ovlivnit též eutrofizaci a látkovou rovnováhu ekosystémů.

Za rok 2018 měl Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) k dispozici hodnoty atmosférické depozice z 37 stanic, na 14 z nich zajišťuje měření sám, na 10 Česká geologická služba (ČGS), na 8 Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM), na 2 Hydrobiologický ústav Akademie věd České republiky (HBÚ AV ČR), po jedné Ústav pro hydrodynamiku Akademie věd (ÚH AV ČR), Ústav výzkumu globální změny Akademie věd České republiky (ÚVGZ AV ČR) a Geologický ústav Akademie věd České republiky (GLÚ AV ČR). Dále byla dodána data z 6 polských stanic (organizace GIOS) v příhraničních oblastech (ČHMÚ, 2019). Stanice měřící atmosférickou depozici napříč republikou najdeme na obrázku č. 3.



Obr. 3 Staniční síť sledování kvality atmosférických srážek a atmosférické depozice, zdroj: ČHMÚ, 2019

3.1.2 Měření kvality ovzduší v České republice

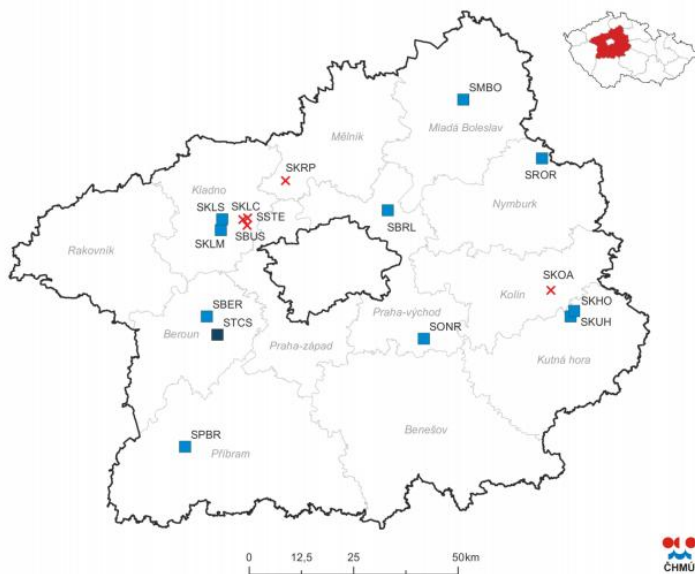
Měření kvality ovzduší se zabývá Informační systém kvality ovzduší (ISKO). ISKO je stále rozvíjen a provozován s využitím současných informačních technologií jako integrovaná soustava pro celouzemní komplexní hodnocení stavu a vývoje znečištění ovzduší; zahrnuje sběr, archivaci a zpracování dat z automatizovaných i manuálních měřicích sítí ČR (emisní databáze a databáze chemického složení srážek) a rovněž ukládání a zpracování dat o emisích a zdrojích znečišťování ovzduší (emisní databáze) (ČHMÚ, 2019).

Posláním Imisní agendy Informačního systému je registrace měřicích stanic, registrace počtu a druhu měření na stanicích, kontrola a ukládání měsíčních dávek a konečně zpracování údajů do výstupních sestav (Braniš et al., 2009). V imisní databázi jsou k dispozici také výsledky měření, které provádějí kooperující instituce (viz obrázek č. 5). V ISKO jsou též zahrnuty informace z příhraničních oblastí Německa, Polska a Rakouska, které jsou získány v rámci reciproční výměny dat (ČHMÚ, 2019). Ze získaných dat ze všech měrných stanic sledujících různé veličiny jsou každoročně publikovány ročenky.

Databáze chemického složení srážek obsahuje informace již od roku 1984. V této databázi najdeme data z chemických rozborů vzorků srážek zahrnujících data o koncentraci například Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NO_3^- , NH_4^+ , z těžkých kovů koncentrace například Pb, Ni, Cu nebo data o vodivosti a pH. Součástí agendy chemismu srážek je vedení registru stanic, kde se složení srážek sleduje, a dále i dohled nad správností a věrohodností přijímaných dat o chemismu srážek (Braniš et al., 2009).

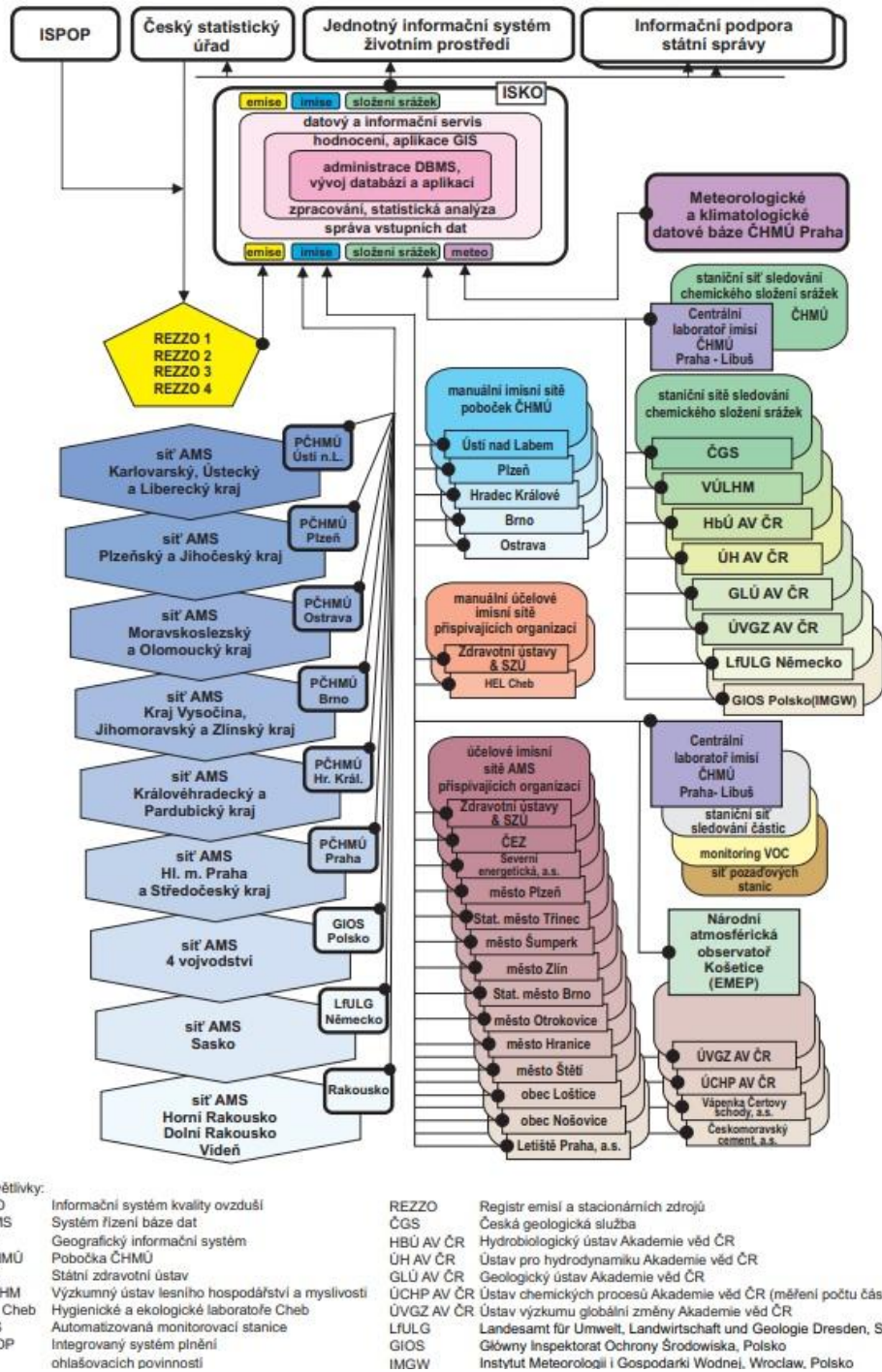
Součástí Informačního systému kvality ovzduší je také registr emisí a stacionárních zdrojů (REZZO), ve kterém jsou vedeny údaje o stacionárních zdrojích a množství znečišťujících látek, které jsou vnášeny do ovzduší ze stacionárních a mobilních zdrojů. (Zákon č. 201/2012 Sb.). Do databáze REZZO 1 jsou zařazovány stacionární zdroje zvláště velké a velké, do REZZO 2 patří střední zdroje. Které stacionární zdroje to jsou, definuje příloha č. 2 k Zákonu č. 201/2012 Sb., jedná se například o zdroje používané v energetice (spalování paliv), při výrobě a zpracování kovů a plastů (výroba železa a oceli), při zpracování nerostných surovin (výroba vápna), v chemickém průmyslu (výroba polyvinylchloridu), v potravinářském, dřevozpracujícím a ostatním průmyslu (jatka, výroba buničiny, krematoria a zařízení k výhradnímu spalování těl zvířat). V databázi REZZO 3 se údaje z ostatních stacionárních zdrojů, které nejsou definovány zákonem, dopočítávají. Jedná se například o požáry automobilů a budov, nakládání s odpady a odpadními vodami nebo plošné použití rozpouštědel. Databáze REZZO 4 zahrnuje emise mobilních zdrojů ze sektoru silniční dopravy, včetně otěrů pneumatik, brzd a vozovek a emisí z odparů benzínu z palivových systémů, vypočtené podle mezinárodní metodiky COPERT (ČHMÚ, 2019). Dále sem řadíme emise z letecké, vodní a železniční dopravy.

Podstatou pro stanovení kvality ovzduší jsou naměřené hodnoty na měrných stanicích. Měřicí síť je nejhustší v oblastech s nejvyššími koncentracemi škodlivin, nicméně pokrývá celou ČR (ČHMÚ, 2019). Spojovacím článkem je Státní síť imisního monitoringu, kterou spravuje ČHMÚ. Její součástí jsou jak automatizované monitorovací stanice (AIM), tak i manuální imisní stanice (MIM), ze kterých jsou odebrané vzorky analyzovány v laboratořích ČHMÚ (ČHMÚ, 2017). Vyskytují se ale i lokality, na nichž probíhá měření jak manuálními, tak automatickými metodami současně. Státní síť imisního monitoringu má k dispozici hodnoty z měrných stanic kooperujících organizací, které se promítají do hodnocení kvality ovzduší.



Obr. 4 Síť měřících míst ve Středočeském kraji, zdroj: ČHMÚ, 2019

Důležitým podkladem při tvorbě map imisních charakteristik a při hodnocení ovzduší je klasifikace měřících stanic pro výměnu informací (EoI) (ČHMÚ, 2019). Všechny stanice v ISKO tuto evropskou klasifikaci uplatňují. Typ lokality, typ oblasti a charakteristika oblasti – to jsou vlastnosti, které udává úplná klasifikace složená ze tří základních písmen oddělených lomítkem. V České republice je 198 měrných lokalit, z čehož 127 patří ČHMÚ. Na obrázku č. 4 v okrese Kladno patří stanice SKLS (Kladno – Švermov) a SKLM (Kladno – střed města) ČHMÚ (tyto stanice byly zahrnuty do hodnocení kvality ovzduší v Kladně – viz kapitola 3.4 Vývoj ovzduší v Kladně). Naopak stanice SKLC (Kladno – Vrapice), SSTE (Stehelčevy) a SBUS (Buštěhrad) patří Zdravotnímu ústavu Ústí nad Labem. Stanice SBUS, SKLC a SSTE jsou manuální, SKLS a SKLM automatické. Na všech stanicích kromě SKLM probíhá měření těžkých kovů v PM_{10} a na stanici SKLS probíhá ještě měření polycyklických aromatických uhlovodíků.



Obr. 5 Schéma vazeb ISKO na zdroje dat a kooperující systémy 2018, zdroj: ČHMÚ, 2019

3.2 Polutanty v ovzduší

3.2.1 Oxid siřičitý

Oxid siřičitý je štiplavý, dráždivý plyn, bezbarvý, dobře rozpustný ve vodě, s teplotou varu -10°C a nehořlavý. Oxidací oxidu siřičitého vzniká oxid sírový, který je v plynné fázi hlavním důvodem vzniku kyselých dešťů. Oba tyto oxidy jsou důležitým komponentem při průmyslové výrobě kyseliny sírové, kde oxid siřičitý vystupuje jako hlavní surovina a oxid sírový jako meziprodukt (Arnika, 2014).

Mezi hlavní antropogenní zdroje emisí patří spalování paliv, např. při výrobě elektrické nebo tepelné energie, do přírodních zdrojů řadíme především vulkanickou a sopečnou činnost.

Využití oxidu siřičitého je různorodé, především se používá jako konzervant do sušeného ovoce nebo vína, díky svým schopnostem se používá jako redukční činidlo k dezinfekci, např. šíření sudů, bělení nebo ochraně dřeva a již zmiňované průmyslové výrobě kyseliny sírové.

První zmínka, že oxid siřičitý by mohl mít významné nepříznivé účinky na lidské zdraví, vyšla z pozorování zvýšení úmrtnosti v souvislosti s několika případy závažného znečištění ovzduší, ke kterým došlo v polovině tohoto století, např. velký smog v Londýně v roce 1952 (Sheppard, 1988).

Oxid siřičitý se díky dobré rozpustnosti ve vodě vstřebává do sliznice nosu a horních cest dýchacích. Nejpřímější informace o akutních účincích oxidu siřičitého pocházejí z experimentů s kontrolovanou komorou u dobrovolníků. Většina z těchto studií byla pro expoziční období v rozmezí od několika minut do jedné hodiny. Přesná doba trvání však není kritická, protože reakce se objevují velmi rychle, během několika prvních minut od zahájení inhalace; pokračování expozice dále nezvyšuje účinky (WHO, 2006).

