

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STROJNÍ  
ÚSTAV TECHNIKY PROSTŘEDÍ

---

**ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ V ČR**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Cízl** Jméno: **Jakub** Osobní číslo: **483142**  
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
 Zadávající katedra/ústav: **Ústav techniky prostředí**  
 Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**  
 Studijní obor: **bez oboru**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Znečištění ovzduší v ČR**

Název bakalářské práce anglicky:

**Air Pollution in the Czech Republic**

Pokyny pro vypracování:

Při zpracování BP se zaměřte na následující problematiku.  
 Životní prostředí a ochrana ovzduší. Legislativa v ochraně ovzduší – zákon o ochraně ovzduší a navazující předpisy. Vývoj znečištění ovzduší v ČR u hlavních znečišťujících látek NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> a TZL. Definice frakcí TZL PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>. Zdravotní účinky hlavních znečišťujících látek. Aktuální stav znečištění. Význam emisí znečišťujících látek ze spalování u lokálních topenišť a automobilové dopravy. Význam EN 13798-3 pro oblast větrání nebytových prostor. Potřeba znalosti dlouhodobého znečištění frakcemi částic PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>.

Seznam doporučené literatury:

- 1) Zákon o ovzduší a navazující předpisy
- 2) Výroční zprávy ČHMÚ o znečištění ovzduší
- 3) Publikace ve VVI v oblasti ochrany ovzduší a filtrace
- 4) Hemerka, J., Vybíral, P.: Základy ochrany ovzduší, Vydavatelství ČVUT, 2011

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**doc. Ing. Jiří Hemerka, CSc., ústav techniky prostředí FS**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

\_\_\_\_\_

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **04.07.2021**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 doc. Ing. Jiří Hemerka, CSc.  
 podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
 doc. Ing. Vladimír Zmrhal, Ph.D.  
 podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
 prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
 podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
 Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
 Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
 Podpis studenta

## **SOUHRN**

Tato bakalářská práce se zabývá současnou situací v oblasti znečištění ovzduší v České republice. Cílem práce je zorientovat se v problematice životního prostředí a ochrany ovzduší, charakterizovat znečišťující látky (oxidy dusíky, oxid siřičitý a suspendované částice frakce  $PM_{2,5}$  a  $PM_{10}$ ) a popsat jejich vliv na zdraví člověka a okolní ekosystém, dále pak zhodnotit vývoj emisí znečišťujících látek na území České republiky v horizontu posledních 20 let, a nakonec prozkoumat možnosti jak v budoucnu redukovat podíl jednotlivých znečišťujících látek na znečištění ovzduší. Práce se dále zabývá legislativou v ochraně ovzduší a popisem problematiky větrání nebytových prostor společně s návodem, jak postupovat při výběru filtrů do vzduchotechniky.

## **SUMMARY**

This bachelor thesis deals with the current situation in the field of air pollution in the Czech Republic. The aim of the thesis is to familiarize oneself with the issue of environment and air protection, to characterize pollutants (nitrogen oxides, sulfur dioxide and fraction of suspended particulate matter -  $PM_{2,5}$  and  $PM_{10}$ ) and to describe their impact on human health and the surrounding ecosystem. Then to evaluate the evolution of pollutant emissions in the Czech Republic over the last 20 years, and finally to explore ways to reduce the share of individual pollutants in air pollution in the future. The thesis also deals with legislation in air protection and a description of the issue of ventilation of non-residential premises, together with instructions on how to proceed in the selection of filters for air conditioning.

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Znečištění ovzduší v ČR“ vypracoval samostatně pod vedením Doc. Ing. Jiřího Hemerky, CSc., s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne:

Jakub Cízl:

.....

.....

# PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Jiřímu Hemerkovi, CSc. za odborné vedení, vstřícnost, cenné připomínky a rady při psaní této bakalářské práce.

Dále bych chtěl touto cestou poděkovat své rodině, která mi byla po celou dobu bakalářského studia oporou.

# OBSAH

<b>SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ.....</b>	<b>13</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>1 ZÁKLADNÍ POJMY.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OVZDUŠÍ JAKO ZÁKLADNÍ SLOŽKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ.....</b>	<b>13</b>
2.1 Vnější ovzduší.....	13
2.2 Vnitřní ovzduší.....	16
<b>3 HLAVNÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY V ČR.....</b>	<b>17</b>
3.1 Přepočtení mezi hmotnostní a objemovou koncentrací.....	17
3.2 Oxidy dusíku NO <sub>x</sub> .....	18
3.2.1 Vliv na zdraví člověka.....	19
3.2.2 Vliv na přírodu.....	19
3.3 Oxid siřičitý SO <sub>2</sub> .....	20
3.3.1 Vliv na zdraví.....	20
3.3.2 Vliv na přírodu.....	21
3.4 Suspendované částice PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> .....	21
3.4.1 Vliv na zdraví.....	22
3.4.2 Vliv na přírodu.....	23
<b>4 LEGISLATIVA V OCHRANĚ OVZDUŠÍ.....</b>	<b>24</b>
4.1 Zdroje znečišťování.....	25
4.1.1 Stacionární zdroje znečišťování.....	26
4.2 Emisní limity.....	27
4.3 Imisní limity.....	32
4.4 Malé spalovací zdroje.....	33
4.4.1 Mezní hodnoty emisí.....	34
4.4.2 Vliv na imisní situaci.....	38
<b>5 IMISNÍ SITUACE V ČR.....</b>	<b>40</b>
5.1 Oxidy dusíku.....	43
5.2 Oxid siřičitý.....	45
5.3 Suspendované částice.....	48
<b>6 VÝVOJ EMISÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK V ČR.....</b>	<b>52</b>
6.1 Oxidy dusíku.....	55
6.2 Oxid siřičitý.....	57
6.3 Suspendované částice.....	59
6.4 Srovnání s Evropou.....	61
<b>7 PROBLEMATIKA VĚTRÁNÍ NEBYTOVÝCH PROSTOR.....</b>	<b>63</b>

7.1 Celková a frakční odlučivost filtrů.....	63
7.2 Rozdělení filtrů pro všeobecné větrání dle ISO 16890 .....	64
7.3 Větrání nebytových budov dle EN 16798-3.....	68
7.3.1 Vnější ovzduší.....	68
7.3.2 Kategorie přiváděného vzduchu.....	70
7.4 Celkové zhodnocení dané problematiky .....	71
<b>8 VÝHLEDY DO BUDOUCNA .....</b>	<b>73</b>
8.1 Oxidy dusíku.....	73
8.2 Oxid siřičitý .....	74
8.3 Suspendované částice.....	75
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>76</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>77</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>80</b>

# SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
BAT	[Best Available Technique] nejlepší dostupná technika
CO	sumární vzorec oxidu uhelnatého
CZT	centrální zásobování teplem
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČR	Česká republika
EEA	[European Environment Agency] Evropská agentura pro životní prostředí
EU	[European Union] Evropská unie
HCl	sumární vzorec chlorovodíku
HF	sumární vzorec fluorovodíku
ISKO	Informační systém kvality ovzduší
LAT	[Lower Assessment Threshold] dolní mez pro posuzování
LCP	[Large Combustion Plants] zvlášť velké spalovací zdroje
LTO	lehké topné oleje
LV	[Limit Value] imisní limit
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NFR	[Nomenclature For Reporting] nomenklatura pro podávání zpráv
NH <sub>3</sub>	sumární vzorec amoniaku
NO	sumární vzorec oxidu dusnatého
NO <sub>2</sub>	sumární vzorec oxidu dusičitého
NO <sub>x</sub>	souhrnné označení pro oxidy dusíku
NUTS	[Nomenclature of Units for Territorial Statistics] nomenklatura územních statistických jednotek
O <sub>3</sub>	sumární vzorec ozónu



ODA	[Outdoor Air] venkovní ovzduší
OGC	zkratka pro odpovídající TOC dle ochrany ovzduší
O/K/F-M	Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek
P-B	propan-butan
PM	[Particulate Matter] souhrnné označení pevných částic
ppb	[parts per billion] množství částic na miliardu
ppm	[parts per million] množství částic na milion
REZZO	Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší
Rn	sumární vzorec pro radon
SEČ	středoevropský čas
SO <sub>x</sub>	souhrnné označení pro oxidy síry
SO <sub>2</sub>	sumární vzorec oxidu siřičitého
SUP	[Supply Air] přívodní vzduch
TOC	[Total Organic Carbon] celkový organický uhlík
TZL	tuhé znečišťující látky
UAT	[Upper Assessment Threshold] horní mez pro posuzování
UFP	[Ultrafine Particles] ultrajemné částice
VOC	[Volatile Organic Compound] těkavá organická látka
WHO	[World Health Organization] Světová zdravotnická organizace
ZL	znečišťující látka
ZÚ	zastupitelský úřad
§	paragraf

<b>Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Význam</b>
d	m	aerodynamický průměr
c <sub>m</sub>	kg/m <sup>3</sup>	hmotnostní koncentrace látky
ρ <sub>N</sub>	kg/m <sup>3</sup>	hustota látky při normálních podmínkách

$M_{\text{kmolN}}$	kg/mol	molární hmotnost látky při normálních podmínkách
$V_{\text{kmolN}}$	m <sup>3</sup> /mol	molární objem látky při normálních podmínkách
O	%	odlučivost
n	-	počet intervalů
T	K	termodynamická teplota
p	Pa	tlak
$E_i$	%	účinnost odlučování
Z	m	zrnitost

# ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá současnou situací v oblasti znečištění ovzduší v České republice. Jedná se o velmi aktuální problém, se vzrůstajícím počtem obyvatel naší planety totiž vzrůstá také množství zdrojů znečištění. Toto téma jsem si vybral, protože jsem si chtěl rozšířit své znalosti a dozvědět se více o této problematice.

V úvodní části vysvětlím některé základní pojmy související s životním prostředím a ochranou ovzduší, které budou nezbytné k pochopení práce, jako jsou například znečišťující látka, emise nebo imise. Dále pak popíši vnější a vnitřní ovzduší, a stručně rozeberu jednotlivé vrstvy atmosféry. Následně se budu zabývat třemi vybranými znečišťujícími látkami (oxidy dusíky, oxid siřičitý a suspendované částice frakce PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>), konkrétně jejich vlivem na zdraví člověka a okolní ekosystém. Zároveň pomocí nich popíši a zhodnotím vývoj a aktuální stav emisí a imisí na území České republiky. V závěru také prozkoumám možnosti jak v budoucnu redukovat podíl jednotlivých znečišťujících látek na znečištění ovzduší. V další části práce se budu věnovat legislativě, která je velmi důležitá z hlediska dlouhodobého snižování emisí a konkrétně se zaměřím na význam emisí znečišťujících látek pocházejících ze spalování v lokálních topeništích a automobilové dopravě. V neposlední řadě se pokusím upozornit na problematiku větrání nebytových prostor a objasnit současnou náročnost volby filtrů ve vzduchotechnice.

# 1 ZÁKLADNÍ POJMY

V této kapitole jsou vypsány důležité pojmy potřebné k pochopení základní problematiky ochrany ovzduší.

**Znečišťující látka** – „Jakákoliv látka vnesená do ovzduší nebo v něm druhotně vznikající, která má přímo nebo po fyzikální či chemické přeměně v ovzduší škodlivý vliv na život a zdraví lidí a zvířat, na životní prostředí nebo na hmotný majetek.“

**Emise** – „Pojem označující děj nebo činnost, při které dochází k vypouštění jedné nebo více znečišťujících látek do ovzduší v důsledku lidské činnosti. Míra znečištění ovzduší nám udává množství emisí.“ Emise se udávají v jednotkách hmotnosti za jednotku času, nejčastěji v gramech za hodinu (g/h).

**Emisní limit** – „Nejvýše přípustné množství znečišťující látky vypuštěné do ovzduší ze zdroje znečištění.“ Obvykle se udává v jednotkách hmotnosti znečišťující látky na jednotku objemu odpadního plynu ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

**Emisní strop** – „Nejvýše přípustná úhrnná emise znečišťující látky nebo skupiny ZL vznikající v důsledku lidské činnosti ze všech zdrojů znečištění na vymezeném území.“ Udává se v jednotkách hmotnosti za jeden rok.

**Imise** – „Hodnoty znečištění ovzduší vyjádřené hmotnostní koncentrací znečišťující látky v ovzduší. Míra znečištění ovzduší nám udává množství imisí dané znečišťující látky.“ Jednotkou imisí je nejčastěji mikrogram na metr krychlový ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Imisní limit** – „Nejvýše přípustná hodnota znečištění ovzduší při normální teplotě ( $T=273,15\text{ K}$ ) a normálním tlaku ( $p=101\,325\text{ Pa}$ ).“ Imisní limit se stejně jako hmotnostní koncentrace ZL vyjadřuje v jednotkách hmotnosti na jednotku objemu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

**Úroveň znečištění** – „Hmotnostní koncentrace znečišťujících látek v ovzduší nebo jejich depozice z ovzduší na jednotku plochy zemského povrchu za jednotku času.“ [1]

## 2 OVZDUŠÍ JAKO ZÁKLADNÍ SLOŽKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Vzhledem k faktu, že pojem životní prostředí lze chápat z mnoha hledisek, neexistuje pro něj ustálená obecně platná definice. Jednou z možných formulací je dynamická definice od norského profesora Wika z roku 1967: „Životní prostředí je ta část světa, se kterou je živý organismus ve stálé interakci, to znamená, kterou používá, mění a které se musí přizpůsobovat.“ Obecně lze tedy říci, že životní prostředí je nějaký systém, který nás obklopuje a ve kterém žijeme. Základními složkami životního prostředí jsou ovzduší (atmosféra), půda (pedosféra), voda (hydrosféra), živé organismy (biosféra) a také horniny, energie a ekosystém. [2]

Ovzduší, jiným slovem atmosféra, je plynný obal obklopující planetu Zemi. Obecně jej lze rozdělit na vnitřní a vnější ovzduší.

### 2.1 Vnější ovzduší

Atmosféra je z fyzikálního pohledu považována za směs malých pevných nebo kapalných částic rozptýlených v plynu. Vnější ovzduší tvoří tři základní složky: suchý čistý vzduch, voda v kapalně, tuhé a plynné fázi a také znečišťující příměsi. Procesy, které trvaly mnoho let, postupně utvářely takové složení ovzduší, v němž jsou všechny tyto složky v rovnováze, a je přívětivé pro lidský život. Právě lidská činnost však tuto rovnováhu porušila, přičemž došlo také k narušení klimatického systému Země a ozonové vrstvy. Důsledkem těchto změn jsou tzv. globální problémy, které patří mezi jedno z hlavních témat současné doby. Konkrétně se jedná například o oteplování planety či slábnutí ozonové vrstvy, jež nás chrání před nebezpečným ultrafialovým zářením z vesmíru. [1]

Atmosféra přechází ve vysokých výškách plynule v kosmický prostor. Z tohoto důvodu nelze přesně stanovit její vrchní hranici. Existuje však mnoho různých pohledů jak vrchní hranici určit. Oblast kosmonautiky například pokládá za hranici atmosféry vzduch ve výšce kolem 20 000 km nad zemským povrchem. V této výšce začíná na objekty putující z kosmického prostoru směrem k Zemi působit brzdná síla způsobená houstnoucím prostředím. Z fyzikálního pohledu se za mezní hranici atmosféry považuje místo, kde je ještě

možné sledovat probíhající fyzikální jevy. Takovým jevem je například polární záře, která se uskutečňuje ve výškách kolem 1 000 km. [1]

Atmosféru lze z vertikálního hlediska rozdělit podle mnoha kritérií. Nejčastěji se však používá rozdělení podle změny hustoty a teploty v závislosti na nadmořské výšce. Při tomto rozdělení lze rozčlenit atmosféru do pěti základních vrstev (oblastí):

**Troposféra** je nejnižší vrstvou atmosféry. Dosahuje výšek mezi 8 až 17 km nad zemským povrchem. Tento rozptyl je zapříčiněn rotací Zeměkoule, kdy nad póly je výška troposféry nejmenší (8 km) a v rovníkové oblasti je naopak největší (17 km). V troposféře je soustředěno přibližně 75 % celkové hmotnosti atmosféry. Tato vrstva je charakteristická vysokými změnami teploty s rostoucí nadmořskou výškou. Za každý kilometr výšky klesne teplota průměrně o 6,5 °C.

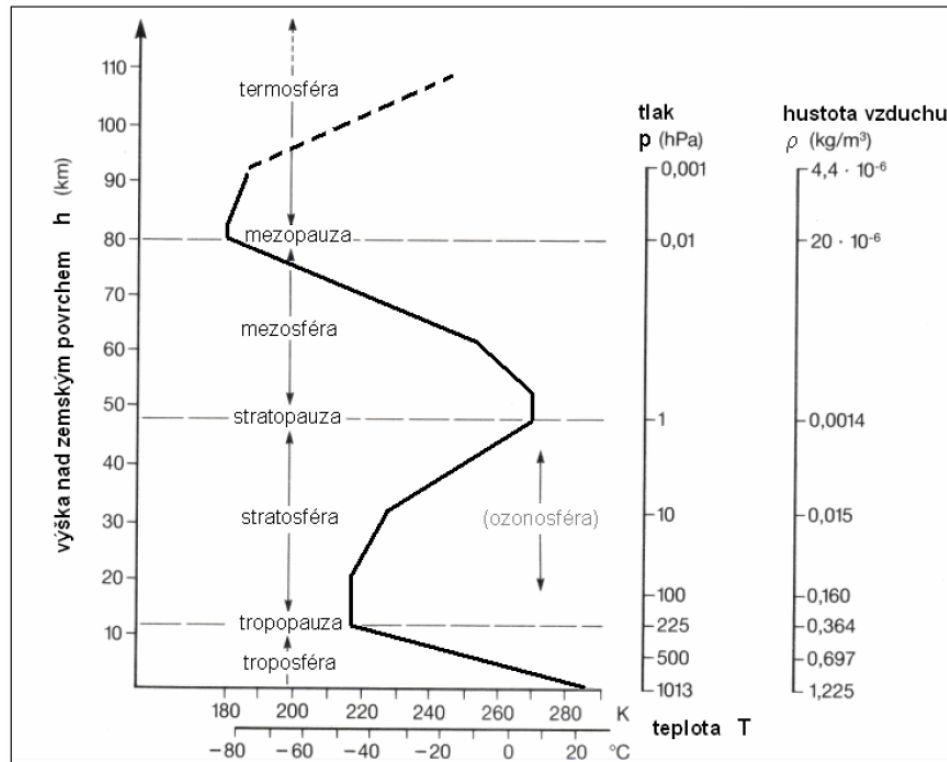
Přechodová vrstva mezi troposférou a stratosférou se nazývá **tropopauza**. Zabraňuje úniku vodní páry z troposféry do vyšších vrstev. Tropopauza je také charakteristická zastavením poklesu teplot, který probíhá v troposféře.

**Stratosférou** se označuje vrstva, která se nachází ve výškách 11 až 50 km nad povrchem Země. Tato část atmosféry je charakteristická tím, že v její spodní části, až do výšky kolem 25 km je teplota vzduchu s přibývajícím nadmořskou výškou konstantní (kolem -55 °C). Od výšky 25 km směrem nahoru již teplota nelineárně roste až do maximální teploty kolem 0 °C. Součástí stratosféry je ve výškách mezi 20 až 30 km vrstva zvaná ozonosféra. Tato vrstva obsahuje vysokou koncentraci atmosférického ozonu, která pohlcuje ultrafialové záření ze Slunce.

**Mezosféra** je charakteristická prudkým poklesem teplot. Teplota vzduchu klesá s přibývajícím nadmořskou výškou asi o 3 °C na 1 km. Mezosféra se rozkládá 50 až 85 km nad povrchem naší planety a na horní hranici dosahuje teplota hodnoty kolem -100 °C.

**Termosféra** se nachází ve výškovém rozmezí od 80 km do 450 km nad zemským povrchem. Dochází zde k výraznému nárůstu teploty s přibývajícím nadmořskou výškou. Zajímavostí je, že teplotu vzduchu v termosféře nelze díky nízké hustotě měřit tradičními termometrickými metodami. Musí se tedy proto určovat na základě kinetické energie pohybu jednotlivých molekul.

**Exosféra** je finální vrstvou atmosféry. Dolní hranice je pokládána do výšky kolem 600 km nad povrchem a její horní vrstva sahá až do výšky řádově desetitisíců kilometrů nad zemským povrchem, kde exosféra již volně přechází v meziplanetární prostor. V těchto výškách dochází k úniku lehčích plynů, jako jsou atomy vodíku a hélia, které tímto způsobem nevratně unikají ze zemské atmosféry. [1]



Obr. 1: Vertikální rozdělení atmosféry podle teploty a tlaku [1]

Nejdůležitější vrstvou atmosféry pro obyvatele planety Země je troposféra, a to z mnoha důvodů. Odehrává se zde většina povětrnostních procesů, které mají zásadní vliv na formování počasí, dále obsahuje 75 % celkové hmotnosti atmosféry a rovněž prakticky veškerou atmosférickou vlhkost. Pro tuto práci je však nejvýznamnější fakt, že troposféra je nejbližší vrstvou atmosféry k zemskému povrchu. Složení vzduchu v troposféře tedy představuje ovzduší, ve kterém se každodenně vyskytujeme a které různými způsoby ovlivňujeme.

Doc. Hemerka a Ing. Vybíral ve své společné publikaci [1] definují vnější ovzduší následujícím způsobem. „Vnější ovzduší je definováno jako ovzduší v troposféře s výjimkou ovzduší na pracovištích a v uzavřených prostorech.“

## 2.2 Vnitřní ovzduší

Vzhledem k tomu, že v dnešní době tráví většina z nás každý den více než 20 hodin svého času ve vnitřních prostorech (práce, domov, škola, ...) je zapotřebí téma znečištění vnitřního ovzduší trochu objasnit a upozornit na základní souvislosti s ním spojené.

Kvalita vnitřního ovzduší závisí na mnoha faktorech, mezi ty nejvýznamnější patří: množství škodlivin ve vzduchu, větrací systém, objem větracího vzduchu a kvalita vnějšího ovzduší. Vnitřní ovzduší je největší mírou ovlivněno právě ovzduším vnějším, neboť vzduch, který přivádíme do vnitřního prostředí větráním, pochází právě z venkovního prostředí. Přívod venkovního vzduchu má nejen pozitivní účinek ve formě ředění škodlivin vznikajících v budovách, ale také účinek negativní související s přiváděním škodlivých látek z venkovního prostředí. Tento fakt se projevuje hlavně v městských oblastech, kde je úroveň kvality ovzduší nižší než na venkově. [3]

Vnitřní ovzduší je obohaceno o nebezpečné látky, které jsou pro něj specifické. Typickým příkladem je tabákový kouř, který je nejvýznamnějším zdrojem znečištění vnitřních budov. Týká se totiž nejen aktivních kuřáků, ale také lidí, kteří jsou vystaveni tzv. pasivnímu kouření. Z tohoto důvodu se zavedla (a stále zavádějí) různá regulační opatření pro ochranu nekuřáků před aktivními kuřáky. Vnitřní ovzduší dále obohacuje mnoho organických látek, které unikají z textilií, stavebních materiálů nebo lepidel. Škodlivou látkou, která se vyskytuje výhradně v ovzduší obytných prostorů, je radon (Rn). Tato karcinogenní látka, způsobující ve vyšších koncentracích rakovinu plic, je nejčastěji produkována stavebními materiály nebo podložími horninami, kde vzniká radioaktivní přeměnou prvků. [4]



## 3 HLAVNÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY V ČR

Látky znečišťující ovzduší se také označují jako polutanty. Tento pojem vznikl z anglického výrazu pollution – znečištění. Polutanty lze obecně rozdělit na primární a sekundární. Primární polutanty jsou vypouštěny přímo do atmosféry a jejich původcem jsou buďto antropogenní zdroje způsobeny lidskou činností (automobilová doprava, průmyslová činnost, ...), nebo zdroje přírodní (sopečná aktivita, přenos písku z pouští, ...). Do skupiny primárních polutantů spadá například oxid siřičitý nebo oxid uhelnatý. Sekundární polutanty vznikají až v atmosféře chemickou reakcí prekurzorů. Mezi sekundární polutanty patří například atmosférický ozon. [5]

Existuje velké množství různých polutantů. Některé z nich však byly vyhodnoceny jako nejvýznamnější a proto je jejich stav monitorován. Mezi takto sledované látky patří oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ), oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), oxid uhelnatý ( $\text{CO}$ ) a pevně suspendované částice  $\text{PM}_{10}$  a  $\text{PM}_{2,5}$ . S ohledem na rozsah této práce budou v následujících částech charakterizovány a hodnoceny pouze 3 nejvýznamnější znečišťující látky (oxidy dusíku, oxid siřičitý a suspendované částice PM). [5]

### 3.1 Přepočítání mezi hmotnostní a objemovou koncentrací

Koncentrace znečišťující látky je obecně definována jako množství znečišťující látky obsažené v jednotce objemu vzduchu. Pro plynné látky je objem uvažován při normálním tlaku a normální teplotě. Koncentraci lze vyjádřit buďto v rozměru hmotnost na objem (**hmotnostní koncentrace**), nejčastěji v jednotkách  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , nebo v rozměru objem na objem (**objemová koncentrace**) v jednotkách ppm či ppb. [6]

Pro přepočítání mezi objemovou a hmotnostní koncentrací se užívá jednoduchý a přesný vzorec. Obecně platí, že  $1 \text{ ppb} = 10^{-9} \rho_N \text{ kg}/\text{m}^3$  a  $1 \text{ ppm} = 10^{-6} \rho_N \text{ kg}/\text{m}^3$ , kde  $\rho_N$  je hustota látky při normálních podmínkách, kterou lze stanovit pomocí rovnice (1) jako poměr mezi molární hmotností a molárním objemem při normálních podmínkách. [6]

$$\rho_N = \frac{M_{\text{kmol}_N}}{V_{\text{kmol}_N}} [\text{kg}/\text{m}^3] \quad (1)$$

Uvedený postup vyjádření hmotnostní koncentrace lze ukázat například pro oxid siřičitý. Molární hmotnost  $\text{SO}_2$  je rovna 64,066 g/mol a molární objem této látky je roven přibližně 21,9 dm<sup>3</sup>/mol. Výslednou hustotu  $\text{SO}_2$  při normálních podmínkách lze stanovit pomocí rovnice (1). Dosazení konkrétních hodnot do této rovnice je provedeno ve vztahu (2).

$$\rho_N(\text{SO}_2) = \frac{M_{\text{kmol}_N}(\text{SO}_2)}{V_{\text{kmol}_N}(\text{SO}_2)} = \frac{64,066}{21,9} = 2,925 \text{ kg/m}^3 \quad (2)$$

Z výsledné hustoty  $\text{SO}_2$  při normálních podmínkách lze pomocí rovnice (3) dopočítat výslednou hmotnostní koncentraci  $c_m(\text{SO}_2)$  v jednotkách  $\mu\text{g/m}^3$ .

$$c_m(\text{SO}_2) = 10^{-9} \cdot \rho_N(\text{SO}_2) = 10^{-9} \cdot 2,925 = 2,925 \mu\text{g/m}^3 \quad (3)$$

### 3.2 Oxidy dusíku $\text{NO}_x$

Slovní spojení oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ) se používá pro souhrnné označení směsi oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého ( $\text{NO}_2$ ). Oxid dusnatý je bezbarvý, nehořlavý, paramagnetický plyn bez zápachu. Oxid dusičitý je červenohnědý plyn s velmi štiplavým zápachem. Obě tyto látky jsou do vzduchu emitovány současně s převažujícím zastoupením NO (obvykle 90 %). Hlavním zdrojem těchto látek je, nejen v České republice, spalování fosilních paliv v silniční dopravě (až 55 % antropogenních  $\text{NO}_x$ ). Nejvýznamnějším přírodním producentem je vulkanická činnost. Pro Českou republiku a Evropu je však tento zdroj zanedbatelný. [8]