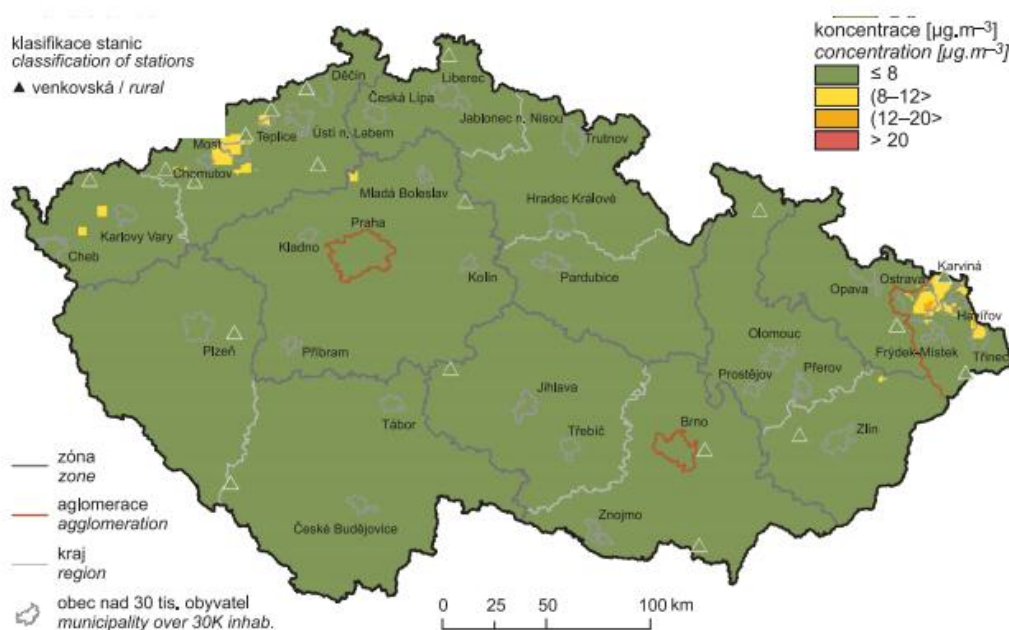
Holgate et al. (1999) uvádějí, že expozice větší než $26,2 \text{ mg/m}^3$ (10 pars per milion) po dobu delší než několik minut povede k podráždění očí, sliznic a krku. Dále uvádějí, že zdraví jedinci nevykazují téměř žádné změny na plicích při vystavení dávce větší nebo rovné $13,1 \text{ mg/m}^3$ (5 pars per milion) během jedné až čtyř hodin, naopak astmatici, kteří jsou na vystavení náchylnější, vykazují už při vystavení $0,66 - 1,3 \text{ mg/m}^3$ ($0,25 - 0,5$ pars per milion) výrazné akutní reakce charakterizované bronchokonstrikcí spojenou se zvýšeným odporem dýchacích cest, snížením rychlosti výdechu, dále klinické příznaky pískotu a dušnost. Zánět dýchacích cest způsobuje kašel, sekreci hlenu, zhoršení astmatu a chronickou bronchitidu a způsobuje, že lidé jsou náchylnější k infekcím dýchacích cest (WHO, 2018).

Sheppard (1988) dále zmiňuje, že před čtyřiceti lety byl oxid siřičitý považován za jednu z hlavních příčin nepříznivých respiračních účinků znečištění ovzduší. Během následujících tří desetiletí vedlo velké množství studií u několika druhů savců, včetně

zdravých lidí k závěru, že koncentrace této znečišťující látky přítomné v ovzduší jsou pravděpodobně benigní.

Při chronickém působení oxidu siřičitého na rostliny dochází k ničení chlorofylu, zejména na plochách listů, ovšem při nižších koncentracích může být část síry asimilována a fyziologicky využívána. Rostliny v přímém působení lépe snášejí dlouhodobé nízké koncentrace než krátkodobé vysoké koncentrace (Hůnová & Janoušková 2004). K největšímu úhynu lesního porostu na našem území došlo v minulém století v Krušných horách. U jehličnatých stromů se jedná především o padání jehličí a změnu jejich barvy. Příznaky vlivu oxidu siřičitého na listnaté stromy byly omezeny pouze na poškození listů, zejména ve druhé polovině vegetačního období a zjednodušení rozvětvení (Lomský et al. 2002).

Dle přílohy č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší jsou v Česku stanovené imisní limity pro ochranu zdraví lidí oxidu siřičitého na hodnotě $350 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za hodinu (smí být překročena za kalendářní rok maximálně 24-krát) a 24hodinový limit $125 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (smí být překročen za kalendářní rok maximálně 3-krát) a imisní limit pro ochranu ekosystémů a vegetace je na hodnotě $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendářní rok. V případě obou imisních limitů nebyl překročen legislativně povolený počet překročení limitní hodnoty, takže oba imisní limity byly splněny (ČHMÚ, 2019). Nebyl překročen ani imisní limit pro ochranu ekosystémů a vegetace. Průměrné roční koncentrace SO_2 za rok 2018 znázorňuje obrázek č. 6.



Obr. 6 Roční průměrné koncentrace SO_2 v roce 2018, zdroj: ČHMÚ, 2019

3.2.2 Oxidy dusíku

Oxidy dusíku NO_x je termín označující sumu oxidu dusnatého a dusičitého a představuje jednu z nejběžnějších znečišťujících příměsí ve většině urbanizovaných oblastí světa (Hůnová & Janoušková 2004).

Mezi nejrozšířenější oxidy dusíku patří především oxid dusný a oxid dusičitý. Za běžných podmínek je oxid dusičitý kapalný s výrazným štiplavým zápachem, při teplotách kolem 21 °C se stává červeným až nahnědlým plynem, naopak oxid dusný je bezbarvý plyn s nasládlou vůní. Tento přirozeně se vyskytující zcela netoxický plyn se vyznačuje v troposférických podmínkách značnou omickou stálostí, která se odráží v jeho poměrně dlouhé době setrvání v atmosféře (Braníš et al. 2009).

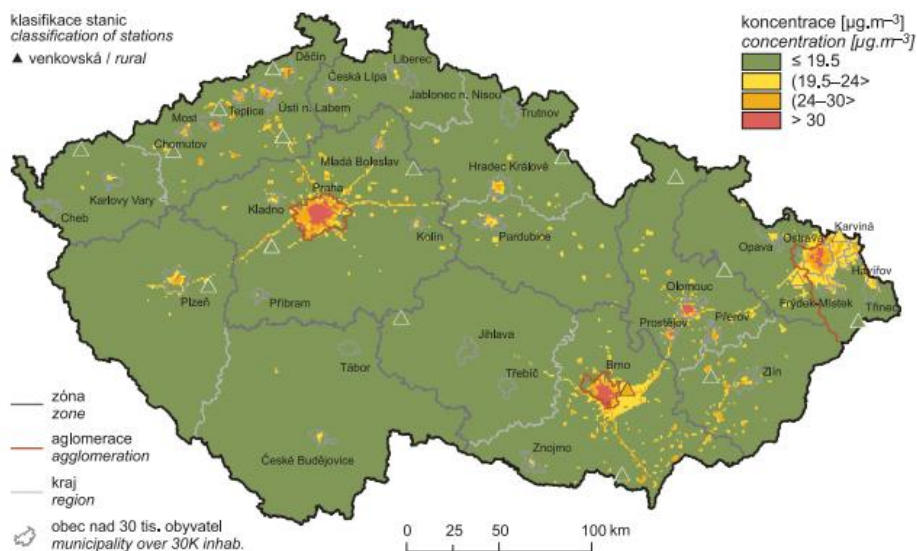
Hlavními antropogenními zdroji emisí jsou především silniční doprava (svůj podíl nese i letecká a vodní), dále může vznikat při průmyslových výrobcích nebo při sváření, v domácnostech jsou zdrojem plynová kamna. Úroveň znečištění vnitřních prostor, ve kterých se vyskytují zdroje NO₂, může být mnohem vyšší než venku, kde primárním zdrojem NO₂ je doprava (Belanger et al. 2013). Z přírodních zdrojů jsou to zejména vulkanická činnost, elektrické výboje a mikroorganismy.

Zdravotní rizika plynoucí z expozice oxidům dusíku se odvozují od nepříznivých účinků oxidu dusičitého (SZÚ, 2003, 2004). Oxid dusičitý je jediný oxid dusíku, který poškozuje zdraví při koncentracích, s nimiž se můžeme setkat v budovách (Baird, 1999). Převládá dráždivý účinek. Více než 60% vdechnutého oxidu dusičitého je absorbováno a v krvi konvertováno na dusitany a dusičnany (SZÚ, 2003, 2004). Pro děti znamená expozice vyšším hodnotám NO₂ zvýšené riziko respiračních onemocnění v důsledku snížené obranyschopnosti vůči infekci a snížení plicních funkcí (SZÚ, 2014). Překročení krátkodobé imisní koncentrace 200 µg.m⁻³ nevyklučuje při spolupůsobení dalších faktorů (chlad, námaha) zhoršení zdravotního stavu pro některé zvláště citlivé osoby s astmatickými obtížemi a chronickou obstrukční bronchitidou, i když toto zhoršení je popisováno většinou až od 400 µg.m⁻³ při jednotlivé expozici (SZÚ, 2003, 2004). Nepříznivé účinky na zdraví závisí na délce expozice a koncentraci chemické látky (Bauer et al. 1998). První náznaky otrávení se projevují pálením očí, poklesem krevního tlaku, bolestmi hlavy a dýchacími potížemi až po několika hodinách. Nejvíce jsou oxidu dusičitému vystaveni obyvatelé velkých městských aglomerací významně ovlivněných dopravou (SZÚ, 2018).

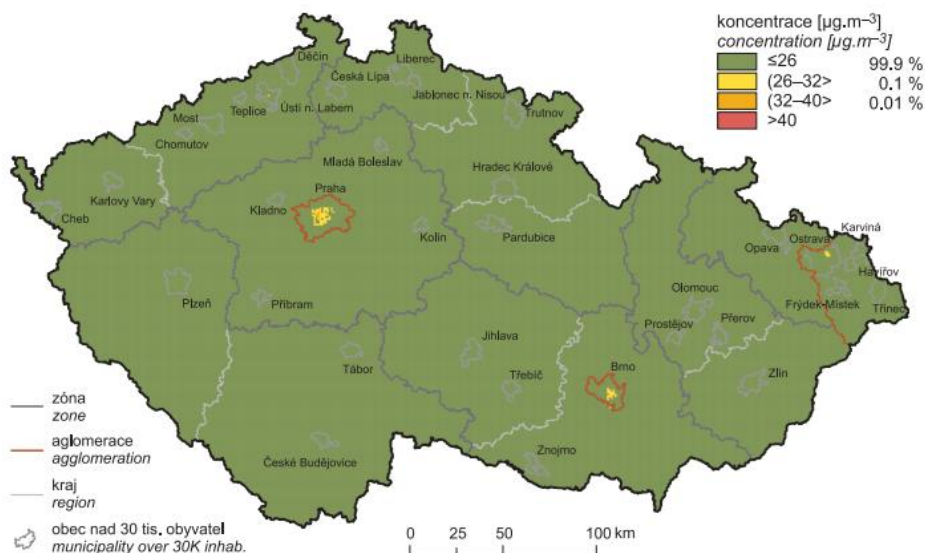
Využití oxidu dusičného je především v chemickém průmyslu, je to silné oxidační činidlo, proto může být použit i v raketových palivech. Oxid dusný nachází své využití i v lékařství, spolu s xenonem je to jediný plyn, který se používá v anesteziologii. Účinky na organismus se rychle dostavují i odeznívají. Nejčastěji bývá používán při menších výkonech, dlouhodobě je však využíván v porodnictví nebo ve stomatologických ordinacích.

Dle přílohy č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší jsou v Česku stanovené imisní limity pro ochranu zdraví lidí oxidu dusičitého na hodnotách 200 µg.m⁻³ za hodinu

(smí být překročena za kalendářní rok maximálně 18-krát) a $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendářní rok, imisní limit pro ochranu ekosystémů a vegetace je na hodnotě $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendářní rok. Za rok 2018 došlo k překročení ročního limitu pouze na 3 lokalitách, imisní limit pro ochranu ekosystémů a vegetace ani hodinová koncentrace překročena nebyla. Průměrné roční koncentrace NO_x a NO_2 za rok 2018 najdeme na obrázku č. 7 a obrázku č. 8.



Obr. 7 Roční průměrné koncentrace NO_x v roce 2018, Zdroj: ČHMÚ, 2019



Obr. 8 Roční průměrné koncentrace NO_2 v roce 2018, zdroj: ČHMÚ, 2019

3.2.3 Prašné částice

Prašné částice jsou drobné pevné nebo kapalné částice, které jsou suspendovány ve vzduchu a pro lidské oko jsou obvykle neviditelné (Baird, 1999). Prašné částice jsou

kategorizovány podle velikosti a dále představují znečištění ovzduší, které je nejčastěji spojováno s lidským onemocněním (Anderson et al. 2011).

Hrubé částice o velikosti 10 μm jsou vytvářeny dopravní a stavební aktivitou, větrem nebo spalováním uhlí. Částice $\text{PM}_{2,5}$ označované jako jemné jsou nejrozšířenější skupinou částic v atmosféře a odstraňují se z ní hlavně mokrou depozicí. Částice PM_1 označované jako ultra jemné částice, vznikají fotochemickými reakcemi nebo při svařování a tavení kovů a rud. Průměr částic je jejich nejdůležitější vlastností (Baird, 1999). Částice o velikosti přes 10 μm sedimentují na zemský povrch v průběhu několika hodin, zatímco částice nejjemnější (menší než 1 μm) mohou v atmosféře setrávat týdny, než jsou mokrou depozicí odstraněny (IRZ, 2020).