Výsledná koncentrace  $\text{NO}_x$  je součtem koncentrací  $\text{NO}$  a  $\text{NO}_2$  v objemových jednotkách (ppb), vyjádřených jako koncentrace  $\text{NO}_2$  v jednotkách hmotnostních ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Pro vyjádření výsledné hodnoty koncentrace  $\text{NO}_x$  použijí postup uvedený v kapitole 3.1. Molární hmotnost  $\text{NO}$  je rovna 30,01 g/mol, molární hmotnost  $\text{NO}_2$  je rovna 46 g/mol a molární objem ideálního plynu je roven 22,4  $\text{dm}^3/\text{mol}$ . Pomocí těchto tří hodnot lze dopočítat hmotnostní koncentrace  $\text{NO}$  (viz rovnice 5) a  $\text{NO}_2$  (viz rovnice 7), kde hmotnostní koncentrace  $\text{NO}_2$  odpovídá výsledné hmotnostní koncentraci  $\text{NO}_x$ .

$$\rho_N(\text{NO}) = \frac{M_{\text{kmol}_N}(\text{NO})}{V_{\text{kmol}_N}} = \frac{30,01}{22,4} = 1,34 \text{ kg}/\text{m}^3 \quad (4)$$

$$c_m(\text{NO}) = 10^{-9} \cdot \rho_N(\text{NO}) = 10^{-9} \cdot 1,34 = \mathbf{1,34 \mu\text{g}/\text{m}^3} \quad (5)$$

$$\rho_N(\text{NO}_2) = \frac{M_{\text{kmol}_N}(\text{NO}_2)}{V_{\text{kmol}_N}} = \frac{46}{22,4} = 2,05 \text{ kg}/\text{m}^3 \quad (6)$$

$$c_m(\text{NO}_x) = c_m(\text{NO}_2) = 10^{-9} \cdot \rho_N(\text{NO}_2) = 10^{-9} \cdot 2,05 = \mathbf{2,05 \mu\text{g}/\text{m}^3} \quad (7)$$

### 3.2.1 Vliv na zdraví člověka

Oxidy dusíku nemají při nízkých koncentracích výrazný vliv na zdraví člověka. Vystavení vysoké koncentraci  $\text{NO}_2$ , i když se jedná jen o krátkou dobu, však vede k vážnému poškození plic a v některých případech může způsobit i smrt. Dlouhodobější vdechování oxidů dusíku způsobuje zdravotní problémy horních cest dýchacích, astmatická onemocnění a vznik alergií. Oxidy dusíku se totiž váží na krevní barvivo, čímž zhoršují přenos kyslíku z plic do tkání. Studie ukazují, že oxidy dusíku hrají určitou roli i při vzniku nádorových onemocnění. [8]

### 3.2.2 Vliv na přírodu

Chemický prvek dusík (N) ovlivňuje v malé míře růst rostlin, z tohoto důvodu je běžnou součástí průmyslových hnojiv do půdy. Pokud se vyskytuje v podobě oxidů dusíku, je jeho vliv na životní prostředí negativní.  $\text{NO}_2$  a oxidy síry ( $\text{SO}_x$ ) jsou společně součástí tzv. kyselých dešťů, které působí negativně na stavby, rostlinnou vegetaci a způsobují okyselení vodních toků a ploch. Vznik kyselých dešťů je způsoben tím, že oxidy dusíku ve vzduchu

postupně přecházejí na kyselinu dusičnou ( $\text{HNO}_3$ ), která reaguje s prachovými částicemi za vzniku tuhých částic. Tyto částice jsou následně vymývány z atmosféry srážkovou činností. Dusík, který se dostává do půdy z atmosféry již nelze zanedbávat, jeho množství totiž začíná být větší, než množství dusíku pocházející z průmyslových hnojiv. NO je jedním ze skleníkových plynů. Tyto plyny se hromadí v atmosféře, kde absorbují infračervené záření ze zemského povrchu, které by bez jejich přítomnosti volně unikalo do vesmíru. Absorpce záření napomáhá ke vzniku tzv. skleníkového efektu a k celkovému oteplování planety. [8]

### 3.3 Oxid siřičitý $\text{SO}_2$

Oxid siřičitý je bezbarvý, nehořlavý, štiplavě páchnoucí plyn. Primárně je využíván v průmyslu pro výrobu kyseliny sírové. Současná společnost užívá velké množství paliv v mnoha různých odvětvích (výroba tepelné a elektrické energie, ropné rafinerie a dopravní prostředky). Při spalování fosilních paliv dochází k následnému úniku spalin do ovzduší. Proces rafinace snižuje obsah síry v benzínu, proto jsou emise oxidu siřičitého způsobené silniční dopravou nízké. V uhlí je obsaženo největší množství síry ze všech fosilních paliv, z tohoto důvodu je proces spalování uhlí naopak největším producentem emisí  $\text{SO}_2$ . Nejvýznamnějšími přírodními zdroji jsou sopečná činnost a lesní požáry. [9]

#### 3.3.1 Vliv na zdraví

Vdechování vyšší koncentrace oxidu siřičitého působí dráždivě na sliznici dýchacích cest, což následně vede k zúžení průdušek (bronchokonstrikci), snížení plicních funkcí, zvýšení odporu dýchacích cest, tvorbě hlenu a podráždění očních spojivek. Všechny uvedené příznaky se zhoršují s rostoucí fyzickou námahou, při které dochází ke zvýšení objemu dýchání, což umožňuje oxidu siřičitému pronikat hlouběji do dýchacího ústrojí. Velmi citlivou skupinou jsou astmatici a lidé s chronickými dýchacími potížemi. Jak u zdravých osob, tak u astmatiků se však vyskytují velké individuální rozdíly v citlivosti. Tento fakt znemožňuje stanovení přesné mezní koncentrace, pod kterou by se výše uvedené příznaky neprojevovaly. [9]

### 3.3.2 Vliv na přírodu

Jak již bylo zmíněno, SO<sub>2</sub> je společně s NO<sub>2</sub> základní složkou tzv. kyselých dešťů, které způsobují okyselení půd a vodních toků. Oxid siřičitý je velmi toxický pro rostliny. Reaguje totiž s chlorofylem, čímž narušuje fotosyntézu rostlin a zvyšuje jejich dýchání. Mechy a lišejníky jsou vzhledem ke své struktuře na tyto změny velmi citlivé. Na našem území je vegetace vlivem oxidu siřičitého nejvíce postižena v oblastech Beskyd, Krušných a Jizerských hor. [9]

## 3.4 Suspendované částice PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub>

Pevné suspendované částice jsou definovány jako směs různorodých částic pevného a kapalného skupenství rozptýlených v ovzduší o různé velikosti a chemickém složení. Pro označení suspendovaných částic se někdy také používají výrazy jako prachové částice, prašný aerosol nebo jednoduše prach. Nejedná se však o ten prach, který si většina z nás vybaví pod tímto pojmem, ale o neviditelný prach, který se vyskytuje všude kolem nás. Označení PM je odvozeno z anglického výrazu particulate matter, což v doslovném překladu do češtiny znamená částicová hmota. [10]

Dolní index za zkratkou PM označuje velikost částice. Konkrétně se jedná o maximální hodnotu aerodynamického průměru v mikrometrech, který je definován jako průměr koule o hustotě 1 kg/m<sup>3</sup> se stejnou aerodynamickou charakteristikou jako sledovaná částice. PM<sub>10</sub> tedy označuje skupinu částic, jejichž aerodynamický průměr je menší nebo roven 10 μm. Abychom dostali představu o velikosti prachových částic, tak například lidský vlas má průměr kolem 70 μm. Podle velikosti lze suspendované částice rozdělit do 3 skupin (viz Tab. 1). [10]

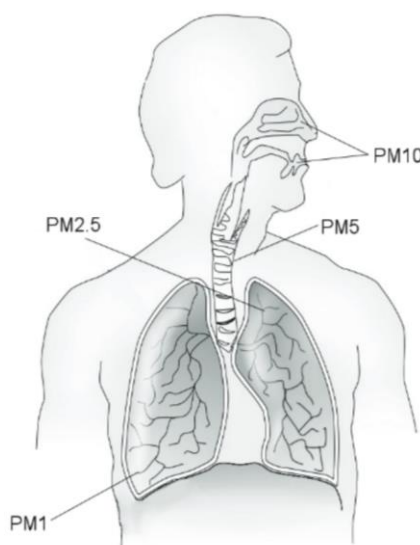
Tab. 1: Rozdělení suspendovaných částic podle velikosti aerodynamického průměru [10]

Frakce	Aerodynamický průměr d [μm]	Označení	Viditelnost
Hrubé částice	$d \leq 10$ $2,5 \leq d \leq 10$	PM <sub>10</sub> PM <sub>2,5-10</sub>	Viditelné pouhým okem
Jemné částice	$d \leq 2,5$	PM <sub>2,5-1</sub>	Viditelné pouze pod mikroskopem
Ultrajemné částice	$d \leq 0,1$	UFP nebo PM <sub>0,1</sub>	

Existuje velké množství zdrojů prachových částic. Nejvýznamnějším přírodním zdrojem je opět sopečná činnost, při které se do ovzduší dostává během krátké časové doby velké množství částic. Dalšími přírodními zdroji jsou lesní požáry, větrné bouře nebo přenos pylu. Mezi antropogenní zdroje patří spalování fosilních paliv (biomasa, uhlí, benzín) v dopravě a průmyslu, těžba, stavebnictví, zemědělství a mnoho dalších. [10]

### 3.4.1 Vliv na zdraví

Pevné suspendované částice se dostávají do lidského těla vdechováním a působí negativně na kardiovaskulární a plicní systém. Toxicita částic PM je způsobena zejména chemickými látkami obsaženými v aerosolu (amonné ionty, sírany a další). Zdravotní rizika závisí na chemickém složení, koncentraci a velikosti prachových částic. Obecně lze říci, že čím menší částice je, tím je škodlivější pro lidské zdraví, protože proniká hlouběji do plicního systému. Částice PM<sub>10</sub> například pronikají do dolních cest dýchacích a usazují se na průduškách, kdežto částice PM<sub>2,5</sub> se usazují hlouběji v plicích, konkrétně v plicních sklípcích (alveolus) a jsou tak z pohledu lidského zdraví nebezpečnější. [10]



Obr. 2: Dýchací ústrojí člověka a průnik částic PM [11]

Při dlouhodobé expozici mají částice PM za následek zvýšení kojenecké úmrtnosti a snížení délky dožití. Dalšími projevy bývají chronické plicní choroby a zánět průdušek (bronchitida). Vzhledem k tomu, že na sebe prachové částice často vážou různé organické látky s karcinogenními a mutagenními účinky, mohou také způsobit rakovinu plic. [10]

### 3.4.2 Vliv na přírodu

Prachové částice se z ovzduší dostávají do ostatních složek ekosystému pomocí mokré a suché atmosférické depozice. Obecně platí, že čím menší částice je, tím déle setrvává v ovzduší. Částice o aerodynamickém průměru větším než 10  $\mu\text{m}$  se usazují na zemský povrch v průběhu několika hodin, zatímco velmi malé částice (o průměru menší než 1  $\mu\text{m}$ ) setrvávají v atmosféře až týdny, než jsou mokrou depozicí odstraněny. Projevem přítomnosti částic PM v ovzduší bývá zhoršená viditelnost či tvorba smogu. Částice dále působí negativně na rostliny mechanickým zaprášením listů, čímž snižují aktivní plochu a zhoršují tak proces fotosyntézy. V neposlední řadě ovlivňují prachové částice, díky své schopnosti pohlcovat solární energii, také energetickou bilanci Země a napomáhají ke globálnímu oteplování. [10]

## 4 LEGISLATIVA V OCHRANĚ OVZDUŠÍ

Pod pojmem legislativa se rozumí soubor aktuálně platných právních předpisů daného státu. Otázky ohledně ochrany ovzduší se v České republice aktuálně řídí dle zákona č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší (dále jen „zákon o ochraně ovzduší“), který nabyl účinnosti dne 1. září 2012 a nahradil tak zákon 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší z roku 2002 (dále jen „starý zákon o ochraně ovzduší“). [12]

Jedním z hlavních důvodů přijetí nové legislativy v oblasti ochrany ovzduší byl nepříznivý vývoj znečištění prachovými částicemi společně se skutečností, že oba sektory jak vytápění domácností, tak silniční doprava měly velký vliv na zvyšování úrovně znečištění a s tím související zvýšení zdravotních rizik. [13]

Na rozdíl od úpravy zákona z roku 2002 je cíl zákona o ochraně ovzduší obsažen přímo v jeho textu a říká: „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 znečištění ovzduší.“ [12]

Současně se zákonem o ochraně ovzduší vešly v platnost také dvě důležité vyhlášky. Vyhláška č. 415/2012 Sb., vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší (dále jen „vyhláška č. 415/2012 Sb.“). Tato vyhláška se, jak již z názvu plyne, zabývá emisní situací na našem území. Druhou vyhláškou je vyhláška č. 330/2012 Sb., vyhláška o způsobu posuzování a vyhodnocování úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích (dále jen „vyhláška č. 330/2012 Sb.“). Tento legislativní dokument se zabývá problematikou imisní. [12]

Česká republika se, jako členský stát Evropské unie, musí současně řídit směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2008/50/ES o kvalitě a čistším ovzduší pro Evropu, která vešla v platnost dne 21. května 2008. Zákon o ochraně ovzduší zpracovává a upravuje příslušné předpisy dané zmíněnou směrnicí. Tento dokument je velmi důležitý z hlediska vývoje znečišťujících látek v Evropě. Jedná se o první směrnici EU, ve které jsou zahrnuty limitní hodnoty pro koncentraci suspendované částice PM<sub>2,5</sub>. Jedním z hlavních bodů



dokumentu je nařízení, které všem oblastem, kde úroveň znečištění překračuje dané limitní hodnoty, ukládá za povinnost zavést tzv. plány kvality ovzduší za účelem napravení dané situace. [12]

Zákon o ochraně ovzduší byl společně s příslušnými vyhláškami během uplynulých let často novelizován. Nejčastějšími důvody přijetí novely (nejen v oblasti ochrany ovzduší) je nutnost implementace nových evropských legislativ do českého práva a také úprava stávajícího znění zákona z důvodů různých nesrovnalostí či nejasností.

Příkladem může být přijetí zákona č. 172, obsaženém ve sbírce zákonů ze dne 16. srpna 2018. Tato novela vešla v platnost postupně od ledna 2019 a 2020. Jejím úkolem bylo především začlenění evropské legislativy o využití biopaliv třetí generace v dopravě a energetice do českého práva. Dále bylo v této novele také přijato několik pozměňovacích návrhů týkajících se stacionárních spalovacích zdrojů na tuhá paliva. [14]

## 4.1 Zdroje znečišťování

Zdrojem emisí je označován objekt či proces, při kterém dochází k vypouštění znečišťující látky nebo skupiny ZL do ovzduší. Zdroje znečišťování lze rozdělit podle mnoha kritérií. V zákonu o ochraně ovzduší jsou emisní zdroje rozděleny na **vyjmenované** („Zdroje, jejichž celkový jmenovitý příkon, projektovaná kapacita, spotřeba surovin, emise znečišťujících látek apod. dosahují určité stanovené meze nebo dosahují nad tuto stanovenou mez.“), které jsou k nahlédnutí v příloze č. 2 zákona o ochraně ovzduší, a **nevyjmenované** („Veškeré zdroje, jejichž celkový jmenovitý příkon, projektovaná kapacita, spotřeba surovin, emise znečišťujících látek apod. je nižší než stanovená mez.“). Dle starého zákona o ochraně ovzduší se zdroje znečišťování dělí na mobilní a stacionární. Toto starší rozdělení je obecně používanější, protože je dle něj stále vytvořena většina emisních i imisních limitů. Budu se jím proto v této práci zabývat podrobněji. [12]

Za **mobilní zdroje** se považují dopravní prostředky (automobily a letadla), nesilniční motorové zdroje (zemědělské či lesnické stroje a kompresory) a přenosná nářadí se spalovacím motorem (sekačky a pily). Vzhledem k obsáhlosti tématu o stacionárních zdrojích jsem se rozhodl věnovat mu samostatnou kapitolu 4.1.1. [1]

### 4.1.1 Stacionární zdroje znečišťování

Zákon o ochraně ovzduší definuje v §2 stacionární zdroje znečišťování jako „ucelené technicky dále nedělitelné stacionární technické jednotky nebo činnosti, které znečišťují nebo by mohly znečišťovat, nejde-li o stacionární technické jednotky používané pouze k výzkumu, vývoji nebo zkoušení nových výrobků a procesů“. Smyslem tohoto ustanovení je nezatížit zbytečnými povinnostmi zdroje, které nepatří mezi zdroje typické pro průmyslovou činnost, ale slouží výhradně k výzkumným činnostem. [12]

Mezi stacionární zdroje znečišťování se řadí zařízení, která pomocí spalovacího nebo jiného technologického procesu znečišťují ovzduší, plochy s možností zapaření a úletu znečišťujících látek (šachty, lomy), plochy na kterých jsou vykonávány činnosti způsobující znečištění ovzduší, sklady a skládky paliv, surovin či odpadů. [1]

Stacionární zdroje znečišťování lze rozdělit podle technického a technologického uspořádání do následujících skupin:

- a) **Spalovací zdroje** – zařízení spalovacích procesů, uvnitř kterých se za procesu oxidace paliv uvolňuje teplo, které je dále využíváno
- b) **Spalovny odpadů** – zařízení sloužící ke spalování odpadů, s nebo bez využití vzniklého tepla díky procesu spalování
- c) **Ostatní zdroje** – často také označované jako ostatní stacionární zdroje, mezi které patří například nakládání s odpadními vodami či chemický průmysl [1]

Starý zákon o ochraně ovzduší dělí stacionární zdroje znečišťování dle míry svého vlivu na kvalitu okolního ovzduší na zvláště velké, velké, střední a malé. [13]

Spalovací zdroje jsou nejpočetnější skupinou stacionárních zdrojů. Starý zákon o ochraně ovzduší dělí spalovací zdroje dle tepelného příkonu nebo výkonu do následujících kategorií:

- a) **Zvláště velké** – do této kategorie patří zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném příkonu 50 MW a vyšším bez přihlídnutí k jmenovitému tepelnému výkonu
- b) **Velké** – zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu od 5 MW do 50 MW, nespádající do předcházející kategorie
- c) **Střední** – tuto skupinu tvoří zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu od 0,2 MW do 5 MW včetně
- d) **Malé** – zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu nižším než 0,2 MW [13]

Všechna uvedená rozdělení jsou důležitá z legislativního a ekologického hlediska. V legislativě napomáhají k vytváření emisních limitů pro konkrétní úzkou skupinu zdrojů znečišťování, čímž umožňují lepší kontrolu dodržování těchto limitních hodnot a možnost stanovení peněžních sankcí při jejich překročení. Z ekologického pohledu nám tato rozdělení napomáhají při monitoringu znečišťujících zdrojů a množství látek, které jednotlivé skupiny vyprodukují za určité období. Díky těmto informacím máme možnost v čas reagovat na náhlé změny.

## 4.2 Emisní limity

Emisní limity lze dle §4 odst. 2 zákona o ochraně ovzduší rozdělit na obecné a specifické. Obecné emisní limity jsou určeny pro vybrané znečišťující látky nebo jejich skupiny. Specifické emisní limity jsou naopak vytvořeny pro konkrétní stacionární zdroje znečišťování a lze je tedy považovat za nadřazený výraz k limitům obecným. [12]

V následující tabulce č. 2 jsou uvedeny obecné emisní limity pro koncentrace znečišťujících látek a jejich skupiny při normální teplotě a tlaku ve vlhkém plynu, dle přílohy č. 9 vyhlášky č. 415/2012 Sb.

Tab. 2: Obecné emisní limity [15]

Název znečišťující látky	Hmotnostní tok [g/h]	Hmotnostní koncentrace [mg/m <sup>3</sup> ]
Tuhé znečišťující látky (TZL)	≤ 2500	200
	> 2500	150
Oxidy síry vyjádřené jako oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> )	> 20000	2500
Oxidy dusíku vyjádřené jako oxid dusičitý (NO <sub>2</sub> )	> 10000	500
Oxid uhelnatý (CO)	> 5000	500
Organické látky vyjádřené jako celkový organický uhlík (TOC)	> 3000	150
Amoniak a soli amonné vyjádřené jako amoniak (NH <sub>3</sub> )	> 500	50
Sulfan (H <sub>2</sub> S)	> 100	10
Sirouhlík (CS <sub>2</sub> )	> 100	20
Chlor a jeho plynné anorganické sloučeniny vyjádřené jako chlorovodík (HCl)	> 500	50
Fluor a jeho plynné anorganické sloučeniny vyjádřené jako fluorovodík (HF)	> 100	10

Specifické emisní limity jsou dle vyhlášky č. 415/2012 Sb. stanoveny pro různé typy zdrojů znečišťování: spalovací stacionární zdroje, zdroje s tepelným zpracováním odpadu, zdroje emitující těkavé organické látky či ostatní stacionární zdroje. [15]

Emisní limity pro **spalovací stacionární zdroje** jsou uvedeny v příloze č. 2 vyhlášky č. 415/2012 Sb. Tento typ lze dále rozdělit podle jmenovitého tepelného příkonu jednotlivých zdrojů. Zdroje znečišťování se jmenovitým tepelným příkonem 50 MW nebo vyšším tvoří jednu skupinu, o které pojednává část I přílohy č. 2 vyhlášky č. 415/2012 Sb. A zdroje s tepelným příkonem vyšším než 0,3 MW a zároveň nižším než 50 MW tvoří skupinu druhou, kterou lze najít v části II přílohy č. 2 této vyhlášky. [15]

V tabulce č. 3 jsou uvedené emisní limity pro jednotlivé spalovací stacionární zdroje z první skupiny (s tepelným příkonem nad 50 MW), rozdělné podle jmenovitého výkonu do tří kategorií a podle znečišťujících látek do dalších čtyř podkategorií.

Tab. 3: Specifické emisní limity pro spalovací stacionární zdroje, pro něž byla podána kompletní žádost o první povolení provozu, nebo obdobné povolení podle dřívějších právních předpisů, před 7. lednem 2013 a byly uvedeny do provozu nejpozději 7. ledna 2014 [15]

Druh paliva	Specifické emisní limity [mg/m <sup>3</sup> ]											
	50 – 100 MW				> 100 – 300 MW				> 300 MW			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO
Pevné palivo obecně	400	300	20	250	200	200	20	250	150	150	10	250
Biomasa	200	250	20	250	200	200	20	250	150	150	20	250
Rašelina	300	250	20	250	300	200	20	250	150	150	20	250
Kapalné palivo obecně	350	300	20	175	200	150	20	175	150	100	10	175
Zkapalněný plyn	5	300	5	175	5	150	5	175	5	150	5	175
Plynné palivo obecně	35	100	5	100	35	100	5	100	35	100	5	100
Zemní plyn	35	100	5	100	35	100	5	100	35	100	5	100
Koksárenský plyn	400	100	30	100	400	100	30	100	400	100	30	100
Vysokopeční plyn	200	100	10	100	200	100	10	100	200	100	10	100
Plyn ze zplyňování rafinérských zbytků	35	100	5	100	35	100	5	100	35	100	5	100

Do druhé skupiny stacionárních zdrojů (s tepelným příkonem mezi 0,3 MW a 50 MW) lze zařadit kotle a teplovzdušné přímotopné stacionární zdroje (viz Tab. 4), pístové spalovací motory (viz Tab. 5) a plynové turbíny (viz Tab. 6). Pro každý z těchto zdrojů jsou v části II přílohy č. 2 vyhlášky č. 415/2012 Sb. uvedeny jednotlivé specifické emisní limity.

Tab. 4: Specifické emisní limity pro kotle a teplovzdušné přímotopné stacionární zdroje platné od 1. ledna 2018 [15]

Druh paliva	Specifické emisní limity [mg/m <sup>3</sup> ]											
	> 0,3 – 1 MW				> 1 – 5 MW				> 5 – 50 MW			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO
Pevné palivo	-	600	100	400	-	500	50	500	1500	500	30	300
Kapalné palivo	-	130	-	80	-	130	50	80	1500	130	30	80
Plynné palivo a zkapalněný plyn	-	100	-	50	-	100	-	50	-	100	-	50

Tab. 5: Specifické emisní limity pro spalovací motory platné od 1. ledna 2018 [15]

Druh paliva	Specifické emisní limity [mg/m <sup>3</sup> ]								
	> 0,3 – 1 MW			> 1 – 5 MW			> 5 – 50 MW		
	NO <sub>x</sub>	TZL	CO	NO <sub>x</sub>	TZL	CO	NO <sub>x</sub>	TZL	CO
Kapalné palivo	400	-	450	400	50	450	400	20	450
Plynné palivo a zkapalněný plyn	500	-	650	500	-	650	500	-	650

Tab. 6: Specifické emisní limity pro plynové turbíny platné od 1. ledna 2018 [15]

Druh paliva	Specifické emisní limity [mg/m <sup>3</sup> ]					
	> 0,3 – 1 MW		> 1 – 5 MW		> 5 – 50 MW	
	NO <sub>x</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CO
Kapalné palivo	300	100	300	100	300	100
Plynné palivo a zkapalněný plyn	250	100	50	100	50	100

Specifické emisní limity pro **stacionární zdroje tepelně zpracovávající odpad** jsou k nahlédnutí v příloze č. 4 vyhlášky č. 415/2012 Sb. V tabulce č. 7 jsou uvedeny emisní limity pro znečišťující látky, které jsou produktem spalování odpadu. Právě spalovny odpadu jsou nejvýznamnějším zástupcem skupiny stacionárních zdrojů tepelně zpracovávajících odpad. [15]

Tab. 7: Emisní limity pro znečišťující látky zjišťované primárně kontinuálním měřením [15]

Znečišťující látka	Emisní limit [mg/m <sup>3</sup> ]			
	Denní průměr	Půlhodinové průměry		10 minutový průměr
		97 %	100 %	95 %
TZL	10	10	30	-
NO <sub>x</sub>	200	200	400	-
SO <sub>2</sub>	50	50	200	-
TOC	10	10	20	-
HCl	10	10	60	-
HF	1	2	4	-
CO	50	-	100	150

### 4.3 Imisní limity

Jak již bylo zmíněno na začátku této kapitoly, imisní problematikou se z legislativního hlediska zabývá vyhláška č. 330/2012 Sb. Tato vyhláška upravuje a zpracovává příslušné Evropské předpisy týkající se dané problematiky.

V níže uvedené tabulce č. 8 jsou k vidění imisní limity pro ochranu a zdraví lidí dle zákona o ochraně ovzduší. U jednotlivých hlavních znečišťujících látek jsou uvedeny také hodnoty maximálního možného počtu překročení a doby průměrování.

Tab. 8: Imisní limity vyhlášené pro ochranu a zdraví lidí včetně maximálního přípustného počtu překročení [12]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Maximální počet překročení
Oxid siřičitý ( $\text{SO}_2$ )	1 hodina	350	24x za rok
	24 hodin	125	3x za rok
Oxid dusičitý ( $\text{NO}_2$ )	1 hodina	200	18x za rok
	1 kalendářní rok	40	0
Oxid uhelnatý ( $\text{CO}$ )	Maximální denní 8h klouzavý průměr <sup>1)</sup>	10000	0
Benzen ( $\text{C}_6\text{H}_6$ )	1 kalendářní rok	5	0
Částice $\text{PM}_{10}$	24 hodin	50	35x za rok
	1 kalendářní rok	40	0
Částice $\text{PM}_{2,5}$	1 kalendářní rok	20 (od roku 2020)	0
Olovo (Pb)	1 kalendářní rok	0,5	0
Atmosférický ozon ( $\text{O}_3$ )	Maximální denní 8h klouzavý průměr	120	25x v průměru za 3 roky

Poznámky:

1) 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, tj. první výpočet je proveden z hodinových koncentrací během periody 17.00 předešlého dne a 01.00



daného dne. Poslední výpočet daný den se provede pro periodu od 16.00 do 24.00 hodin. [12]

Pro látky, které mají největší vliv na znečištění přírody, jsou dle zákona o ochraně ovzduší uvedeny imisní limity pro ochranu ekosystémů a vegetace. Tyto limitní hodnoty jsou společně s dobou průměrování uvedeny v tabulce č. 9.