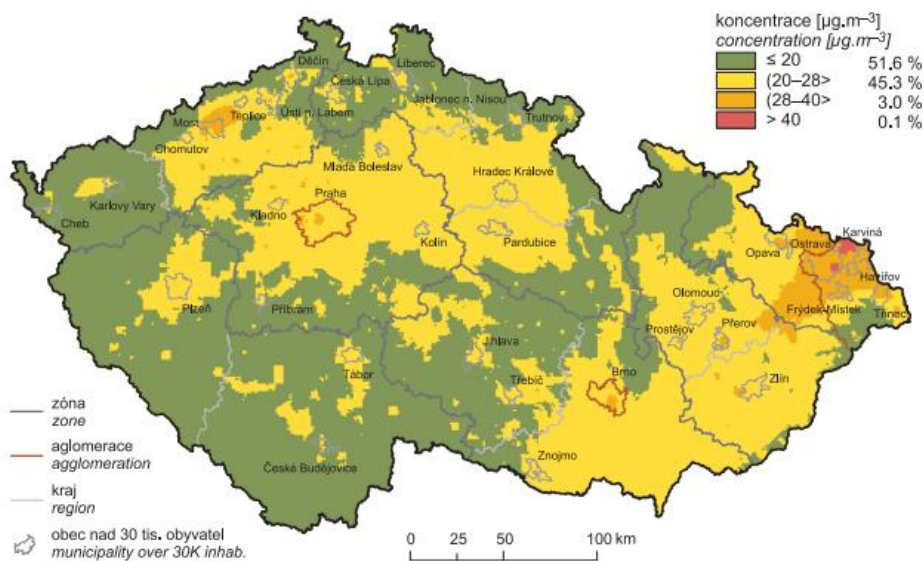
Chemické složení aerosolu je různorodé. Koncentrace kovů na aerosolových částicích s ohledem na velikostní distribuci aerosolu jsou značně proměnlivé a závisí na ročním období, meteorologických podmínkách, umístění posuzované lokality, dálkovém transportu a emisních zdrojích (Vojtěšek et al. 2009). V zimním období a na jaře je většina obsažených kovů v prašných částicích antropogenního původu, v letním období a na podzim naopak původu přírodního. Mezi nejčastější příměsi prašných částic patří hliník, křemík, kadmium, zinek nebo olovo. Prašné částice z různých zdrojů mají různé příměsi, například zplodiny z průmyslových zdrojů vykazují zvýšené množství zinku, chromu, arsenu, zplodiny z ohňostrojů obsahují zvýšené množství mědi, olova nebo draslíku, prašné částice ze spaloven obsahují železo, hliník, nikl nebo mangan. Prašný aerosol může také sloužit jako absorpční médium pro těkavé organické látky (IRZ, 2020). Obsah kovů, přítomnost polycyklických aromatických uhlovodíků a dalších organických složek jako jsou endotoxiny, zvyšuje toxicitu prašných částic (Kampa & Castanas, 2008).

Atmosférická depozice je považována za jeden z hlavních zdrojů kontaminace půdy rizikovými prvky, které jsou charakteristické svým dlouhým přetrváním ve vrchních vrstvách půdy (Modlingerová et al. 2012). Jejich obsah v horních vrstvách proto může být indikátorem atmosférické depozice v městských částech. Do půdy se rizikové prvky jako kadmium, měď, olovo a zinek dostávají zejména intenzivní dopravou. Plošný obsah mědi, olova, chromu a zinku je zvýšený především v okolí vysoce frekventovaných silnic a dálnic, který se se zvyšující vzdáleností snižuje. Existují druhy rostlin, které jsou schopné absorbovat rizikové prvky, jsou to například houby, lišejníky, mechorosty a některé vyšší rostliny. Modlingerová et al. (2012) provedli pokus, jehož cílem bylo popsat úsek frekventované dálnice s ohledem na fyzikálně-chemické parametry půdy, obsah rizikových prvků v půdě včetně jejich mobility a absorpci prvků vybranými druhy rostlin. Jako vzorkovací plocha byla vybrána dálnice R6 z Prahy do Karlových Varů, především její kilometrový úsek mezi obcemi Malé Přítočno a Pletený Újezd ve směru z Prahy. Výsledkem pokusu bylo zjištění, že se v půdě podle vzdálenosti od krajnice objevoval různý obsah rizikových prvků, ale nebyl překročen jejich přípustný limit. Ani obsah rizikových prvků zjištěný v rostlinách nepřekračoval povolené limity, tudíž rostliny nebyly nevhodné pro pasoucí se zvířata a tedy nebyl prokázán jednoznačný účinek intenzivního provozu na kontaminaci půdy a rostlin v okolí dálnice.

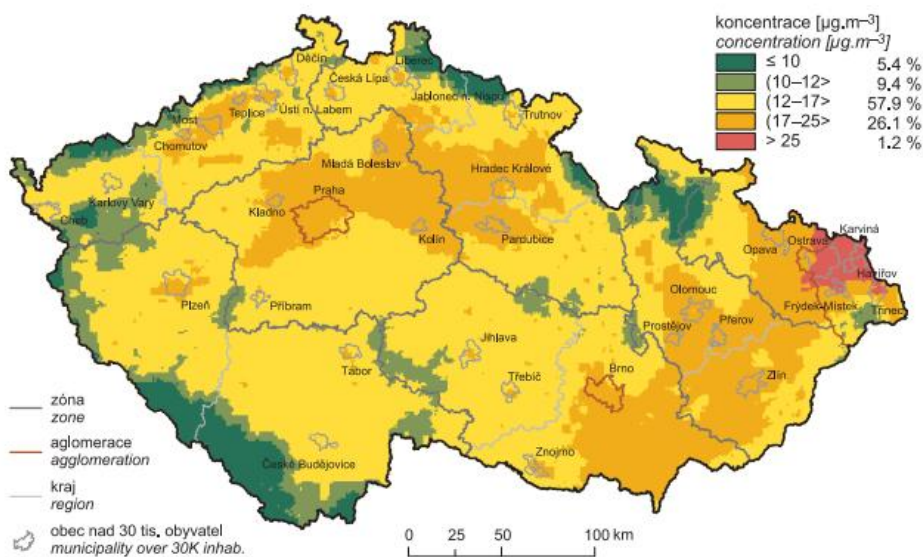
Účinek částic závisí na jejich velikosti, tvaru a chemickém složení (SZÚ, 2003, 2004). Klíčovou roli pro ukládání a průnik v dýchacích cestách hraje velikost částice. V horních dýchacích cestách jsou zachyceny větší částice, do dolních cest dýchacích pronikají částice frakce PM_{10} . Částice označené jako frakce $PM_{2,5}$ pronikají do průdušinek, nejjemnější submikrometrická frakce až do plicních sklípků (SZÚ, 2018). Zvláště zranitelnou skupinou jsou malé děti, jejichž obranné mechanismy dosud nejsou plně vyvinuty a dýchání je relativně intenzivnější, než u dospělých (Polášková, 2011). Částice dráždí sliznici dýchacích cest, dochází ke zvýšené produkci hlenu. Recidivující akutní zánětlivá onemocnění mohou vést ke vzniku chronického zánětu průdušek a chronické obstrukční nemoci plic s následným přetížením pravé srdeční komory a oběhovým selháváním (SZÚ, 2014).

Prašné částice mohou ovlivňovat zelené rostliny buď ukládáním na nadzemní biomasu, kde může dojít k průniku kontaminantu povrchem listu, nebo nepřímo půdou – interakcí kořeny (Tremlová et al. 2012). Mezi negativní účinky, které mají prašné částice na rostliny, patří především blokování světla a mění se teplota v listech rostlin, dále může docházet ke snížení obsahu chlorofylu a zvýšení obsahu kyseliny askorbové v listech. Je prokázáno, že prašné částice mají negativní účinky na hlávkový salát. Pavlík et al. (2012) došli k závěru, že kontaminace listů hlávkového salátu ovlivňuje metabolismus rostliny nejen stopovými prvky z prašných částic, ale jejich toxický účinek byl zesílen, pokud byly listy ve stínu. Účinek prašných částic na rostliny je ovlivňován také obsahem rizikových prvků. Intenzita kontaminace půdy a rostlin závisí na vzdálenosti zdroje kontaminace (Žalud et al. 2012). Hlavním zdrojem rizikových prvků pro rostliny je prostředí růstu, tj. půda nebo půdní roztok. Schopnost jednotlivých rostlin absorbovat rizikové prvky je stanovena druhem rostliny a / nebo jejím genotypem (Žalud et al. 2012). Rizikové prvky jsou odebírány kořeny a následně dopravovány do listů.

Dle přílohy č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší jsou v Česku stanovené imisní limity pro ochranu zdraví lidí PM_{10} na hodnotě $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za hodinu (smí být překročena za kalendářní rok maximálně 35-krát) a $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendářní rok, limit pro $PM_{2,5}$ je na hodnotě $20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ za kalendářní rok. Průměrné roční koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$ za rok 2018 zobrazuje obrázek č. 9 a obrázek č. 10.



Obr. 9 Roční průměrné koncentrace PM_{10} v roce 2018, zdroj: ČHMÚ 2019



Obr. 10 Roční průměrné koncentrace $\text{PM}_{2,5}$ v roce 2018, zdroj: ČHMÚ, 2019

3.2.4 Benzo[a]pyren

Benzo[a]pyren řadíme do skupiny polycyklických aromatických uhlovodíků. Polycyklické aromatické látky jsou velká skupina organických sloučenin se dvěma nebo více kondenzovanými aromatickými (benzenovými) kruhy (WHO, 2010). Existují tisíce sloučenin polycyklických aromatických uhlovodíků, z nichž každá se liší počtem a polohou aromatických kruhů a polohou substituentů na základním kruhovém systému (Eisler, 2007). Mezi hlavní zdroje patří především spalování fosilních paliv, výroba energie, spalování odpadů, lesní požáry nebo například tabákový a cigaretový kouř. Polycyklické aromatické uhlovodíky jsou karcinogenními, teratogenními, ale i mutagenními látkami. Mají schopnost přetrvávat v prostředí, kumulují se ve složkách životního prostředí a v živých organismech, jsou lipofilní a vyznačují se řadou nežádoucích zdravotních účinků (SZÚ, 2003, 2004). Patří mezi endokrinní disruptory, ovlivňují porodní váhu a růst plodu. Působí imunosupresivně,

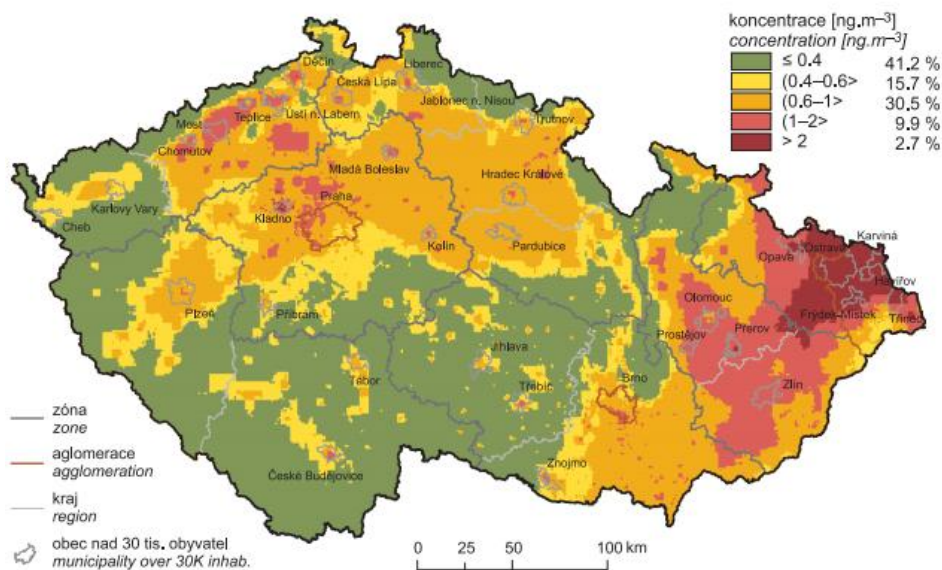
snížením hladin IgG (Imunoglobulin G) a IgA (Imunoglobulin A) (SZÚ, 2014). Některé polycyklické aromatické uhlovodíky patří mezi nejúčinnější karcinogeny, které produkují tumory v některých organismech již po jedné expozici mikrogramovým množstvím (Eisler, 2007).

Benzo[a]pyren je žlutá krystalická látka dobře rozpustná v tucích. Sám o sobě nemá žádné využití, nejčastěji vzniká jako vedlejší produkt v průmyslových výrobcích. Jak už bylo zmiňováno, i benzo[a]pyren vzniká spalováním fosilních paliv, přirozenými zdroji jsou lesní požáry nebo sopečná činnost. Je považován za obvyklý kontaminant vnitřních prostor a to především kvůli cigaretovému kouři. V atmosféře se chová poměrně stabilně, pokud je navázán na pevné částice, je zde možnost přenosu na delší vzdálenosti. V případě kontaminace půdy nedochází k prosaku do podzemních vod, je pevně vázán. Do organismů se dostává dýchací a trávicí soustavou, v některých případech kožním přenosem.

Bylo prokázáno, že polycyklické aromatické uhlovodíky včetně benzo[a]pyrenu obsahuje i mateřské mléko. Ve světě bylo provedeno již několik studií, například v USA, Číně, Itálii nebo Turecku, v České republice šlo vůbec o první studii. Cílem studie bylo porovnání vzorků mateřského mléka od žen z Českých Budějovic a z Karviné v letním a zimním období. Pulkrabová et al. (2016) se zabývali ve 324 vzorcích 24 různými polycyklickými aromatickými uhlovodíky. Do studie byly zapojeny nekuřačky ve věku od 19 do 44 let a mléko jim bylo odebíráno ráno tři dny po porodu. Výsledkem bylo, že ze zmiňovaných 24 druhů polycyklických aromatických uhlovodíků jich bylo 17 analyzováno alespoň v jednom vzorku. Benzo[a]pyren byl detekován pouze v 19 analyzovaných vzorcích a tvořil zhruba 0,4% z celého množství polycyklických aromatických uhlovodíků (Pulkrabová et al. 2016). Množství polycyklických aromatických uhlovodíků v letním období bylo téměř totožné, naopak v zimním období bylo množství vyšší u žen z Karviné. Pulkrabová et al. (2016) dále uvádějí, že kojení tvoří 30-95 % z celkové expozice kojenců polycyklickým aromatickým uhlovodíkům.

Drwal et al. (2019) uvádějí, že při expozici těhotných žen může docházet k průchodu polycyklických aromatických uhlovodíků přes placentu, což může ovlivnit vývoj plodu (nízká porodní váha a délka, zvýšené riziko, že se dítě narodí mrtvé), nebo může dojít ke změnám, které se projeví až v dětství (plicní dysfunkce, respirační onemocnění, astma) nebo v dospělosti (srdeční onemocnění, cukrovka, rakovina).

Dle přílohy č. 1 k zákonu č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší jsou v Česku stanovené imisní limity pro celkový obsah znečišťujících látek v částicích PM₁₀ pro ochranu zdraví lidí na hodnotě 1 ng.m⁻³ za kalendářní rok. V roce 2018 překročily roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu imisní limit (1 ng.m⁻³) na téměř 56 % stanic (tj. na 22 z celkového počtu 39 stanic s dostatečným počtem naměřených dat pro hodnocení (ČHMÚ, 2019). Průměrné roční koncentrace benzo[a]pyrenu za rok 2018 zachycuje obrázek č. 11.