Tab. 9: Imisní limity vyhlášené pro ochranu ekosystémů a vegetace [12]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Hodnota imisního limitu
Oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> )	Kalendářní rok a zimní období (1. 10. – 31. 3.)	20 µg/m <sup>3</sup>
Oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> )	1 kalendářní rok	30 µg/m <sup>3</sup>
Atmosférický ozon (O <sub>3</sub> )	AOT 40 <sup>1)</sup>	18000 µg/m <sup>3</sup> · h

Poznámky:

1) Pro účely tohoto zákona AOT 40 znamená součet rozdílů mezi hodinovou koncentrací větší, než 80 µg/m<sup>3</sup> a hodnotou 80 µg/m<sup>3</sup> v dané periodě užitím pouze hodinových hodnot změřených každý den 08.00 a 20.00 SEČ, vypočtený z hodinových hodnot v letním období (1. 5. – 31. 7.). [12]

## 4.4 Malé spalovací zdroje

Jedním z hlavních důvodů přijetí zákona o ochraně ovzduší byl nepříznivý vývoj znečištění ovzduší tuhými částicemi, na kterém se velkou mírou podílí právě lokální vytápění domácností. [13]

Z textu zákona o ochraně ovzduší vyplývá, že u názvu zdrojů znečišťování se již nepoužívá přívlastek malý, střední, velký a zvláště velký, vyjadřující míru vlivu zdroje na znečištění ovzduší, ale zdroj je nyní definován druhem technologie a jmenovitým výkonem nebo tepelným příkonem. Tedy označení „malé spalovací zdroje“ je nahrazeno novou frází „spalovací stacionární zdroj o tepelném příkonu 300 kW a nižším“. [13]

Pravidlo sčítání jmenovitých tepelných příkonů jednotlivých spalovacích zdrojů dle §4, odst. 7 zákona je stále platné. Zákon o ochraně ovzduší však toto pravidlo lehce upravil. Dle §4, odstavce 7c zákona o ochraně ovzduší, se toto pravidlo nepoužije u spalovacích zdrojů o jmenovitém tepelném příkonu 300 kW a nižším, umístěných v rodinném nebo bytovém domě. V textu zákona o ochraně ovzduší se však vyskytuje drobná (avšak velmi podstatná) nepřesnost, kterou výstižně popisuje Doc. Hemerka ve své publikaci [13]:

„Zde došlo při tvorbě zákona k nepřesnosti v textu, neboť záměrem bylo, aby se u bytových domů při stanovení kategorie zdroje nesčítaly tepelné příkony spalovacích zdrojů u jednotlivých bytů v domě a pravidlo sčítání se aplikovalo na společné zdroje v domovní kotelně, tak jak tomu bylo i u předcházející právní úpravy dle zákona č. 86/2002 Sb. a navazujících předpisů. Tímto omylem nastala u bytových domů zajímavá situace, kde u kotelny umístěné přímo v bytovém domě se jmenovité příkony jednotlivých zdrojů < 300 kW nesčítají, protože zdroje jsou „umístěny v domě“, ale pokud je kotelna umístěna vně obytného domu, třeba přístavku, tak se jmenovité příkony jednotlivých zdrojů již sčítají. Zmíněný nedostatek ve stanovení kategorie spalovacích zdrojů by měl být opraven při novele zákona.“

V novele zákona o ovzduší 201/2012 Sb., která vyšla pod číslem 369/2016 Sb. a nabyla účinnosti dne 1. ledna 2017, skutečně došlo k úpravě pravidel pro sčítání tepelných příkonů spalovacích zdrojů.

#### **4.4.1 Mezní hodnoty emisí**

Důležitá změna v zákonu o ochraně ovzduší vyplývá z §16, povinnosti osob. V textu tohoto paragrafu je psáno, že osoba uvádějící na trh v České republice spalovací stacionární zdroj o jmenovitém tepelném příkonu 300 kW a nižším, sloužící jako zdroj tepla pro teplovodní soustavu ústředního vytápění, je povinna prokázat certifikátem podle zákona 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky, že zdroj splňuje emisní požadavky pro tento stacionární zdroj. [13]

Pro spalovací zdroje na pevná paliva, která slouží jako zdroj tepla pro ústřední vytápění, jsou uvedeny mezní hodnoty emisí pro látky CO, TOC a TZL (viz Tab. 10). Pro tyto zdroje se dále rozlišuje, zda jde o spalování paliva biologického nebo fosilního a zda je dodávka paliva samočinná nebo ruční. Jmenovitý tepelný příkon je při uvádění mezních hodnot emisí (minimální emisní požadavky) rozdělen do tří pásem. První pásmo tvoří spalovací stacionární zdroje se jmenovitým tepelným příkonem nižším než 65 kW, druhou tvoří zdroje s tepelným příkonem v rozmezí mezi 65 a 187 kW a do třetí se řadí zdroje s tepelným příkonem mezi 187 a 300 kW. [13]

Tab. 10: Mezní hodnoty emisí pro spalovací stacionární zdroje na pevná paliva [12]

Dodávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný příkon [kW]	Mezní hodnoty emisí		
			CO	TOC	TZL
			[mg/m <sup>3</sup> ]		
Ruční	Biologické	≤ 65	5000	150	150
		> 65 až 187	2500	100	150
		> 187 až 300	1200	100	150
	Fosilní	≤ 65	5000	150	125
		> 65 až 187	2500	100	125
		> 187 až 300	1200	100	125
Samočinná	Biologické	≤ 65	3000	100	150
		> 65 až 187	2500	80	150
		> 187 až 300	1200	80	150
	Fosilní	≤ 65	3000	100	125
		> 65 až 187	2500	80	125
		> 187 až 300	1200	80	125

Od 1. ledna 2018 jsou dle zákona o ochraně ovzduší zavedeny přísnější mezní hodnoty emisí pro spalovací stacionární zdroje nově uváděné na trh (viz Tab. 11). [13]

Tab. 11: Mezní hodnoty pro spalovací stacionární zdroje na pevná paliva platné od 1. 1. 2018 [12]

Dodávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný příkon [kW]	Mezní hodnoty emisí		
			CO	TOC	TZL
			[mg/m <sup>3</sup> ]		
Ruční	Biologické/ fosilní	≤ 300	1200	50	75
Samočinná	Biologické/ fosilní	≤ 300	1000	30	60

Velký význam z hlediska ochrany ovzduší má jakákoliv kontrola prodeje a především provozu spalovacích zdrojů na pevná paliva. Česká norma **ČSN EN 303-5:2013**, která navázala na novelizovanou evropskou normu EN 303-2:2012, popisuje způsoby zkoušení kotlů, konstrukční materiály a bezpečnost. Dále jsou v jejím textu uvedeny požadavky na minimální účinnost kotle a mezní hodnoty emisí (emisní limity), které musí kotle při jmenovitém a minimálním tepelném výkonu splňovat. Emisní limity jsou v této normě uvedeny pro CO (viz Tab. 12), OGC (viz Tab. 13) a prach (TZL dle ochrany ovzduší) (viz Tab. 14). V tabulkách s mezními hodnotami emisí lze dále pozorovat, že jmenovitý tepelný příkon je pro každý druh paliva (fosilní nebo biologické) rozdělen do tří pásem. [13]

Tab. 12: Mezní hodnoty emisí pro CO u kotlů na pevná paliva dle ČSN EN 303-5:2013 [12]

Dodávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný příkon [kW]	Mezní hodnoty emisí pro CO		
			třída 3	třída 4	třída 5
			[mg/m <sup>3</sup> ]		
Ruční	Biologické	≤ 50	5000	1200	700
		> 50 až 150	2500		
		> 150 až 500	1200		
	Fosilní	≤ 50	5000		
		> 50 až 150	2500		
		> 150 až 500	1200		
Samočinná	Biologické	≤ 50	3000	1000	500
		> 50 až 150	2500		
		> 150 až 500	1200		
	Fosilní	≤ 50	3000		
		> 50 až 150	2500		
		> 150 až 500	1200		

Tab. 13: Mezní hodnoty emisí pro OGC u kotlů na pevná paliva dle ČSN EN 303-5:2013 [12]

Dodávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný příkon [kW]	Mezní hodnoty emisí pro OGC		
			třída 3	třída 4	třída 5
			[mg/m <sup>3</sup> ]		
Ruční	Biologické	≤ 50	150	50	30
		> 50 až 150	100		
		> 150 až 500	100		
	Fosilní	≤ 50	150		
		> 50 až 150	100		
		> 150 až 500	100		
Samočinná	Biologické	≤ 50	100	30	20
		> 50 až 150	80		
		> 150 až 500	80		
	Fosilní	≤ 50	100		
		> 50 až 150	80		
		> 150 až 500	80		

Tab. 14: Mezní hodnoty emisí pro prach u kotlů na pevná paliva dle ČSN EN 303-5:2013 [12]

Dodávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný příkon [kW]	Mezní hodnoty emisí pro prach		
			třída 3	třída 4	třída 5
			[mg/m <sup>3</sup> ]		
Ruční	Biologické	≤ 50	150	75	60
		> 50 až 150	150		
		> 150 až 500	150		
	Fosilní	≤ 50	125		
		> 50 až 150	125		
		> 150 až 500	125		
Samočinná	Biologické	≤ 50	150	60	40
		> 50 až 150	150		
		> 150 až 500	150		
	Fosilní	≤ 50	125		
		> 50 až 150	125		
		> 150 až 500	125		

V porovnání s předcházející normou ČSN EN 303-5:2000 došlo v normě ČSN EN 303-5:2013 ke zvýšení tepelného výkonu kotlů až na 500 kW, dále byly zrušeny emisní třídy 1 a 2, podle kterých bylo možné prodávat kotle s platným certifikátem do 31. 12. 2013. Třídy 1 a 2 byly s příchodem nové normy ČSN EN 303-5:2013 nahrazeny emisními třídami 4 a 5. Od ledna 2014 bylo v ČR možno (podle zákona o ochraně ovzduší) prodávat kotle splňující požadavky dané emisní třídou 3. Od ledna roku 2018 však došlo podle zákona o ochraně ovzduší ke zpřísnění emisních limitů a v České republice je možné prodávat pouze kotle splňující emisní požadavky dle tabulky č. 11, které odpovídají požadavkům na emisní třídu 4 kotlů dle ČSN EN 303-5:2013. [13]

#### 4.4.2 Vliv na imisní situaci

V roce 2011, kdy na území ČR proběhlo sčítání lidu, bylo evidováno celkem 3,6 milionu domácností, které používají různé otopné systémy. Jejich zastoupení je dle publikace [13] následující:

- 38,7 % bytů je vytápěno zemním plynem
- 37,3 % bytů je vytápěno pomocí CZT ze „středních“ a „velkých“ zdrojů

- 9,2 % bytů (336 000 domácností) je vytápěno uhlím
- 7,8 % bytů (285 000 domácností) je vytápěno palivem na bázi dřeva
- 7 % bytů je vytápěno elektřinou
- Minimum bytů je vytápěno LTO, P-B a ostatními způsoby vytápění

Z tohoto výčtu vyplývá, že 17 % bytů (621 000 domácností) je vytápěno pevnými palivy (uhlí a palivo na bázi dřeva). Tento fakt jen potvrzuje, že vytápění domácností má velmi výrazný vliv na znečišťování ovzduší na našem území.

Lokální topeniště jsou hlavním zdrojem emisí převážně v oblastech vzdálených od velkých průmyslových zón. Význam lokálních topenišť je tím větší, že emise z nich vypouštěné se (na rozdíl od vyšších komínů u středních a velkých zdrojů) nerozptylují na větší vzdálenosti a bezprostředně působí na obyvatelstvo přímo v místě jejich vzniku.

## 5 IMISNÍ SITUACE V ČR

Kvality ovzduší v ČR se hodnotí dle imisních limitů uvedených v zákonu o ochraně ovzduší, který dále vymezuje zóny a aglomerace (viz Tab. 15 a Obr. 3), na jejichž úrovni je prováděno posuzování a vyhodnocování kvality ovzduší. Pojmem zóna je v zákonu o ochraně ovzduší označováno území sloužící Ministerstvu životního prostředí (MŽP) ke sledování a řízení kvality ovzduší. Aglomerací je myšlena osídlená oblast, ve které žije nejméně 250 000 obyvatel. Zákon o ochraně ovzduší vymezuje na našem území celkem tři aglomerace: Praha, Brno a Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek. Poslední z uvedených je často označována zkratkou O/K/F-M. [12]

Tab. 15: Seznam zón a aglomerací [12]

Zóna/Agglomerace	Kód zóny/aglomerace <sup>*)</sup>
Agglomerace Praha	CZ01
Zóna Střední Čechy	CZ02
Zóna Jihozápad	CZ03
Zóna Severozápad	CZ04
Zóna Severovýchod	CZ05
Zóna Jihovýchod	CZ06Z
Agglomerace Brno	CZ06A <sup>**)</sup>
Zóna Střední Morava	CZ07
Zóna Moravskoslezsko	CZ08Z
Agglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek	CZ08A <sup>***)</sup>

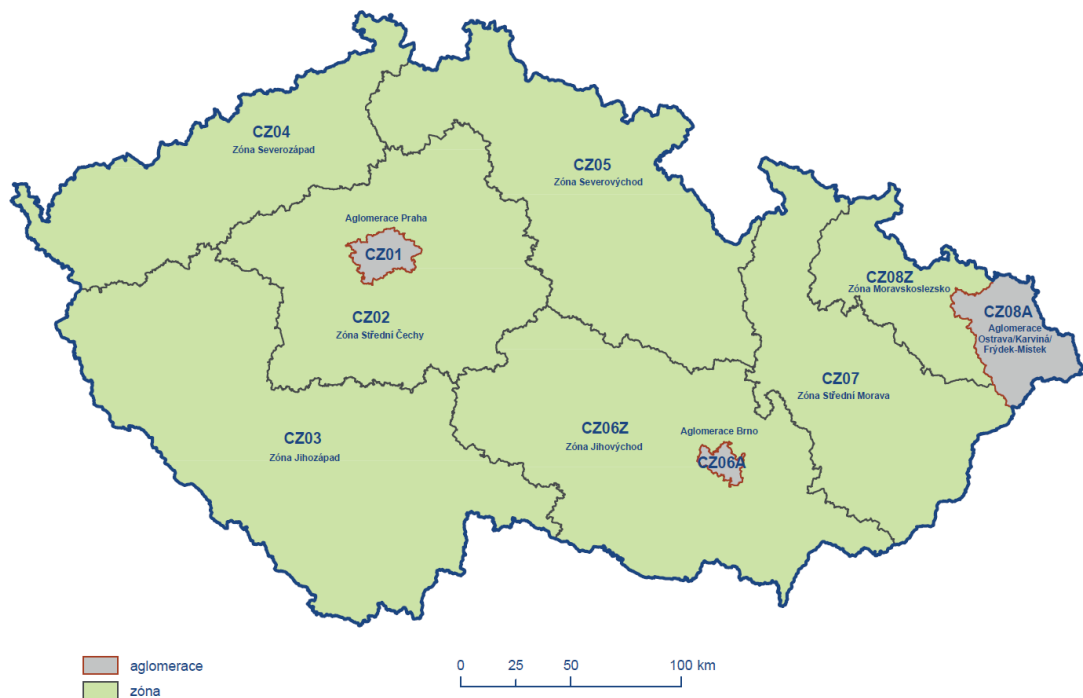
Poznámky:

\*) Členění území na zóny a aglomerace vychází z klasifikace územních statistických jednotek uvedené ve sdělení Českého statistického úřadu zveřejněného ve Sb. zákonů dne 29. dubna 2004 pod číslem 228, především z oblasti NUTS 2. V případě, že je z oblasti NUTS 2 definované uvedeným sdělením vyjmuto území aglomerace, jsou tyto označeny odlišně od uvedeného sdělení doplněním písmene „Z“ a „A“.