Obr. 11 Roční průměrné koncentrace benzo[a]pyrenu v roce 2018, zdroj: ČHMÚ, 2019

3.3 Hlavní antropogenní zdroje znečištění v Kladně

3.3.1 O Kladně a jeho okolí

Statutární město Kladno ve stejnojmenném okrese leží ve Středočeském kraji, konkrétně na jeho severozápadě. Okres Kladno tvarem připomíná nepravidelný čtyřúhelník, ze všech stran je obklopený jinými regiony (viz obrázek č. 12). Na východě rovinatým Mělnickem a příměstskou oblastí okresu Praha-západ, na jihu malebným Berounskem, na západě lesnatým Rakovnickem a na severu podřipskou částí Litoměřicka a okresem Louny (Ústecký kraj) (ČSÚ, 2020). Co se týká rozlohy (720 km²), patří mu 9. příčka z celého kraje, v počtu obyvatel (165,3 tisíce) zaujímá 2. příčku. Od reformy veřejné správy z 1. ledna 2003 se okres člení na 2 správní obvody obcí s rozšířenou působností (Kladno, Slaný) a 4 správní obvody obcí s pověřeným obecním úřadem (Kladno, Slaný, Unhošť, Velvary) (ČSÚ, 2020).

Kladno se nachází zhruba 25 km severozápadně od Prahy, jeho geografická poloha je 50°08'51" severní šířky a 14°06'12" východní délky (Město Kladno, 2008). Město je rozděleno do 7 katastrálních území, tj. Kladno, Rozdělův, Kročehlavy, Dubí, Vrapice, Hnidousy a Motyčín.



Obr. 12 Okresy ve Středočeském kraji, zdroj: ČSÚ, 2020

První písemné zmínky o Kladně pocházejí z počátku 14. století, kdy je v pozůstatcích shořelých Desek zemských uváděn Vrchota z Kladna (k r. 1318) (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2007). Ves byla ve vlastnictví rodu Kladenských z Kladna, po jeho vymření v roce 1543 ves spadla do vlastnictví rytířského rodu Žďárských ze Žďáru. Jiří Žďárský se v roce 1561 zasloužil o povýšení Kladna na samosprávné městečko, v jehož znaku byl modrý štít s polovinou stříbrné orlice a rysem v přirozených barvách (Kladno živě, 2016). Jiřího synovec Ctibor Tiburci (1545-1615), karlštejnský purkrabí, místodržitel, soudce a císařský rada, založil v Kladně školu (1588), lazaret, chudobinec a rozšířil práva společného řemeslnického cechu (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2007). Kolem roku 1610 mělo Kladno 39 domů, z toho 29 na rynku, zbytek na třech předměstích (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2007). Kolem nich byla postavena opuková zeď s třemi branami (Pražskou, nazývána též Rakovnickou, Unhošťskou a Slánskou). Dne 7. listopadu 1620 bylo císařskými vojáky, táhnoucími k Bílé hoře, Kladno z 70% vypáleno (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2007). Velkovévodkyně Toskánská, Anna Marie Františka, městečko zakoupila v roce 1701, ale v roce 1705 ho přeproдалa mnišskému řádu benediktinů z Břevnovského kláštera, který jej vlastnil až do roku 1848.

Kolem poloviny 19. století nastal bouřlivý přerod zemědělského městečka a jeho okolí v důležitou průmyslovou oblast Čech rozvojem těžby uhlí a hutnictví (Město Kladno, 2008). V roce 1830 byla uvedena do provozu koňská dráha pro převoz dřeva (Kladno živě, 2016). Tato doba byla pro městečko stěžejní, došlo k jeho rozšiřování a díky přílivu přichozích pracovníků se několikanásobně zvýšil počet jeho obyvatel. Nejen díky rozšiřování, ale i díky rozvíjení ekonomiky bylo Kladno v roce 1870 povýšeno na město. Závěrem předminulého století, roku 1898, byl Kladnu udělen čestný titul „královského horního města“ a v předvečer první světové války roku 1914 císař František Josef I. polepšil znak města o symboly hornictví – zkřížená stříbrná kladívka ovinutá zlatou stuhou (Město Kladno, 2008).

Koncem devatenáctého století Kladno začalo budovat infrastrukturu a přibývalo veřejných budov. Na podzim roku 1918 byl v Kladně ustanoven Národní výbor a četné skupinky kladenských podpořily vznik republiky.

Město Kladno se stále zvětšovalo a jeho prosperita rostla až do března 1939, do nacistické okupace. Kladenské gestapo bylo jedním z iniciátorů vyplenění obce Lidice, jejího srovnání se zemí, zavraždění lidických mužů a odvezení lidických žen a jejich dětí do koncentračních táborů či k převýchově (Město Kladno, 2008). Posledním místem před transportem byla budova kladenského gymnázia. Ve válečném období v roce 1941 se území Kladna sloučilo s obcemi Kročehlavy, Rozdělov, Dubí, Dřín a Újezd, v roce 1950 s obcí Vrapice a v roce 1980 s obcí Švermov (Kladno živě, 2016).

Po válce se i v Kladně projevila doba totality. Rozvoj města byl určován extenzivními směry, tj. přílivem pracovních sil, nemajících k městu jakýkoliv vztah, výstavbou unifikovaných, monstrózních a odcizených sídlišť a zruďnou snahou o fyzické vymazání původní zástavby centra města (Město Kladno, 2008). Během šedesátých a sedmdesátých let 20. století v Kladně přibývaly kulturní budovy a budovy pro volný čas, sportoviště, ale zapomínalo se na životní prostředí, které bylo značně poškozeno těžkým průmyslem, a na infrastrukturu. Po neúspěšné privatizaci podniků po pádu socialismu došlo k ukončení provozu dříve prosperujících firem a do dnešní doby se město potýká s ekologickými a ekonomickými následky (Kladno živě, 2016).

3.3.2 Průmysl

Životní prostředí v Kladně a jeho okolí bylo výrazně ovlivněno průmyslem, který je pro Kladno neodmyslitelnou součástí. Jedná se hlavně o hutnický průmysl, jehož počátky se datují ve druhé polovině 19. století. Významný nález uhlí Janem Váňou v oblasti Dříně roku 1846 přilákal na Kladno významné podnikatelské osobnosti v čele s českobudějovickým průmyslníkem Vojtěchem Lannou, který se společně s bratry Kleinovými založil roku 1848 Kladenské kamenouhelné těžárstvo, které v následujících desetiletích otevřelo v Kladně i jeho okolí mnoho nových těžebních polí (Město Kladno, 2008). První vzniklá huť se jmenovala podle zakladatele Vojtěcha Lanny Vojtěšská, jako vůbec první huť zapálila vysokou pec na koks. V roce 1857 byla spojením jejich Kamenouhelného těžárstva s Kladenským železářským těžárstvem (existujícím od roku 1854) a přistoupením několika dalších podílníků založena Pražská železářská společnost (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2020). Kladenská mostárna vyrobila desítky mostních konstrukcí pro železniční tratě i k překlenutí vodních toků. Dodávala pro Buštěhradskou dráhu, dráhu Františka Josefa, přemostila Berounku u Karlštejna i na mnoha místech dalších, její nejimpozantnější výrobek však představovala konstrukce jiná, střešní kopule a strop, které dodnes kryjí Národní divadlo v Praze (Kovařík).

Další důležitou osobností pro rozvoj průmyslu byl Karl Wittgenstein, jemuž Pražská železářská společnost procházející krizí, nabídla roku 1886 pozici hlavního ředitele. S Wittgensteinem přišla do Kladna éra modernizace a racionalizace, což se projevilo i

v obsazení míst ředitelů jednotlivých částí PŽS (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2020). Kladenské uhlí nebylo vhodné ke koksování, bylo nutné dovážet levnější koks především z Vestfálska a Ostravska. Hlavním produktem kladenské výroby bylo válcované zboží. Wittgenstein zjistil, že na českém železářském trhu chybějí kvalitní nástrojové oceli na jemnou mechaniku, stroje, kosy a pilníky a musejí se draze dovážet ze Štýrska, Německa a Anglie (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2020). Wittgenstein se rozhodl, že na tyto oceli postaví huť a jako místo zvolil Kladno, které mělo dostatek kvalifikovaných a zaučení schopných pracovníků, dopravní spojení, přivaděče vody, vsázkový materiál (což byl čistý odpad uhlíkových ocelí, nejlépe odpad z válcoven) (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2013). V roce 1889 stála Poldina huť, pojmenována po manželce Karla Wittgensteina. V roce 1903 se její ochrannou známkou stal profil ženské hlavy s pěticípou hvězdou ve vlasech (symbolem pěti světadílů, kam se kladenská ocel vyvážela) (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2013). Poldina huť se od svých počátků zabývala výrobou pro zbrojní průmysl (panciře, ocelové střely), ale i ocelí pro břity a řezné nástroje. V roce 1910 si Poldina huť patentovala jednu z prvních nerezavějících ocelí na světě POLDI ANTICORRO (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2020). Z rychlořezných ocelí se vyráběly různé předměty, kamenické a sklářské nástroje, potravinářské nože, nůžky na plech. V provozu elektromechanické dílny Rohrwerk vznikla první mlékárenská automobilová cisterna, v části Apparatenbau vznikaly prvky pro stavby – rámy výkladních skříní, mříže nebo zábradlí. Mimořádnou zakázkou byla výroba mříže a závěsné konstrukce vitráží a malovaných oken pro Muzeum Jana Amose Komenského v nizozemském Naardenu (Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně, 2020). Poldina huť expandovala, obchodní zastoupení měla v 39 zemích světa již ve 30. letech 20. století. Expanzi zastavila druhá světová válka, huť měla za úkol především zajistit dodávky oceli pro zbrojní průmysl.

Poválečné zestátnění těchto subjektů a spojení v hutní gigant Poldi zajišťovalo pracovní příležitosti pro významnou část obyvatel Kladna i okolí, avšak již v této době se projevily první známky neefektivity i velikášství v rozvoji podniku. Je smutnou skutečností, že jedna z nejméně povedených privatizací po roce 1989 v České republice postihla právě společnost Poldi (Město Kladno, 2008).

3.3.3 Zdroje znečišťování

Mezi jednoho z největších znečišťovatelů životního prostředí patří jednoznačně kladenská elektrárna. Počet emisí v tunách za rok 2018 zachycuje tabulka č. 1 a počet emisí v tunách za rok 2017 tabulka č. 2.

Tabulka č. 1 Emise ALPIQ Generation (CZ) s.r.o. – Elektrárna Kladno I v tunách za rok 2018, Zdroj: ČHMÚ, 2020

| | |
|------------------------------------|-------------|
| Tuhé znečišťující látky | 34,041 |
| Oxid siřičitý | 1 839,071 |
| Oxidy dusíku | 1 126,949 |
| Polycyklické aromatické uhlovodíky | 0,001036545 |

Tabulka č. 2 Emise ALPIQ Generation (CZ) s.r.o. – Elektrárna Kladno II v tunách za rok 2017, Zdroj: ČHMÚ, 2020

| | |
|-------------------------|-------|
| Tuhé znečišťující látky | 0,001 |
| Oxid siřičitý | 0,005 |
| Oxidy dusíku | 0,030 |

Mezi další znečišťovatele, jejichž počet emisí je poměrně velký, můžeme zařadit firmy Keihin Thermal Technology Czech, s.r.o., KOMPEK, kombinát pekařské a cukrářské výroby s.r.o., KOVOŠROT Group CZ, Miroslav Karas – DESTRO, Strojírny Poldi a.s. a TRINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. – Sochorová válcovna.

Keihin Thermal Technology Czech, s.r.o. – firma sídlící na okraji města Kladna, výrobce kondenzátorů automobilové klimatizace. Počet emisí za rok 2018 udává tabulka č. 3.

Tabulka č. 3 Emise Keihin Thermal Technology Czech, s.r.o. v tunách za rok 2018, Zdroj: ČHMÚ, 2020

| | |
|-------------------------|-------|
| Tuhé znečišťující látky | 0,345 |
| Oxid siřičitý | 0,663 |
| Oxidy dusíku | 1,105 |

KOMPEK, kombinát pekařské a cukrářské výroby s.r.o. – rodinná pekárna sídlící v centru města. Emise za rok 2018 zachycuje tabulka č. 4.

Tabulka č. 4 Emise KOMPEK, kombinát pekařské a cukrářské výroby s.r.o. - Kladno v tunách za rok 2018, Zdroj: ČHMÚ, 2020

| | |
|-------------------------|-------|
| Tuhé znečišťující látky | 0,020 |
| Oxid siřičitý | 0,010 |
| Oxidy dusíku | 0,931 |

KOVOŠROT Group CZ – společnost zabývající se nákupem, prodejem a zpracováním odpadů (papír, plast, autovraky, barevné kovy, šrot). Emise v tunách za rok 2018 udává tabulka č. 5.

Tabulka č. 5 Emise KOVOŠROT Group CZ v tunách za rok 2018, Zdroj: ČHMÚ, 2020

| | |
|-------------------------|-----|
| Tuhé znečišťující látky | 1,7 |
|-------------------------|-----|

Miroslav Karas – DESTRO – společnost vyrábějící stavební materiály a zároveň společnost recyklující stavební a demoliční odpady. Emise za rok 2018 najdeme v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6 Emise Miroslav Karas – Destro v tunách za rok 2018, Zdroj: ČHMÚ, 2020

| | |
|-------------------------|-------|
| Tuhé znečišťující látky | 5,584 |
|-------------------------|-------|

Strojírny Poldi, a.s. – strojírenská společnost vyrábějící klikové hřídele, válce a nástroje, firma sídlí v blízkosti bývalé průmyslové zóny. Emise v tunách za rok 2018 zobrazuje tabulka č. 7.

Tabulka č. 7 Emise Strojírny Poldi, a.s. v tunách za rok 2017, Zdroj: ČHMÚ, 2020

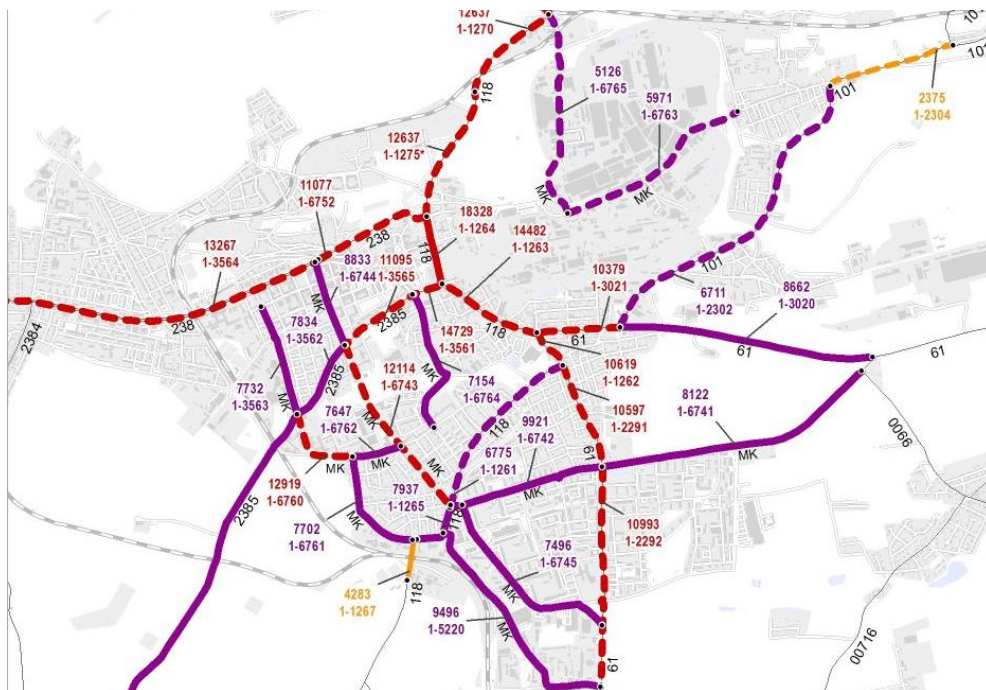
| | |
|-------------------------|-------|
| Tuhé znečišťující látky | 0,285 |
| Oxid siřičitý | 0,007 |
| Oxidy dusíku | 0,077 |

TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. – Sochorová válcovna – strojírenská společnost obchodující a zpracující hutní materiál. Emise v tunách za rok 2018 ukazuje tabulka č. 8.

Tabulka č. 8 Emise TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, a.s. – Sochorová válcovna v tunách za rok 2017, Zdroj: ČHMÚ, 2020

| | |
|-------------------------|--------|
| Tuhé znečišťující látky | 0,227 |
| Oxidy dusíku | 39,944 |

Důležitou roli kromě podniků a firem zatěžujících životní prostředí hraje i městská doprava. Kromě automobilové dopravy se výrazně znásobila kapacita autobusové dopravy a to především díky sloučení s Pražskou integrovanou dopravou. Obrázek č. 13 zobrazuje sčítání dopravy v Kladně za rok 2016. Z obrázku je patrné, že ve městě převládají místní komunikace, ale je zde 5 silnic ve vlastnictví Ředitelství silnic a dálnic. Jsou to silnice I. třídy č. 61, II. třídy č. 101, č. 118 a č. 238 a silnice III. třídy č. 2385. Všechny tyto silnice tvoří důležité dopravní tepny, příjezdové i výjezdové, např. silnice I. třídy č. 61 je příjezdová cesta z dálnice D6, naopak výjezdová na dálnici D7 a naopak. Z obrázku vyplývá, že nejčastější intenzity měření dosahovaly hodnot 5 001 – 7 000 vozů/24 hodin (přerušovaná fialová čára), 7 001 – 10 000 vozů/24 hodin (plná fialová čára) a 10 001 – 15 000 vozů/24 hodin (přerušovaná červená čára). Na obrázku jsou dále 3 úseky, které měly menší intenzitu. Jedná se o úsek silnice II. třídy č. 101 v městské části Dubí s intenzitou dopravy 1 001 – 3 000 vozů/24 hodin (přerušovaná žlutá čára), úsek silnice II. třídy č. 118 v horní části města s intenzitou dopravy 3 001 – 5 000 vozů/24 hodin (plná žlutá čára) a druhý úsek silnice II. třídy č. 118 v centru města s nejvyšší intenzitou dopravy 15 001 – 25 000 vozů/24 hodin (plná červená čára).

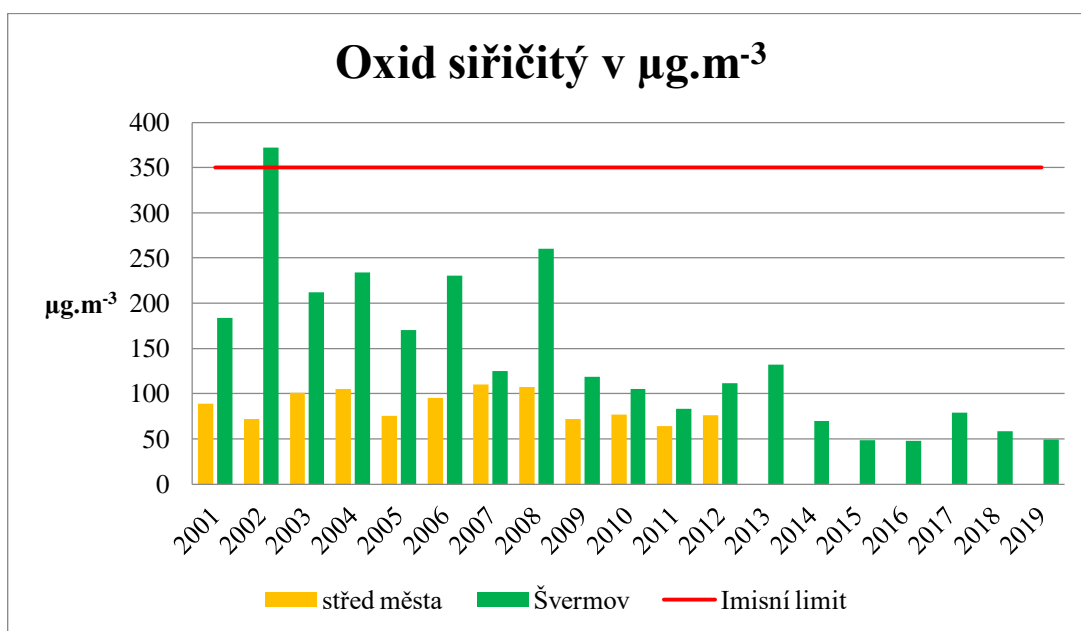


Obr. 13 Výsledky sčítání dopravy dálniční a silniční sítí ČR v roce 2016. Zdroj: Ředitelství silnic a dálnic, 2016

3.4 Vývoj ovzduší v Kladně

Ke zhodnocení kvality ovzduší v Kladně a jeho okolí byly vybrány 3 měřicí stanice napříč městem – v jeho středu a v městských částech Švermov a Rozdělov. Stanice ve středu města se nachází v sídlišti blízko méně frekventované silnice, stanice ve Švermově je na náměstí poblíž bytové zástavby, stanice v Rozdělově byla umístěna v uzavřeném areálu vodárny. Do grafů byly zaneseny nejvyšší naměřené hodnoty na stanicích za celý konkrétní rok, u benzo[a]pyrenu průměrné hodnoty. Téměř všechny hodnoty byly naměřeny v otopném období. Otopné období začíná 1. září a končí 31. května následující roku (Vyhláška č. 194/2007 Sb.).

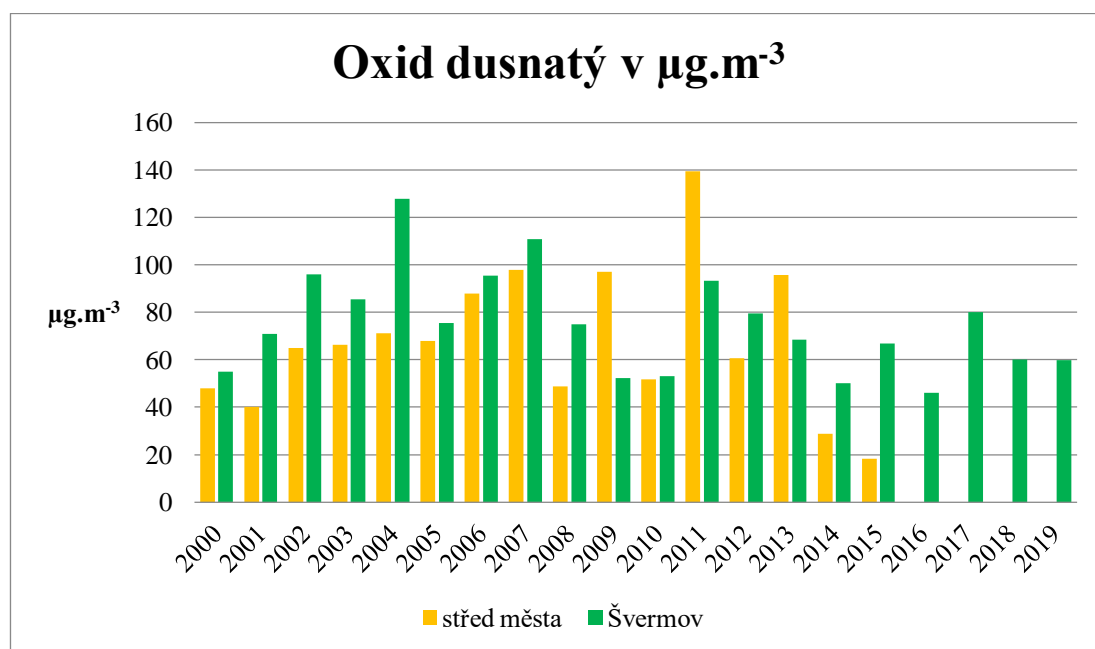
3.4.1 Oxid siřičitý



Graf č. 1 Nejvyšší naměřené hodinové hodnoty oxidu siřičitého v µg.m⁻³

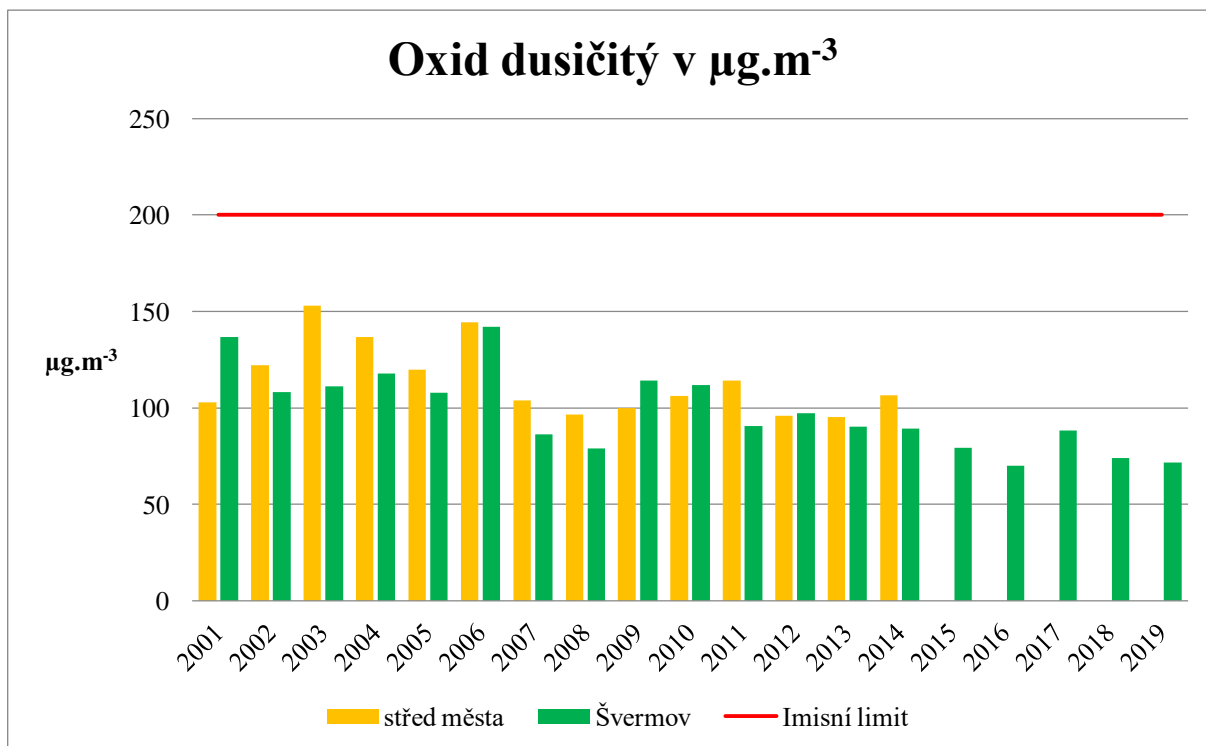
Vývoj měření hodnot oxidu siřičitého zobrazuje graf č. 1. Z něj je patrné, že na stanici ve středu města docházelo k cyklu střídání poklesu a nárůstu hodnot. Nejnižší hodnota 64,4 µg.m⁻³ byla naměřená rok před ukončením provozu stanice, tedy v roce 2011, nejvyšší v roce 2007 110,2 µg.m⁻³. Stanice ve Švermově zaznamenala větší výkyvy, v roce 2002 došlo k překročení imisního hodinového limitu 350 µg.m⁻³. Pro oxid siřičitý je stanovený ještě denní imisní limit a to 125 µg.m⁻³. V případě emisí SO₂ byl většinovým producentem sektor veřejné energetiky a výroby tepla (51,7 %) (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2019). Od roku 2009 se hodnoty nedostaly přes 150 µg.m⁻³, od roku 2013 ani přes 100 µg.m⁻³. S tímto trendem poklesu souhlasí i Zpráva o životním prostředí České republiky, která říká, že v meziročním srovnání roku 2013 a 2014 byl evidován pokles emisí okyselujících látek o 4,1 %. K tomuto poklesu nejvíce přispělo snížení emisí SO₂, a to o 9,0 % (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2015).