\*\*\*) Území aglomerace je shodné s územím okresu Brno-město a je definováno NUTS kódem CZ0622.



\*\*\*) Území aglomerace je shodné s územím okresů Ostrava-město, Karviná a Frýdek-Místek a je definováno NUTS kódy CZ0806, CZ0803 a CZ0802.

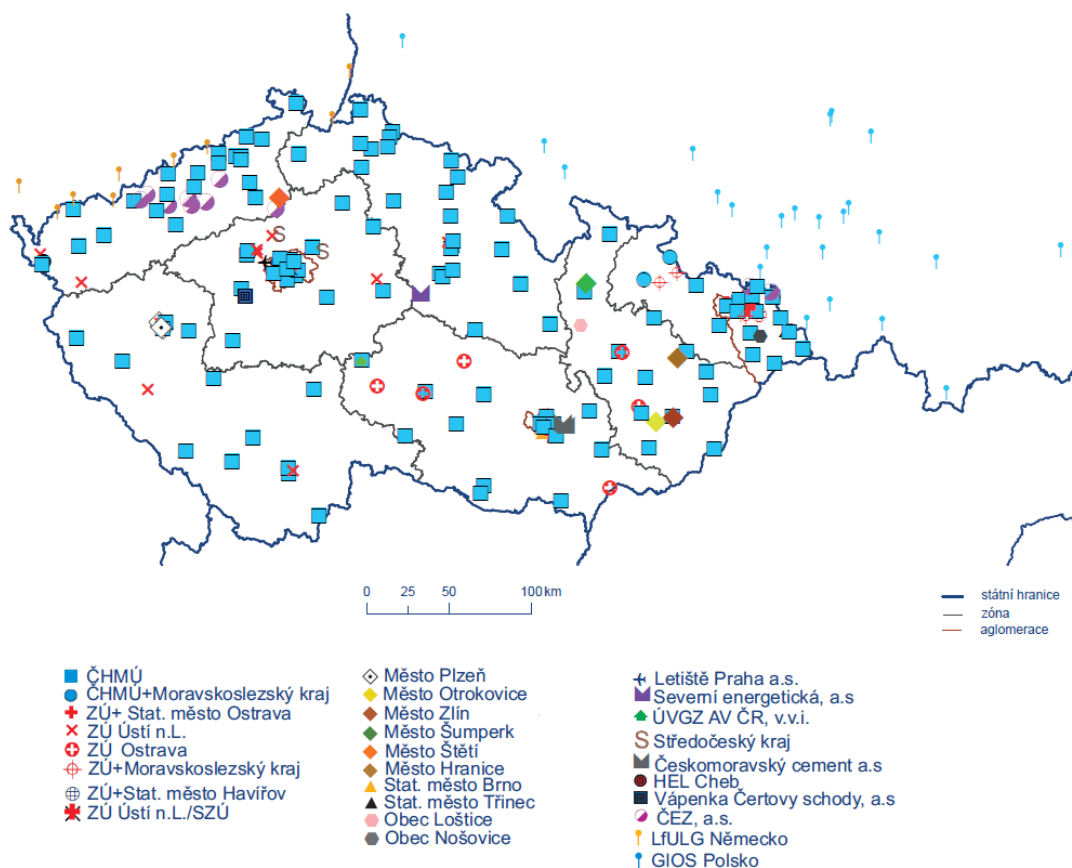


Obr. 3: Grafické zobrazení zón a aglomerací dle zákona o ochraně ovzduší [5]

Vyhláška č. 330/2012 Sb. stanovuje na základě směrnice EU, že posuzování úrovně znečištění ovzduší lze provést třemi možnými způsoby a to stacionárním měřením, výpočtem pomocí modelu nebo jejich kombinací. Konkrétní způsob posuzování úrovně znečištění se volí na základě překročení horní (UAT) či dolní (LAT) meze pro posuzování úrovně znečištění.

Pro účel stacionárního měření vznikla na našem území síť měřicích stanic monitorujících koncentraci znečišťujících látek v troposféře. Státní síť imisního monitoringu je v České republice společně s Informačním systémem kvality ovzduší (ISKO) provozována Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), který pravidelně zpracovává naměřená imisní data, na základě kterých každoročně publikuje grafickou a tabelární ročenku. Zmiňované dvě ročenky poslouží jako hlavní zdroje této části práce.

Úkolem stanic imisního monitoringu je zajistit sledování kvality ovzduší na území celého státu. Konkrétní rozmístění jednotlivých stanic v roce 2019 je k vidění na obrázku č. 4. Hodnocení kvality ovzduší je prováděno porovnáváním zjištěných úrovní koncentrací s příslušnými imisními limity, popřípadě s přípustnými počty překročení těchto limitů za kalendářní rok.



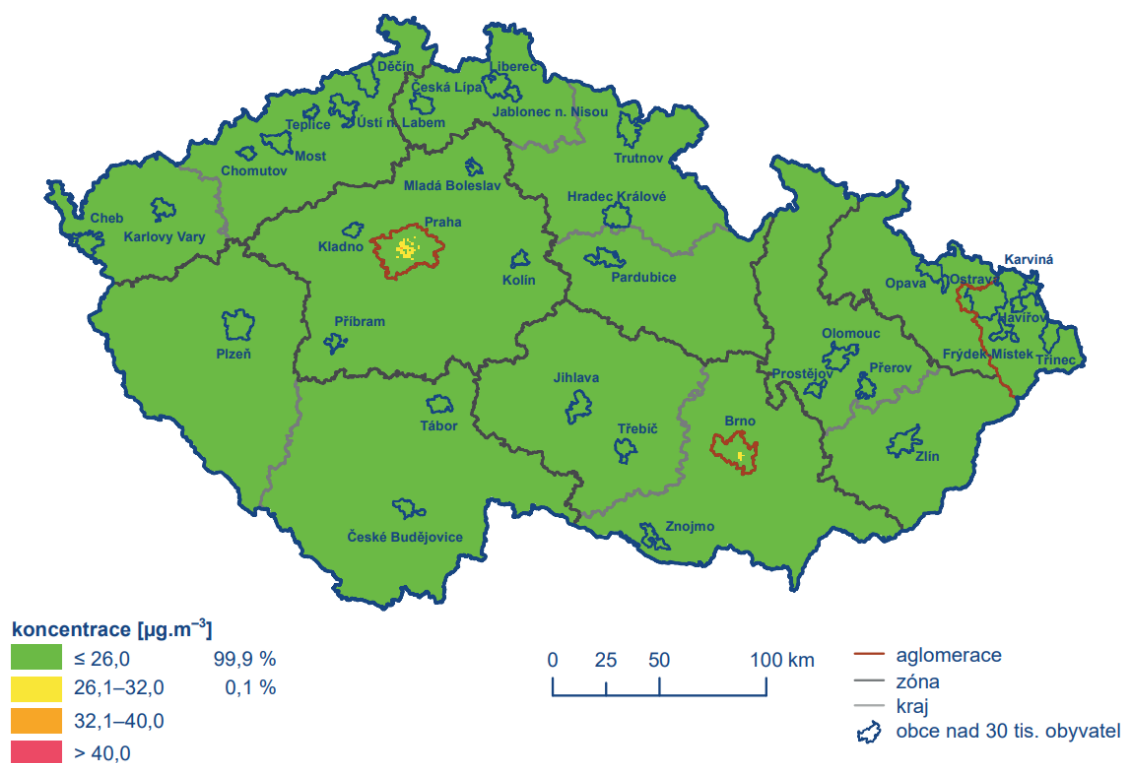
Obr. 4: Významné staniční síť sledování kvality venkovního ovzduší v roce 2019 [5]

## 5.1 Oxidy dusíku

Jak je množné pozorovat na mapě v obrázku č. 5, který zobrazuje pole roční průměrné koncentrace oxidu dusičitého, převážná část (99,9 %) území ČR je zobrazena zelenou barvou. Ta značí, že na daném území nebyla překročena dolní mez pro posuzování koncentrace NO<sub>2</sub> (hodnoty dolní a horní meze pro posuzování NO<sub>2</sub> jsou společně s imisními limity k vidění v tabulce č. 16). Oblasti vyznačené barvou žlutou jsou koncentrovány do velkých měst (Praha, Brno, Ostrava). Tento fakt jen potvrzuje skutečnost, že NO<sub>2</sub> se do vnějšího ovzduší uvolňuje při spalování fosilních paliv. V městských oblastech je největším producentem této znečišťující látky silný automobilový provoz.

Tab. 16: Imisní limity NO<sub>2</sub> pro ochranu zdraví [12]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Imisní limit (LV) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
		Dolní (LAT)	Horní (UAT)	
NO <sub>2</sub>	1 hodina	100	140	200
	kalendářní rok	32	26	40



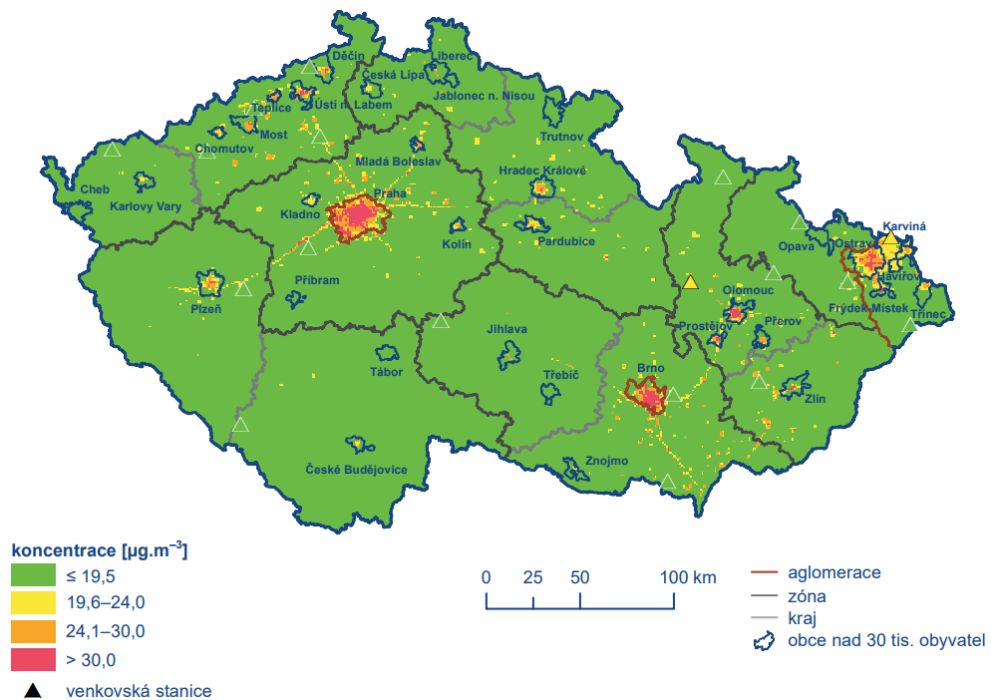
Obr. 5: Pole roční průměrné koncentrace NO<sub>2</sub> v roce 2019 [5]

Český hydrometeorologický ústav ve své grafické ročence [5] pro rok 2019 uvádí o koncentraci oxidu dusičitého následující: „Z celkového počtu 99 měřících stanic s dostatečným množstvím dat pro hodnocení došlo v roce 2019 na jedné stanici (Praha 2-Legerova (hot spot)) k překročení ročního imisního limitu ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Vysoké hodnoty koncentrací  $\text{NO}_2$  na této stanici souvisí s vysokou intenzitou dopravy v bezprostřední blízkosti stanice a jejím umístěním v uličním kaňonu, kde je výrazně snížena možnost provětrávání. V roce 2019 nebyla na žádné lokalitě překročena hodnota imisního limitu pro hodinovou koncentraci  $\text{NO}_2$  ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).“

Vzhledem k tomu, že oxidy dusíku jsou definovány jako směs  $\text{NO}$  a  $\text{NO}_2$  vyjádřené v jednotkách koncentrace  $\text{NO}_2$ , lze u nich předpokládat podobné pole roční průměrné koncentrace. Tento fakt potvrzuje mapa na obrázku č. 6. Z obrázku je patrné, že nejvyšší koncentrace  $\text{NO}_x$  se nachází ve velkých městech, v průmyslových oblastech a v okolí silničních tahů.

Tab. 17: Imisní limit  $\text{NO}_x$  pro ochranu ekosystémů a vegetace [12]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Imisní limit (LV) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
		Dolní (LAT)	Horní (UAT)	
$\text{NO}_x$	kalendářní rok	19,5	24	30



Obr. 6: Pole roční průměrné koncentrace  $\text{NO}_x$  v roce 2019 [5]

V grafické ročence ČHMÚ [5] pro rok 2019 je o koncentraci oxidů dusíku uvedeno následující: „Imisní limit pro ochranu ekosystému a vegetace pro roční průměrné koncentrace NO<sub>x</sub> (30 µg/m<sup>3</sup>) nebyl v roce 2019 překročen ani na jedné z 19 venkovských stanic s dostatečným množstvím dat pro hodnocení. Na mapě (viz Obr. 6) jsou formou bodových značek vyznačeny pouze stanice venkovské, protože jen na těchto lokalitách se dle platné české legislativy hodnotí úroveň ročních koncentrací NO<sub>x</sub> vzhledem k imisnímu limitu pro vegetace a ekosystémy.“

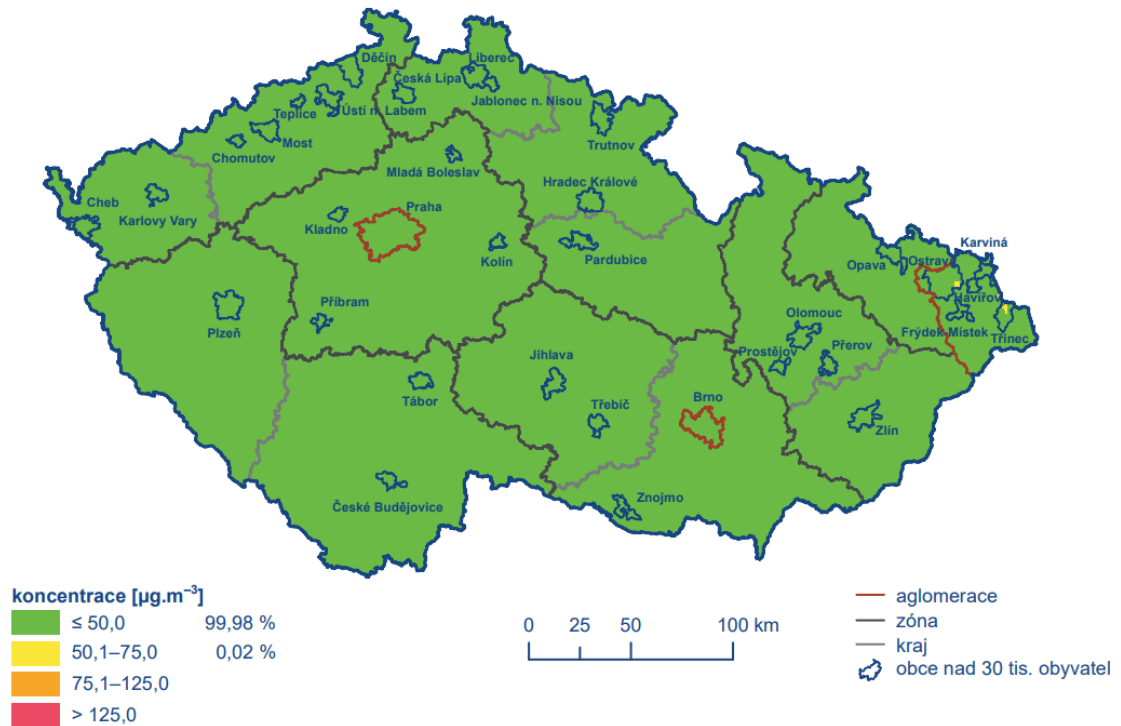
## 5.2 Oxid siřičitý

Na obrázku č. 7 je k vidění mapa zobrazující pole čtvrté nejvyšší 24hodinové koncentrace SO<sub>2</sub> na našem území v roce 2019. Z přiložené mapy je patrné, že situace ohledně znečištění ovzduší oxidem siřičitým byla v tomto roce velmi dobrá. V žádné oblasti České republiky nebyla překročena hodnota 24hodinového imisního limitu pro ochranu zdraví (125 µg/m<sup>3</sup>). Jediným územím, na kterém byla překročena hodnota dolní meze pro posuzování koncentrace SO<sub>2</sub>, byla oblast Ostravska. Nachází se zde totiž Ostravsko-karvinská pánev známá jako významné ložisko černého uhlí. Ze strategického pohledu je výhodné, aby se elektrárny spalující černé energetické uhlí nacházely v okolí nalezišť. Pro tento případ se konkrétně jedná o elektrárny Vítkovice a Dětmárovice.

Všechna velká města a aglomerace se nacházejí v oblasti pod dolní mezí pro posuzování (LAT) i přesto, že domácí topeniště by měla být jedním z nejvýznamnějších zdrojů znečištění SO<sub>2</sub>. Důvodem je rozšíření plynofikace (zavádění potrubní sítě pro distribuci zemního plynu), díky které došlo k redukci spalování tuhých paliv v městských domácích topeništích.

Tab. 18: Imisní limity SO<sub>2</sub> pro ochranu zdraví [12]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [µg/m <sup>3</sup> ]		Imisní limit (LV) [µg/m <sup>3</sup> ]
		Dolní (LAT)	Horní (UAT)	
SO <sub>2</sub>	1 hodina	-	-	350
	24 hodin	50	75	125



Obr. 7: Pole 4. nejvyšší 24hodinové koncentrace  $\text{SO}_2$  v roce 2019 [5]

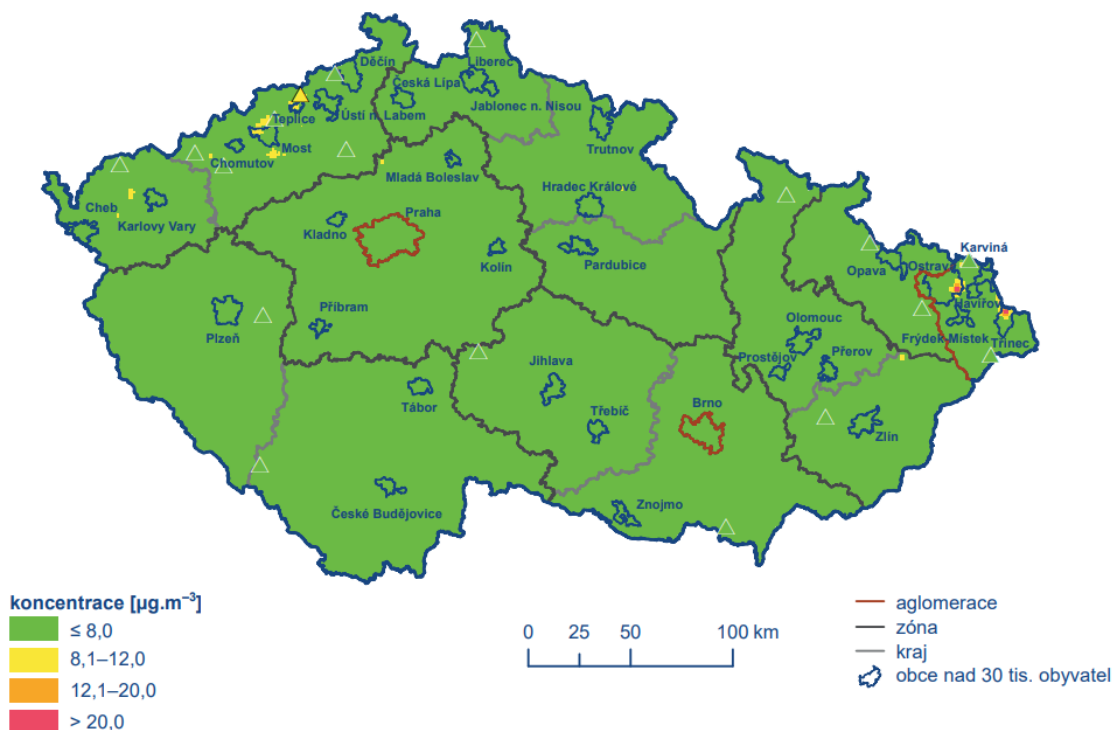
ČHMÚ ve své grafické ročence [5] uvádí o znečištění ovzduší oxidem siřičitým vzhledem k imisním limitům pro ochranu zdraví v roce 2019 následující: „V roce 2019 nebyl v České republice překročen hodinový ani 24hodinový imisní limit oxidu siřičitého na žádné měřící stanici, takže oba imisní limity byly splněny. Nejvyšší hodinové koncentrace  $\text{SO}_2$  byly naměřeny na stanicích Ostrava-Poruba/ČHMÚ ( $316 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Brumovice MŠ ( $271 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Sokolov ( $254 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nejvyšší 24hodinové koncentrace  $\text{SO}_2$  byly naměřeny na stanicích Ostrava-Radvanice ZÚ ( $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Český Těšín ( $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Sněžník ( $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Na 99,98 % plochy ČR byly 24hodinové koncentrace  $\text{SO}_2$  pod dolní mezí pro posuzování. Pouze na 0,02 % území byla dolní mez pro posuzování překročena (viz Obr. 7). Konkrétně se jedná o města Ostrava a Český Těšín.“

Zákon o ochraně ovzduší definuje pro oxid siřičitý kromě imisních limitů pro ochranu zdraví také limitní hodnoty pro ochranu ekosystémů a vegetace (viz Tab. 19). Vzhledem k tomu, že se tyto limitní hodnoty od sebe liší v době průměrování, mezích pro posuzování i v samotných imisních limitech, rozhodl jsem se nastínit problematiku znečištění ovzduší  $\text{SO}_2$  v ČR také vzhledem k dodržování imisního limitu pro ochranu okolního ekosystému.

Tab. 19: Imisní limity  $SO_2$  pro ochranu ekosystémů a vegetace [12]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Imisní limit (LV) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
		Dolní (LAT)	Horní (UAT)	
$SO_2$	Kalendářní rok a zimní období (1. 10. – 31. 3.)	8	12	20

Na převážné většině našeho území nebyla v roce 2019 překročena dolní mez pro posuzování koncentrace  $SO_2$  pro ochranu ekosystémů a vegetace (viz Obr. 8). Jednou z oblastí, kde došlo k překročení LAT je (stejně jako v případě limitních hodnot  $SO_2$  pro ochranu lidského zdraví) oblast Ostravsko-karvinské pánve. Kromě této oblasti lze však na mapě v obrázku č. 8 pozorovat, že k překročení LAT dochází také na území Ústeckého kraje. Nachází se zde ložisko hnědého uhlí označované jako Mostecká pánev. Stejně jako v kraji Moravskoslezském jsou v okolí pánve ze strategických důvodů umístěny elektrárny spalující fosilní palivo, v tomto případě hnědé uhlí. Mezi ty nejvýznamnější patří elektrárny Ledvice, Počerady, Prunéřov a Tušimice.

Obr. 8: Pole roční průměrné koncentrace  $SO_2$  v roce 2019 [5]

ČHMÚ ve své grafické ročence [5] uvádí o znečištění ovzduší oxidem siřičitým vzhledem k imisním limitům pro ochranu ekosystémů a vegetace v roce 2019 následující: „Na venkovských lokalitách nebyl v roce 2019 překročen imisní limit pro roční ani zimní průměrnou koncentraci. Nejvyšší zimní průměrná koncentrace byla zaznamenána na stanicích Krupka ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Lom ( $9,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Sněžník ( $7,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Roční průměrná koncentrace dosáhla maxima na podobných stanicích – Krupka ( $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a Lom ( $7,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). K překročení horní meze pro posuzování roční průměrné koncentrace  $\text{SO}_2$  došlo v roce 2019 pouze na malých plochách Moravskoslezského kraje. V tomto kraji a v kraji Ústeckém došlo na malém území k překročení horní meze pro posuzování průměrné koncentrace za zimní období 2019/2020. V Moravskoslezském kraji sice došlo k překročení imisního limitu roční i zimní průměrné koncentrace ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ale pouze ve městech Ostrava a Třinec.“

### 5.3 Suspendované částice

Na obrázku č. 9 je prezentována mapa ČR zobrazující pole roční průměrné koncentrace částic  $\text{PM}_{10}$  v roce 2019. Z mapy je patrné, že na velké části našeho území nedošlo k překročení dolní meze pro posuzování koncentrace částic  $\text{PM}_{10}$ . LAT ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) byla překročena na území Středočeského, Královéhradeckého, Pardubického a Ústeckého kraje a na převážné části Moravy. Jak lze vyčíst z legendy k mapě na obrázku č. 9, LAT byla v roce 2019 překročena na 10,9 % z celkového území ČR.

Nejvíce znečištěnou oblastí z hlediska koncentrace částic  $\text{PM}_{10}$  je aglomerace O/K/F-M, kde dlouhodobě dochází k překračování horní meze pro posuzování koncentrace částic  $\text{PM}_{10}$  ( $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a v roce 2019, stejně jako v letech minulých, zde došlo k překročení 24hodinového imisního limitu  $\text{PM}_{10}$  ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Špatný stav ovzduší v aglomeraci O/K/F-M je způsoben především hustou koncentrací těžkého průmyslu, která má společně s nepříznivými geomorfologickými a rozptylovými podmínkami za následek vysokou koncentraci znečištění. Dalšími důvody nepříznivého stavu ovzduší v této oblasti jsou vysoká intenzita dopravy a velké množství lokálních topenišť.