3.4.2 Oxidy dusíku



Graf č. 2 Nejvyšší naměřené roční hodnoty oxidu dusnatého v $\mu\text{g.m}^{-3}$

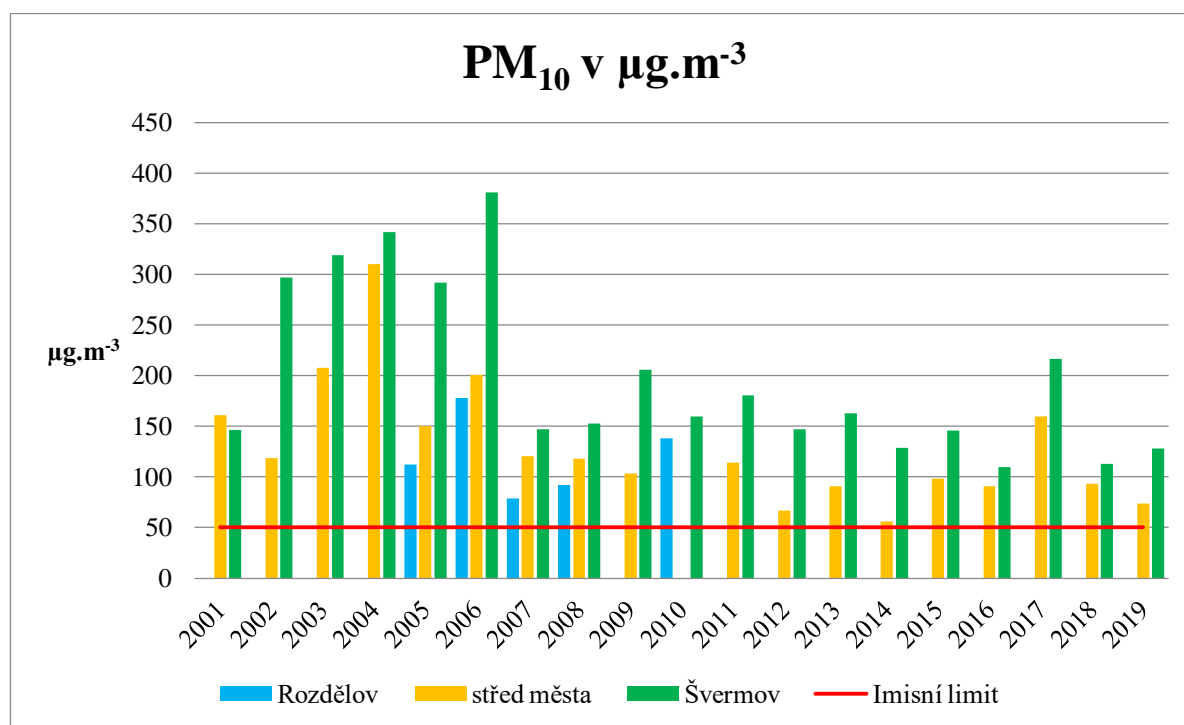
Dle grafu č. 2 hodnoty ve středu města od počátku tisíciletí postupně narůstaly, od roku 2008 došlo k cyklu poklesu a nárůstu, což vygradovalo v roce 2011 k nejvyšší naměřené hodnotě $139,3 \mu\text{g.m}^{-3}$, od té doby se hodnoty nedostaly přes $100 \mu\text{g.m}^{-3}$, nejnižší naměřená hodnota za celé měření byla v roce 2015 $18,4 \mu\text{g.m}^{-3}$. Naopak u měření ve Švermově docházelo k pravidelným výkyvům, ke střídání poklesu a nárůstu docházelo téměř každý rok. Hodnoty z let 2018 a 2019 jsou oproti nejvyšší hodnotě $127,1 \mu\text{g.m}^{-3}$ z roku 2004 bezmála dvojnásobně menší. Nejmenší naměřená hodnota je z roku 2016 $46,1 \mu\text{g.m}^{-3}$. Pro samotný oxid dusnatý nejsou stanoveny imisní limity. Zdrojem emisí oxidů dusíku jsou chemicko-technologické procesy a spalování paliv. V roce 2013 pocházely zejména z veřejné energetiky a výroby tepla (34,9 %), výrazným zdrojem emisí NO_x je dlouhodobě také sektor dopravy (v roce 2013 celkově 21,9 %) a spalovací procesy v sektoru služeb, domácností a zemědělství (23,7 % v roce 2013) (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2015).



Graf č. 3 Nejvyšší naměřené hodinové hodnoty oxidu dusičitého v $\mu\text{g.m}^{-3}$

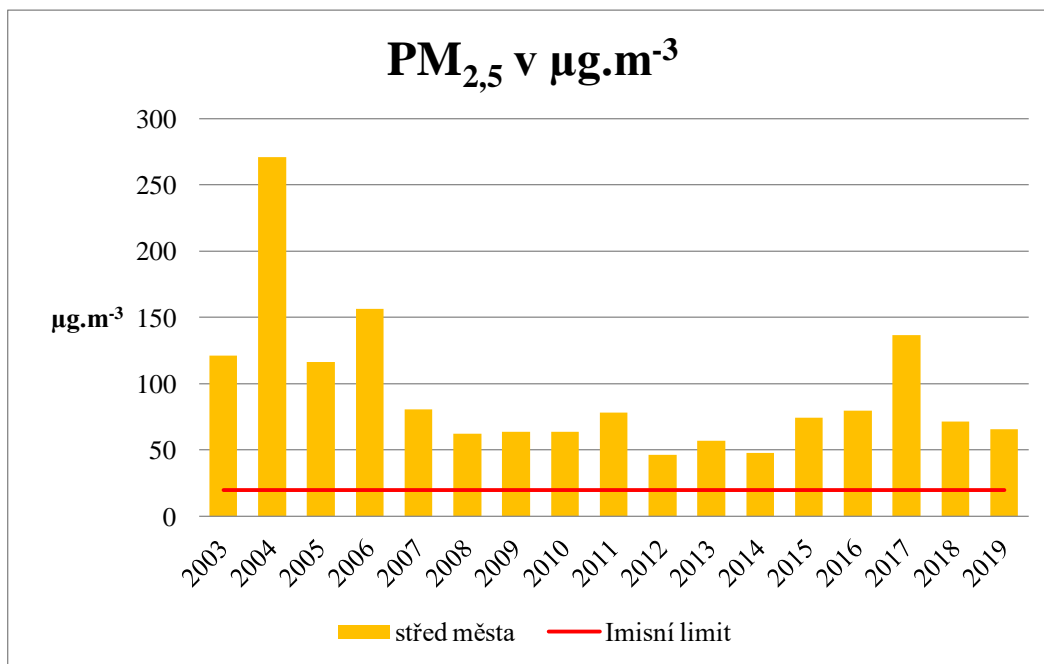
Jak ukazuje graf č. 3, hodnoty oxidu dusičitého se pohybovaly na přibližně stejných hodnotách na obou stanicích, nedocházelo ani k velkým výkyvům ani poklesům. Nejvyšší naměřená hodnota ve středu města je z roku 2003 $153 \mu\text{g.m}^{-3}$, nejnižší naopak z roku 2013 $95,3 \mu\text{g.m}^{-3}$. Nejvyšší naměřená hodnota ve Švermově byla $142,1 \mu\text{g.m}^{-3}$ v roce 2006, nejnižší v roce 2016 $70 \mu\text{g.m}^{-3}$. Imisní hodinový limit $200 \mu\text{g.m}^{-3}$ nebyl ani jednou překročen, pro oxid dusičitý je stanovený ještě imisní roční limit $40 \mu\text{g.m}^{-3}$. Dlouhodobé snižování emisí NOx souvisí také s poklesem těchto emisí z dopravy, zejména v důsledku postupné, i když pomalé modernizace a obměny vozového parku, a také vlivem poklesu emisní náročnosti dopravy (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2016). Poslední větší nárůst byl zaznamenán v roce 2017. U emisí NOx byla v roce 2017 hlavním zdrojem doprava (32,3 %) a také sektor veřejné energetiky a výroby tepla (25,7 %) (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2019).

3.4.3 Prašné částice



Graf č. 4 Nejvyšší naměřené denní hodnoty prašných částic PM₁₀ v µg.m⁻³

Jak je patrné z grafu č. 4, denní imisní limit pro PM₁₀ je na hodnotě 50 µg.m⁻³. Tento limit byl každoročně na všech třech stanicích několikanásobně překročen. Kromě denního limitu je pro PM₁₀ stanoven ještě limit roční, který je 40 µg.m⁻³. K většímu nárůstu zněčištění na stanici ve středu města i Švermově došlo v posledních letech v roce 2017, od roku 2013 se hodnoty přehouply přes 150 µg.m⁻³, jinak docházelo k poklesu. Snížení emisí PM₁₀ souvisí stejně jako u prekurzorů se zaváděním BAT technologií ve spalovacích zařízeních, dále se do produkce promítá průmyslová výroba spojená se stavebními pracemi (např. cementárny) (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2014). U všech stanic docházelo k výkyvům v měření. V současné době jsou meziroční výkyvy dány zejména meteorologickými podmínkami a v zimní části roku jsou spojeny zejména s inverzním charakterem počasí (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2018).

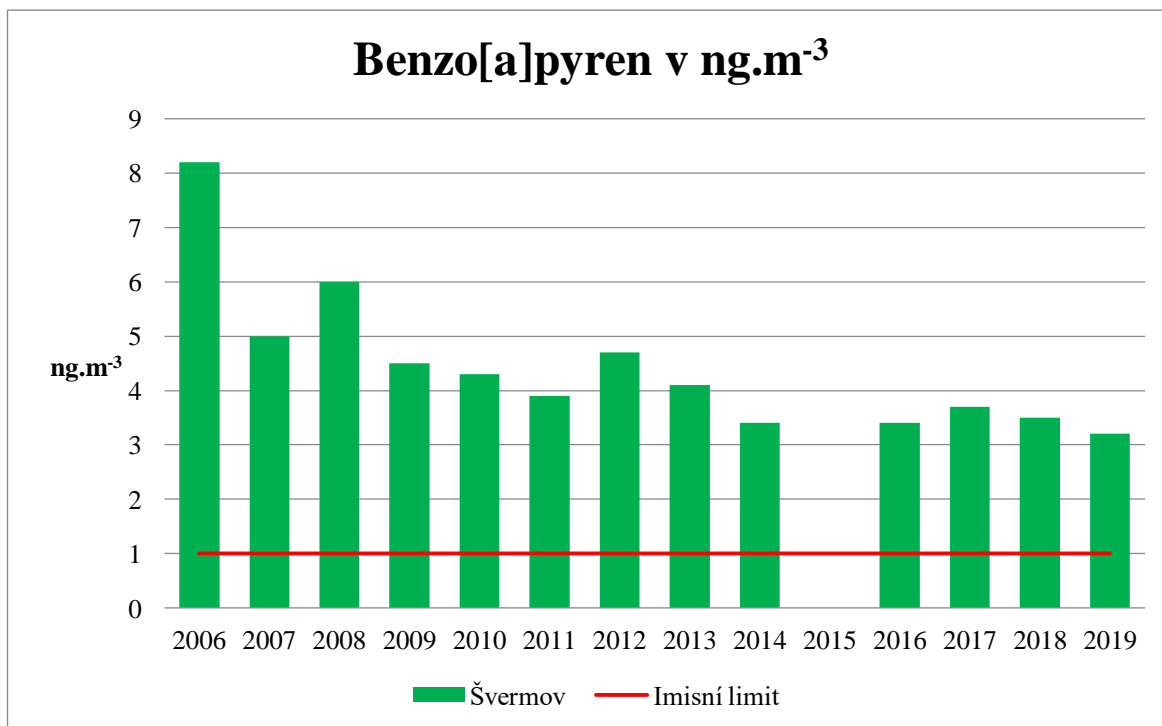


Graf č. 5 Nejvyšší naměřené roční hodnoty prашných částic PM_{2,5} v µg.m⁻³

Jak již bylo zmiňováno, jemné částice jsou nejrozšířenějším druhem částic v atmosféře. Graf č. 5 zaznamenává jejich obsah v Kladně. Nejvyšší hodnota 270,9 µg.m⁻³ byla naměřená v roce 2004, nejnižší naopak v roce 2012 a to 46,3 µg.m⁻³. Smutným zjištěním je, že každý rok byl imisní limit několikanásobně překročen. Suspendované částice velikostních frakcí PM₁₀ a PM_{2,5} jsou do ovzduší emitovány různými zdroji, v obou případech bylo v roce 2016 dominantním zdrojem vytápění domácností, které v případě PM_{2,5} představovalo 74,2 % všech zdrojů, v případě PM₁₀ pak 57,2 % (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2018).

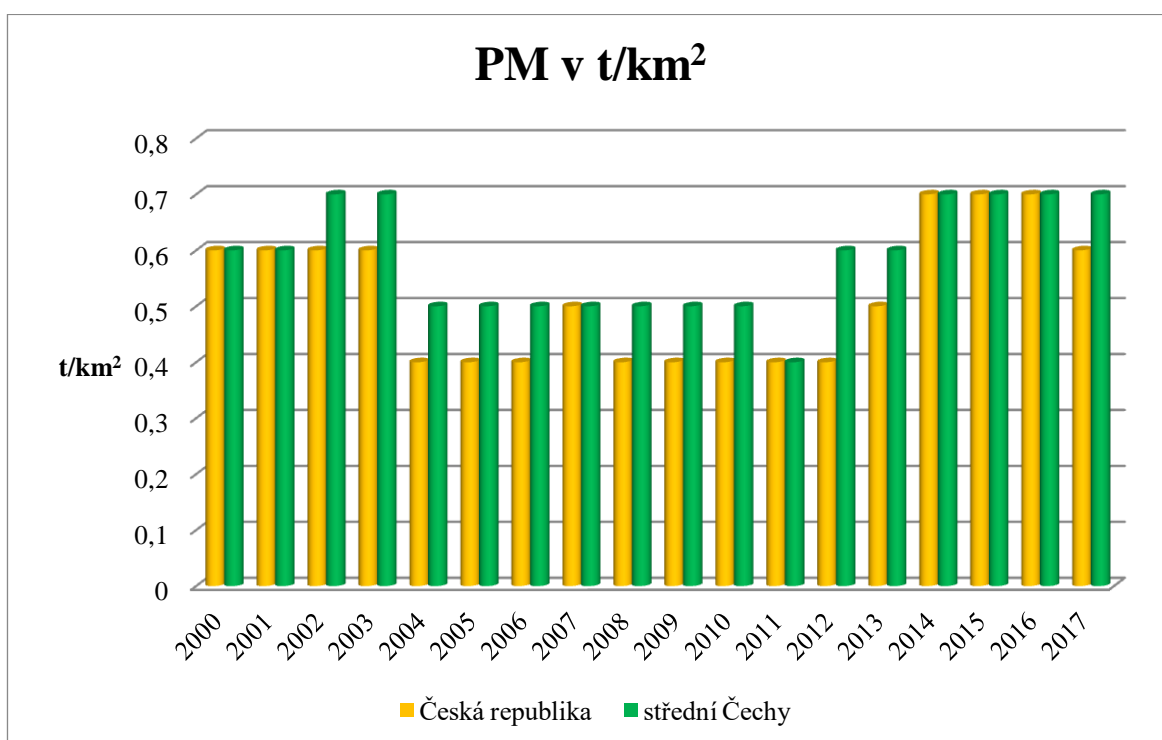
3.4.4 Benzo[a]pyren

Do grafu č. 6 byly použity průměrné roční hodnoty, kdy nejvyšší průměrná naměřená hodnota dosahovala 8,2 ng.m⁻³ v roce 2006. V následujících letech docházelo k mírným poklesům i nárůstům, hodnoty se však nedostaly přes hodnotu 6 ng.m⁻³. Lze tedy konstatovat, že došlo k mírnému zlepšení. Imisní limit (1 ng.m⁻³) pro roční průměrnou koncentraci B[a]P byl v roce 2018 překročen na 22 z 39 stanic, tj. na 56,4 % stanic, a meziročně tak došlo k poklesu počtu překročení, neboť v roce 2017 byly roční průměrné koncentrace překročeny na 25 stanicích z celkového počtu 38, tj. na 65,8 % stanic (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2019). Bohužel v každém roce byl překročený imisní limit 1 ng.m⁻³ a to několikanásobně. Nejvyšších koncentrací je dosahováno v průmyslových lokalitách, nadlimitní koncentrace se však dlouhodobě vyskytují i na stanicích městských, přičemž zcela převažujícím zdrojem emisí benzo[a]pyrenu je vytápění domácností (98,4 % v roce 2016) (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2018).



Graf č. 6 Průměrné roční hodnoty benzo[a]pyrenu v ng.m⁻³

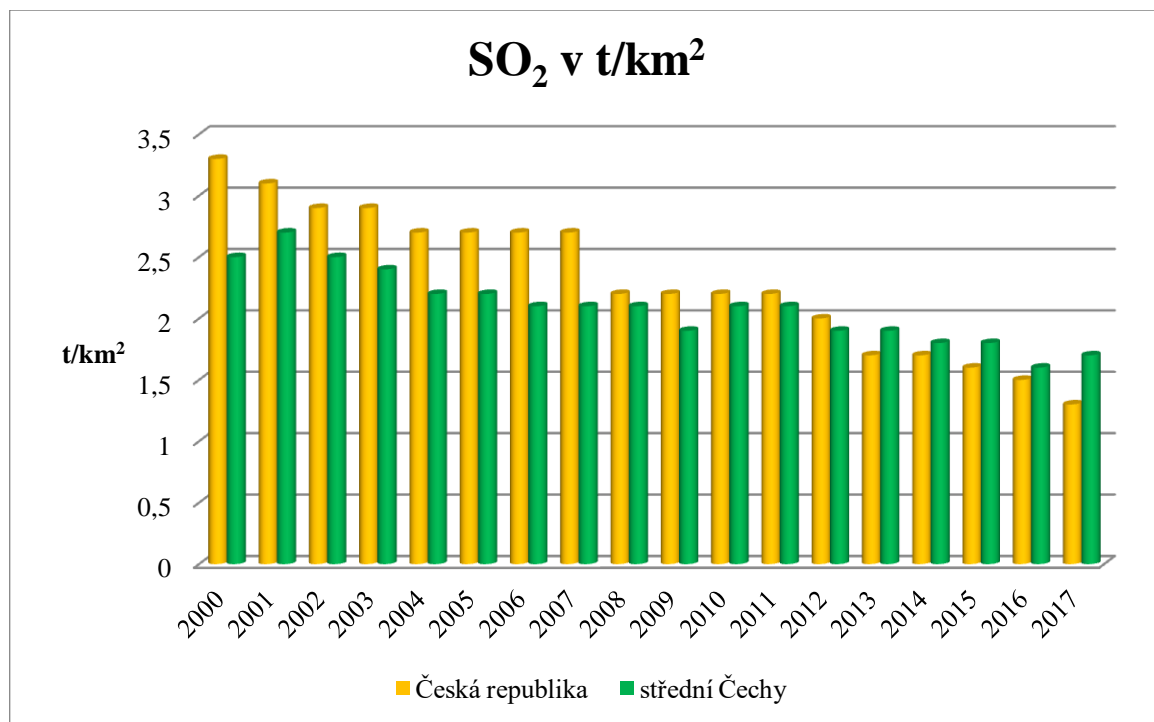
3.4.5 Středočeský kraj × Česká republika



Graf č. 7 Průměrné roční hodnoty prašných částic v t/km²

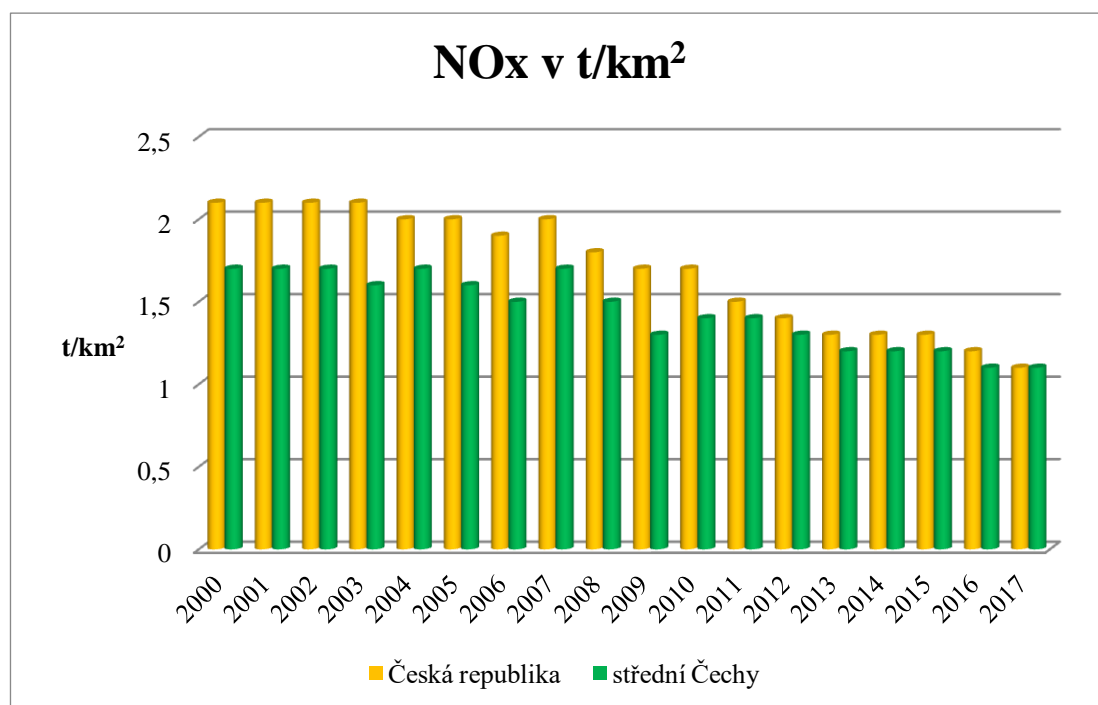
Z grafu č. 7, který porovnává hodnoty prašných částic ve středních Čechách a celé České republice, je překvapivé, že ze srovnání vycházejí hůře střední Čechy. Od počátku měření

byly hodnoty pro střední Čechy stejné nebo o 0,1 t/km² vyšší než pro Českou republiku. Hodnoty středních Čech se od roku 2013 mírně zvýšily a zůstávají na stejné hodnotě, lze se domnívat, že emise pocházejí převážně z lokálních topenišť. Způsob vytápění domácností v ČR se příliš nemění, z lokálních topenišť pocházelo v roce 2012 celkem 40,9 % emisí PM₁₀ (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2014).



Graf č. 8 Průměrné roční hodnoty oxidu siřičitého v t/km²

Graf č. 8 ukazuje, že v ovzduší celé České republiky došlo ke zlepšení. Pravidelně od roku 2000 docházelo k trvalému snižování. Emise SO₂ a NO_x se setrvale snižují zejména v důsledku zavádění technologií a výrobních postupů s BAT, používání paliv s nižším obsahem síry a snižování energetické náročnosti hospodářství (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2017). Oproti tomu ve středních Čechách byly výkyvy, od roku 2001 se ale naměřené hodnoty nedostaly přes 2,5 t/km². Po sedmiletém poklesu došlo k mírnému nárůstu až v roce 2017.



Graf č. 9 Průměrné roční hodnoty oxidů dusíku v t/km²

Graf č. 9 popisuje, že od roku 2007 došlo k poklesu obsahu oxidů dusíku v ovzduší na celém území České republiky, od roku 2004 nedošlo k překročení hodnoty 2 t/km². Oproti tomu u hodnot pro střední Čechy docházelo k výkyvům, od roku 2010 ale hodnoty stále klesají a od roku 2008 nedošlo k překročení hodnoty 1,5 t/km². Meziročně došlo v roce 2017 k poklesu vybraných emisí znečišťujících látek, nejvíce poklesly emise TZL o 3,8 %, emise NO_x o 2,9 % a emise SO₂ o 2,5 % (CENIA, česká informační agentura životního prostředí, 2018).

4 Závěr

Na základě měření Českého hydrometeorologického ústavu bylo zjištěno, že ke změnám v ovzduší v Kladně a jeho okolí opravdu došlo. Téměř u všech polutantů byly nejvyšší meziroční nárůsty naměřeny v první polovině hodnoceného období, to samé platí i pro nejvyšší meziroční poklesy.

Největší meziroční poklesy a nárůsty u oxidu siřičitého na stanici ve středu města – pokles o 33,2 % v letech 2008 – 2009, nárůst o 40,7 % v letech 2002 – 2003, na stanici ve Švermově – pokles o 54,3 % v letech 2008 – 2009, nárůst o 108,3 % v letech 2007 – 2008. Největší meziroční poklesy oxidu dusnatého na stanici ve středu města – pokles o 70 % v letech 2011 – 2012, nárůst o 170 % mezi lety 2010 – 2011, na stanici ve Švermově – pokles o 41 % mezi roky 2004 – 2005, nárůst o 176 % mezi roky 2010 – 2011. Největší meziroční poklesy a nárůsty pro oxid dusičitý na stanici ve středu města – pokles o 28 % v letech 2006 – 2007, nárůst o 25,4 % v letech 2002 – 2003, na stanici ve Švermově – pokles o 39,4 % v letech 2006 – 2007, nárůst o 44,7 % v letech 2008 – 2009. Největší meziroční poklesy a nárůsty u PM₁₀ na stanici v Rozdělově – pokles o 55,6 % mezi roky 2006 – 2007, nárůst o 58,9 % mezi roky 2005 – 2006, na stanici ve středu města – pokles o 51,5 % v letech 2004 –

2005, nárůst v letech 2003 – 2004 o 75,5 % a na stanici Švermov – pokles o 61,4 % mezi roky 2006 – 2007, nárůst mezi roky 2001 – 2002 o 103 %. Největší meziroční pokles a nárůst u PM_{2,5} na stanici ve středu města – pokles o 57,07 % v letech 2004 – 2005, nárůst o 123,7 % v letech 2003 – 2004. Největší meziroční pokles a nárůst u benzo[a]pyrenu na stanici ve Švermově – pokles o 39,02 % v letech 2006 – 2007, nárůst o 20 % v letech 2007 – 2008.

V letech 2018 – 2019 došlo na stanici ve středu města k poklesu PM₁₀ o 21,4 % a PM_{2,5} o 8,01 %. Na stanici ve Švermově došlo k poklesu oxidu siřičitého o 15,9 %, oxidu dusnatého o 0,83 %, oxidu dusičitého o 2,85 %, u benzo[a]pyrenu o 8,6 %. Pouze u PM₁₀ došlo k nárůstu o 13,5 %. Závěrem lze říci, že v Kladně a jeho okolí došlo ke zlepšení a pokud se do budoucna budou emise stále omezovat, situace by se mohla stále zlepšovat.

5 Literatura

Aktuální otázky znečištění ovzduší: [studijní materiály pro účastníky kurzu]. V Praze: Ústav pro životní prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, 2003. ISBN 80-239-2187-8.

ANDERSON, J., O., THUNDIYIL, J., G., STOLBACH, A., 2011. Clearing the Air: A review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *Journal of Medical Toxicology*. **8**:166-175

Arnika. 2014. Benzo(a)pyren. Praha. [online]. [cit. 09-05-20]. dostupné z:

<https://arnika.org/benzoapyren>

Arnika. 2014. Oxidy dusíku. Praha. [online]. [cit. 12-16-19]. dostupné z:

<https://arnika.org/oxidy-dusiku>

Arnika. 2014. Oxidy síry. Praha. [online]. [cit. 10-22-19]. dostupné z:

<https://arnika.org/oxidy-siry>

Arnika. 2014. Polycyklické aromatické uhlovodíky. Praha. [online]. [cit. 03-15-20]. dostupné z:

<https://arnika.org/polycyklicke-aromaticke-uhlovodiky-pahs>

Arnika. 2014. Prašné částice – PM₁₀. Praha. [online]. [cit. 06-02-20]. dostupné z:

<https://arnika.org/poletavy-prach-pm10>

BAIRD, C. *Environmental Chemistry*. 2nd edition. W.H. Freeman and Company. 1999. New York

BAUER, U., BERG, D., KOHN, M., A., MERIWETHER, R., A., NICKLE, R., A. 1998. *Public Health Reports*. **113**: 62-70

BEDNÁŘ, J., 2003. *Meteorologie: [úvod do studia dějů v zemské atmosféře]*. Praha: Portál. ISBN 80-7178-653-5.

BELANGER, K., HOLFORD, T., R., GENT, J., F., HILL, M., E., KEZIK, J., M., LEADERER, B., P. 2013. Household Levels of Nitrogen Dioxide and Pediatric Asthma Severity. *Epidemiology*. **24**: 320-330

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

CENIA, česká informační agentura životního prostředí. Zpráva o životním prostředí České republiky 2013. 2014. [online]. [cit. 06-30-20]. dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/04/Zprava_o_zivotnim_prostredi_Ceske_republiky_2013.pdf

CENIA, česká informační agentura životního prostředí. Zpráva o životním prostředí České republiky 2014. 2015. [online]. [cit. 06-30-20]. dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/04/ZPRAVA_ZPCR_2014.pdf

CENIA, česká informační agentura životního prostředí. Zpráva o životním prostředí České republiky 2015. 2016. [online]. [cit. 06-30-20]. dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/03/Zprava-o-zivotnim-prostredi-Ceske-republiky_2015.pdf

CENIA, česká informační agentura životního prostředí. Zpráva o životním prostředí České republiky 2015. 2016. [online]. [cit. 06-30-20]. dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/03/Zprava-o-zivotnim-prostredi-Ceske-republiky_2016.pdf

CENIA, česká informační agentura životního prostředí. Zpráva o životním prostředí České republiky 2017. 2018. [online]. [cit. 06-30-20]. dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2019/03/Zprava-o-zivotnim-prostredi-Ceske-republiky_2017.pdf

CENIA, česká informační agentura životního prostředí. Zpráva o životním prostředí České republiky 2018. 2019. [online]. [cit. 06-30-20]. dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2020/05/Zprava_o_ZP_CR_2018.pdf

CROSBY, D. G., 1998. *Environmental Toxicology*. New York: Oxford University Press. ISBN 0-19-511713-1.

Český hydrometeorologický ústav. Informace o kvalitě ovzduší v ČR. SKLM – Kladno – střed města. 2020. [online]. [cit. 06-16-20]. dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_SKLM_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Informace o kvalitě ovzduší v ČR. SKLR – Kladno Rozdělov. 2019. [online]. [cit. 06-16-20]. dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_SKLR_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Informace o kvalitě ovzduší v ČR. SKLS – Kladno – Švermov. 2020. [online]. [cit. 06-16-20]. dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_SKLS_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Souhrnný tabelární přehled 2018. 2.3. Síť měřicích stanic 2018. 2019. [online]. [cit. 10-20-19]. dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2018_enh/pdf/map_CZ.pdf

Český hydrometeorologický ústav. Souhrnný tabelární přehled 2018. 2.4. Staniční síť chemického složení srážek a atmosférické depozice, 2018. 2019. [online]. [cit. 10-20-19]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2018_enh/pdf/depsta_CZ.pdf

Český hydrometeorologický ústav. Grafická ročenka 2016. II. Znečišťování ovzduší. 2017. [online]. [cit. 04-16-20]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/16groc/gr16cz/II_ovzd_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Zdroje znečišťování za rok 2018. Informace o provozovně. 2020. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/CZ020/665060431_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Zdroje znečišťování za rok 2018. Informace o provozovně. 2020. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/CZ020/665060721_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Zdroje znečišťování za rok 2018. Informace o provozovně. 2020. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/CZ020/210901492_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Zdroje znečišťování za rok 2018. Informace o provozovně. 2020. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/CZ020/210901392_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Zdroje znečišťování za rok 2018. Informace o provozovně. 2020. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/CZ020/210970512_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Zdroje znečišťování za rok 2018. Informace o provozovně. 2020. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/CZ020/210902032_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Zdroje znečišťování za rok 2018. Informace o provozovně. 2020. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/CZ020/210903172_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Zdroje znečišťování za rok 2018. Informace o provozovně. 2020. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/CZ020/665060183_CZ.html

Český hydrometeorologický ústav. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. IV. 1 Kvalita ovzduší v České republice – suspendované částice. 2019. [online]. [cit. 12-30-19]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.1.PM_CHMU2018.pdf

Český hydrometeorologický ústav. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. IV. 2 Benzo[a]pyren. 2019. [online]. [cit. 12-30-19]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.2.BaP_CHMU2018.pdf

Český hydrometeorologický ústav. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. IV. 3 Oxidy dusíku. 2019. [online]. [cit. 12-30-19]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.3.NOx_CHMU2018.pdf

Český hydrometeorologický ústav. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. IV. 7 Oxid siřičitý. 2019. [online]. [cit. 12-30-19]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IV.7.SO2_CHMU2018.pdf

Český hydrometeorologický ústav. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. IX. Atmosférická depozice na území České republiky. 2019. [online]. [cit. 12-30-19].

dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/IX.Depozice_CHMU2018.pdf

Český hydrometeorologický ústav. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. IX. 1 Základní východiska při hodnocení kvality ovzduší. 2019. [online]. [cit. 12-30-19].

dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/XI.Hodnoceni_CHMU2018.pdf

Český hydrometeorologický ústav. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2018. XI. Hodnocení kvality ovzduší. [online]. [cit. 12-30-19]. dostupné z:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/XI.Hodnoceni_CHMU2018.pdf

Český statistický úřad. Charakteristika okresu Kladno. 2020. [online]. [cit. 04-19-20].

dostupné z: https://www.czso.cz/csu/xs/charakteristika_okresu_kladno

Český statistický úřad. Okresy. 2020. [online]. [cit. 04-19-20]. dostupné z:

<https://www.czso.cz/csu/xs/okresy>

DESTRO. O Destru. 2020. [cit. 06-18-20]. dostupné z: <http://destro.cz/o-destru/>

DRWAL, E., RAK, A., GREGORASCZUK, E., L., 2019, Review: Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) – Action on placental function and health risks in future life of newborns, *Toxicology*, **411**:133-142

Eisler, R. *Eisler's Encyclopedia of Environmentally Hazardous Priority Chemicals*. Elsevier. Amsterdam. 2007.

Encyklopaedia Britannica. 2019. Sulfur Dioxide. Encyklopaedia Britannica, inc.. [online]. [cit. 10-25-19]. dostupné z: <https://www.britannica.com/science/sulfur-dioxide>

HESS, L., 2011, Oxid dusný, *Remedia*, **21**: 364-371. [online]. [cit. 12-28-19]. dostupné z: <http://www.remedia.cz/Archiv-rocniku/Rocnik-2011/5-2011/Oxid-dusny/e-ZK-1ab-1ah.magarticle.aspx>

HOLGATE, S.T., SAMET, J.M., KOREN, H.S., MAYNARD, R.L., 1999. *Air Pollution and Health*. The University Printing House. Cambridge.

HOLOUBEK, I., *Troposférická chemie*. Brno: Masarykova univerzita, 2005. ISBN 80-210-3656-7.

HŮNOVÁ, I., JANOUŠKOVÁ, S., *Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší*. Praha: Karolinum, 2004. ISBN 80-246-0796-4.

INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠŤOVÁNÍ. Polycyklické aromatické uhlovodíky. [online]. [cit. 03-22-20]. dostupné z: https://www.irz.cz/repository/latky/polycyklicke_aromaticke_uhlovodiky.pdf

INTEGROVANÝ REGISTR ZNEČIŠŤOVÁNÍ. Polétavý prach (PM 10). [online]. [cit. 06-02-20]. dostupné z: https://www.irz.cz/repository/latky/poletavy_prach.pdf

KALACĚ, P., *Chemie životního prostředí*. 2., dopl. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010. ISBN 978-80-7394-232-8.

KAMPA, M., CASTANA, E., 2008, Human health effects of air pollution, *Environmental Pollution*, **151**: 362-367
Keihin Thermal Technology Czech, s.r.o.. 2020. Profil společnosti. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z: <http://www.keihin.cz/clanky/profil-spolecnosti/>

Kladno živě. Historie města Kladna. 2016. [online]. [cit. 04-20-20]. dostupné z: <http://www.kladnozive.cz/Historie-mesta-Kladno/>

KOVAŘÍK, J., Toulky minulostí strojíren Poldi, Strojírny Poldi a.s., [online], [06-07-20]. dostupné z: https://docplayer.cz/1739300-Strojirny-poldi-a-s-toulky-minulosti-strojiren-poldi-jiri-kovarik.html#show_full_text

MATERNA, J., PFANZ, H., LOMSKÝ, B., ed. *SO₂-pollution and forests decline in the ore mountains*. Jíloviště-Strnady: Ministry of Agriculture of the Czech Republic, [2002]. ISBN 80-86461-24-6.

Město Kladno. Historie Kladna. 2008. [online]. [cit. 04-19-20]. dostupné z: <https://mestokladno.cz/historie-kladna/d-1401489/p1=2100051115>

Město Kladno. Historie průmyslu v Kladně. 2008. [online]. [cit. 06-07-20]. dostupné z: <https://mestokladno.cz/historie-prumyslu-v-kladne/d-1401491>

Město Kladno. Základní údaje o Kladně. 2008. [online]. [cit. 04-19-20]. dostupné z: <https://mestokladno.cz/zakladni-informace-o-kladne/d-1401486/p1=2100050454>

MODLINGEROVÁ, V., SZÁKOVÁ, J., SYSALOVÁ, J., TLUSTOŠ, P., 2012, The effect of intensive traffic on soil and vegetation risk element contents as affected by the distance from a highway, *Plant, Soil and Environment*, **58**: 379-384

PAVLÍK, M., PAVLÍKOVÁ, D., ZEMANOVÁ, V., HNILIČKA, F., URBANOVÁ, V., SZÁKOVÁ, J., 2012, Trace elements present in airborne particulate matter – Stressors of plant metabolism, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **79**: 101-107

POLÁŠKOVÁ, A., *Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí*. Praha: Karolinum, 2011. ISBN 978-80-246-1927-9.

PubChem Database. 2004. Sulfur Dioxide. National Center for Biotechnology Information. [online]. [cit. 10-28-20]. dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sulfur-dioxide>

PULKRABOVÁ, J., STUPÁK, M., ŠVARCOVÁ, A., RÖSSNER, P., RÖSSNEROVÁ, A., AMBROŽ, A., ŠRÁM, R., HAJŠLOVÁ, J., 2016. Relationship between atmospheric pollution in the residential area and concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in human breast milk. *Science of the Total Environment*. **562**: 640-647

Ředitelství silnic a dálnic. Celostátní sčítání dopravy dopravy 2016. 2016. Výsledky sčítání dopravy na dálniční a silniční síti ČR v roce 2016. [online]. [cit. 06-18-20]. Dostupné z: <http://scitani2016.rsd.cz/content/doc/20-05.jpg?v=2016b>

SHEPPARD, D., 1988. Sulfur dioxide and asthma – double-edged sword?. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* **82**:961-964

Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně. 2020. Kladno – města železo a oceli. [online]. [cit. 06-07-20.]. dostupné z: http://www.omk.cz/index.html?url=http://www.omk.cz/dyn/doc/historie_huti

Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně. 2007. Stručná historie Kladna. [online]. [cit. 06-07-20]. dostupné z: http://www.omk.cz/dyn/doc/historie_kladna?print=1

Sládečkovo vlastivědné muzeum v Kladně. 2013. Zakladatel Poldiny hutě Karl Wittgenstein (1847-1913). [online]. [cit. 06-07-20]. dostupné z: http://www.omk.cz/index.html?url=http://www.omk.cz/dyn/doc/Wittgenstein_Poldi

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2000. Praha: Český spisovatel. ISBN 80-7183-218-9. ISSN 1211-4812.

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2002. Praha: Český spisovatel. ISBN 80-7223-760-8. ISSN 1211-4812.

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2004. Praha: Český spisovatel. ISBN 80-250-0853-3. ISSN 1211-4812.

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2006. Praha: Český spisovatel. ISBN 80-250-1258-1. ISSN 1211-4812.

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2008. Praha: Český spisovatel. ISBN 978-80-250-1735-7. ISSN 1211-4812.

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2010. Praha: Český spisovatel. ISBN 978-80-250-2033-3. ISSN 1211-4812.

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2012. Praha: Český spisovatel. ISBN 978-80-250-2253-5. ISSN 1211-4812.

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2014. Praha: Český spisovatel. ISBN 978-80-250-2580-2. ISSN 1211-4812.

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2016. Praha: Český spisovatel. ISBN 978-80-250-2726-4. ISSN 1211-4812.

Statistická ročenka České republiky: Statistical yearbook of the Czech Republic, 1993-. 2018. Praha: Český spisovatel. ISBN 978-80-250-2868-1. ISSN 1211-4812

Státní zdravotní ústav. 2003. 2004. Manuál prevence v lékařské praxi. Nakladatelství Fortuna. Praha. [online]. [cit. 12-28-19]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/uploads/documents/czsp/manual/Manual%20souhrn-2.pdf>

Státní zdravotní ústav. 2014. Odhad zdravotních rizik ze znečištění ovzduší. [online]. [cit. 03-19-20]. dostupné z:

http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/rizika_CRI_2014.pdf

Státní zdravotní ústav. 2018. Odhad zdravotních rizik ze znečišťování ovzduší. [online]. [cit. 06-02-20]. dostupné z:

http://szu.cz/uploads/documents/chzp/ovzdusi/dokumenty_zdravi/rizika_CRI_2018.pdf

Strojírny Poldi a.s.. 2020. O nás. [online]. [cit. 06-18-20]. dostupné z:

<http://www.strojipoldi.eu/cs/o-nas/>

The National Institute for Occupational Safety and Health. 2019. Sulfur Dioxide. Centres for Disease Control and Prevention. [online]. [cit. 10-28-19]. dostupné z:

<https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0575.html>

TOMANIOVÁ, M., KOCOUREK, V., HAJŠLOVÁ, J., 1997. Polycyklické aromatické uhlovodíky v potravinách. *Chemické listy* **91**: 357-366. [online]. [cit. 03-22-20]. dostupné z:

http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1997_05_357-366.pdf

TREMLOVÁ, J., SZÁKOVÁ, J., SYSALOVÁ, J., TLUSTOŠ, P. 2012. Bioavailability of arsenic, cadmium, iron and zinc in leafy vegetables amended with urban particulate matter suspension. *Society of Chemical Industry* **93**: 1378-1384.

VOJTĚŠEK, M., MIKUŠKA, P., VEČEŘA, Z., 2009. Výskyt, zdroje a stanovení kovů v ovzduší. *Chemické listy* **103**: 136-144.

VYSOUDIL, M., *Meteorologie a klimatologie*. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 2006. ISBN 80-244-1455-4.

VYSOUDIL, M., *Ochrana ovzduší*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2002. ISBN 80-244-0400-1.

Zákony pro lidi. Vyhláška č. 194/2007 Sb., 2007. [online]. [cit. 06-11-20]. dostupné z:

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-194>

Zákony pro lidi. Zákon č. 201/2012 Sb., 2012. [online]. [cit. 02-05-20]. dostupné z:

<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201/zneni-20200101>

World Health Organization. 2006. Air Quality Guidelines, Global Update 2005, Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Druckpartner Moser. Germany

World Health Organization. 2010. Who Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen. Denmark

World Health Organization. 2018. Air Pollution. World Health Organization. [online]. [cit. 10-29-19]. dostupné z: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

ŽALUD, P., SZÁKOVÁ, J., SYSALOVÁ, J., TLUSTOŠ, P. 2012. Factors influencing uptake of contaminated particulate matter in leafy vegetables. Central European Journal of Biology. 7(3): 519-530

6 Seznam použitých zkratk a symbolů

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ISKO – Informační systém kontroly ovzduší

SZÚ – Státní zdravotní ústav

WHO – Světová zdravotnická organizace