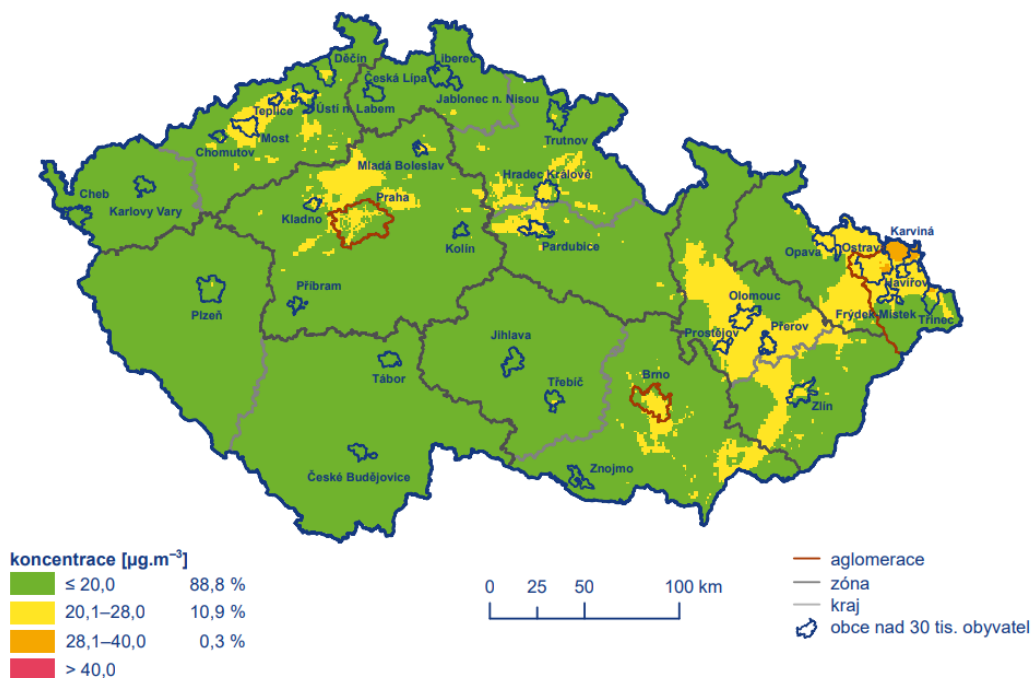


Tab. 20: Imisní limity  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$  pro ochranu zdraví [12]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Mez pro posuzování [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]		Imisní limit (LV) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
		Dolní (LAT)	Horní (UAT)	
$PM_{10}$	24 hodin	25	35	50
	kalendářní rok	20	28	40
$PM_{2,5}$	kalendářní rok	12	17	20 (od roku 2020)*

Poznámky:

\* Imisní limit  $PM_{2,5}$  platný od roku 2020, do roku 2019 platil limit  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

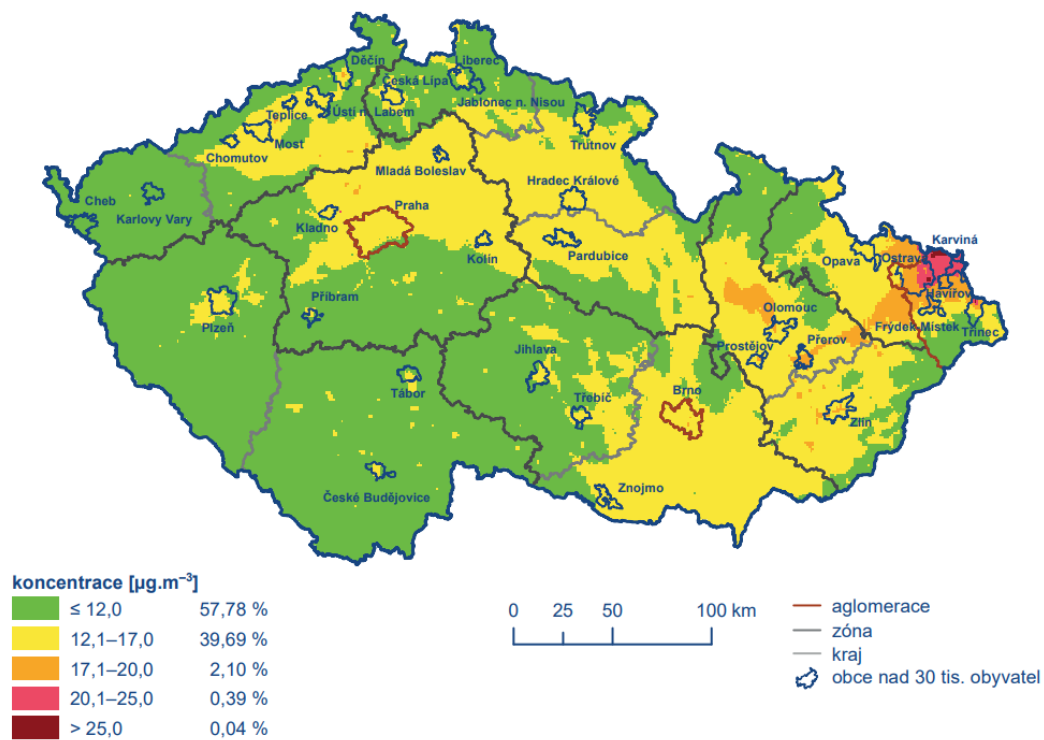
Obr. 9: Pole roční průměrné koncentrace  $PM_{10}$  v roce 2019 [5]

ČHMÚ ve své grafické ročence [5] uvádí o znečištění ovzduší částicemi frakce  $PM_{10}$  v roce 2019 následující: „K překročení 24hodinového imisního limitu  $PM_{10}$  ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , povolený počet překročení 35x) došlo v roce 2019 na necelých 5 % stanic (7 stanic z celkového počtu 147 s dostatečným počtem dat pro hodnocení). K překračování hodnoty imisního limitu docházelo zejména v měsících leden, únor a říjen (více než 70 % případů překročení celkově pro všechny stanice). V porovnání s rokem 2018, kdy bylo překročení denního imisního limitu  $PM_{10}$  zaznamenáno na 31 % stanic (45 stanic ze 144), se jedná o výrazný pokles. K překročení 24hodinového imisního limitu v roce 2019 došlo pouze na stanicích v aglomeraci O/K/F-M a na městské stanici Kladno-Švermov, na které jsou vyšší

koncentrace suspendovaných částic měřeny v důsledku emisí z lokálních topenišť okolní husté rodinné zástavby. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci  $PM_{10}$  ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nebyl v roce 2019, poprvé za hodnocené období 2009 až 2019, překročen na žádné stanici v ČR. Následně nebylo vymezeno ani žádné území ČR s nadlimitní roční průměrnou koncentrací  $PM_{10}$ .“

Na obrázku č. 10 je obdobně jako v předchozích částech této kapitoly prezentována mapa ČR pro rok 2019, na které je nyní zobrazeno pole roční průměrné koncentrace částic  $PM_{2,5}$ . Z mapy je patrné, že území Jihočeského a Plzeňského kraje patří k nejméně znečištěným oblastem částicemi  $PM_{2,5}$ . Jedná se zejména o území Národního parku Šumava. Stejně jako u frakce  $PM_{10}$  platí, že na území Středočeského, Královéhradeckého, Pardubického a Ústeckého kraje a na převážné části Moravy byla v roce 2019 překročena dolní mez pro posuzování koncentrace částic  $PM_{2,5}$  ( $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nejvíce znečištěnou oblastí je opět území Moravskoslezského kraje. Důvody špatné kvality ovzduší jsou stejné jako pro frakce  $PM_{10}$ : vysoká koncentrace těžkého průmyslu, nepříznivé geomorfologické a rozptylové podmínky, vysoká intenzita dopravy a velké množství lokálních topenišť.

ČHMÚ ve své grafické ročence [5] uvádí o znečištění ovzduší částicemi frakce  $PM_{2,5}$  v roce 2019 následující: „Imisní limit pro roční průměrnou koncentraci  $PM_{2,5}$  ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) byl v roce 2019 překročen na 2 stanicích (2,2 %) z celkového počtu 89. V roce 2018 se jednalo o 13 stanic (16,2 %) z celkového počtu 80. Obě stanice (venkovská pozadřová stanice Věrnovice a průmyslová stanice Ostrava-Radvanice ZÚ) s nadlimitní roční průměrnou koncentrací  $PM_{2,5}$  v roce 2019 leží na území aglomerace O/K/F-M. Imisní limit pro průměrnou roční koncentraci  $PM_{2,5}$  byl v roce 2019 překročen na 0,04 % území ČR (viz Obr. 10). Nadlimitní roční průměrné koncentrace  $PM_{2,5}$  byly v hodnoceném období 2009 až 2019 měřeny převážně na území O/K/F-M. Vyšší hodnoty koncentrací  $PM_{2,5}$  se vyskytují zejména v chladném období roku a jsou podobně jako u  $PM_{10}$  důsledkem emisí z vytápění a zhoršených rozptylových podmínek.“



Obr. 10: Pole roční průměrné koncentrace  $\text{PM}_{2,5}$  v roce 2019 s vyznačením imisního limitu platného od roku 2020 [5]

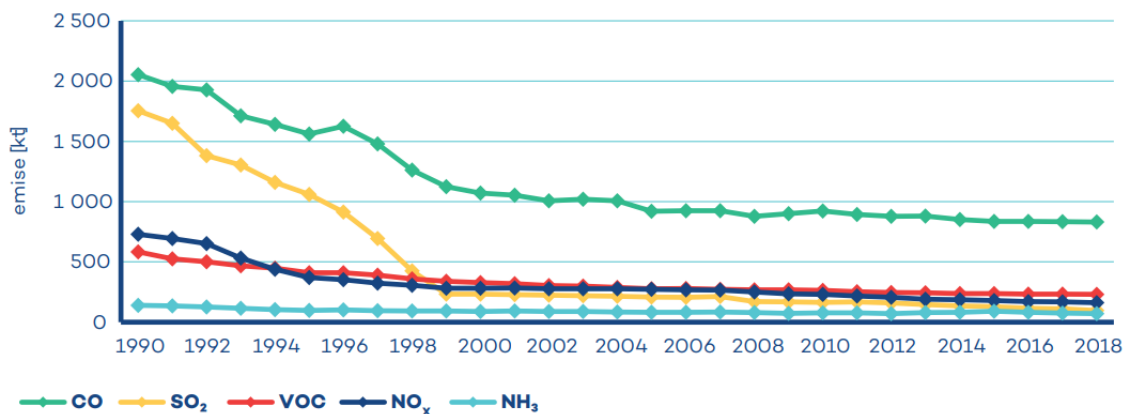
## 6 VÝVOJ EMISÍ ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK V ČR

Tato část práce se zabývá vývojem emisní situace vybraných znečišťujících látek na území České republiky. Aby bylo možné pozorovat hladinu emisí, je potřeba provádět měření a zpracování vzniklých dat. Touto činností se na našem území zabývá od konce sedmdesátých let minulého století ČHMÚ. Celostátní monitoring zdrojů znečišťující ovzduší se provádí v rámci REZZO, který spadá pod ISKO. Podle REZZO lze zdroje znečišťování rozdělit do čtyř kategorií:

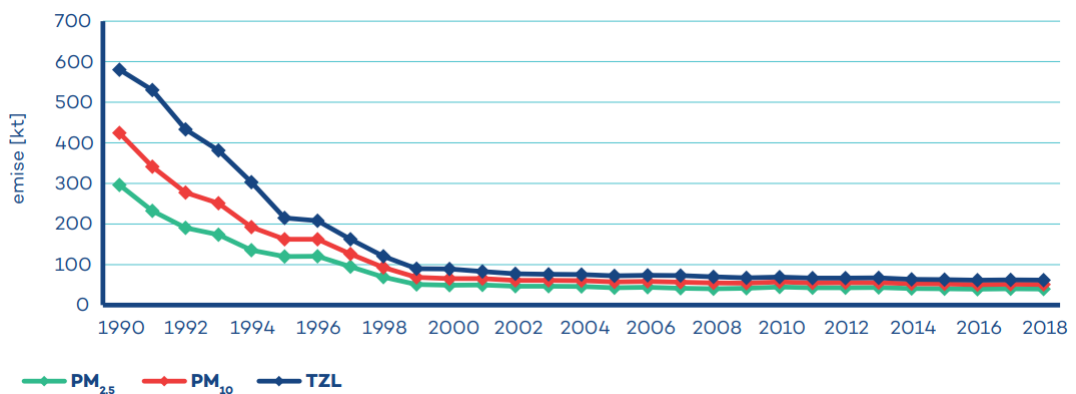
- a) **REZZO 1** – velké stacionární zdroje znečišťování o tepelném výkonu vyšším než 5 MW
- b) **REZZO 2** – střední stacionární zdroje znečišťování o tepelném výkonu mezi 0,2 MW a 5 MW
- c) **REZZO 3** – malé stacionární zdroje znečišťování o tepelném výkonu nižším než 0,2 MW
- d) **REZZO 4** – mobilní zdroje znečišťování

ČHMÚ vydává každý rok grafickou ročenku společně s ročenkou tabelární. Tyto dva dokumenty slouží jako shrnutí informací o kvalitě ovzduší na našem území v daném roce. Posledními dostupnými ročenkami jsou ročenky z roku 2019, které poslouží jako hlavní zdroj informací pro tuto část práce. Vývoj znečišťování ovzduší bude prezentován v horizontu posledních 20 až 30 let. Na tomto časovém úseku lze nejlépe zobrazit jak celkový trend vývoje, tak i jednotlivé roční odchylky v souvislosti s danými klimatickými a rozptylovými podmínkami. Na našem území je nejpodrobněji monitorován vývoj látek NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> a suspendovaných částic PM a TZL. [5]

Na obrázcích č. 11 a č. 12 jsou vyobrazeny vývoje emisí vybraných látek na území ČR za posledních 30 let. Mezi lety 1990 a 1999 je na obou grafech vidět patrný pokles emisí u téměř všech znečišťujících látek. Největší rozdíl proběhl u emisí SO<sub>2</sub> a TZL, kdy došlo ke snížení o přibližně 85 % u obou látek. O trochu menší pokles nastal ve zmíněném desetiletí u tuhých částic PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>10</sub>, konkrétně se jednalo o hodnoty pohybující se kolem 75 %. Další látky, které zaznamenaly sice již ne tolik výrazný, avšak stále velmi významný pokles byly NO<sub>x</sub>, jejichž emisní hodnota poklesla v tomto období o 65 %. Hlavním důvodem tohoto hromadného poklesu byl fakt, že v roce 1991 vešel v platnost zákon č. 309/1991 Sb. o ochraně ovzduší doplněný zákonem č. 389/1991 Sb. o státní správě ochrany ovzduší a poplatcích za jeho znečišťování. Jednalo se o první zákon v historii našeho státu, který zavedl s platností od roku 1998 emisní limity. Dále také v roce 1990 došlo v důsledku rekultivace hospodářství a modernizace zdrojů k poklesu výroby (výroba oceli a železné rudy poklesla mezi lety 1990 a 1993 o 40 %). Dalšími důvody poklesu emisí byly například snížení emisí z lokálního domácího vytápění vlivem plynofikace obcí, rozvoj jaderné energetiky nebo náhrada fosilních paliv zemním plynem ve spalovnách či kotelnách. [5]



Obr. 11: Vývoj celkových emisí hlavních znečišťujících látek v letech 1990-2018, ČR [5]



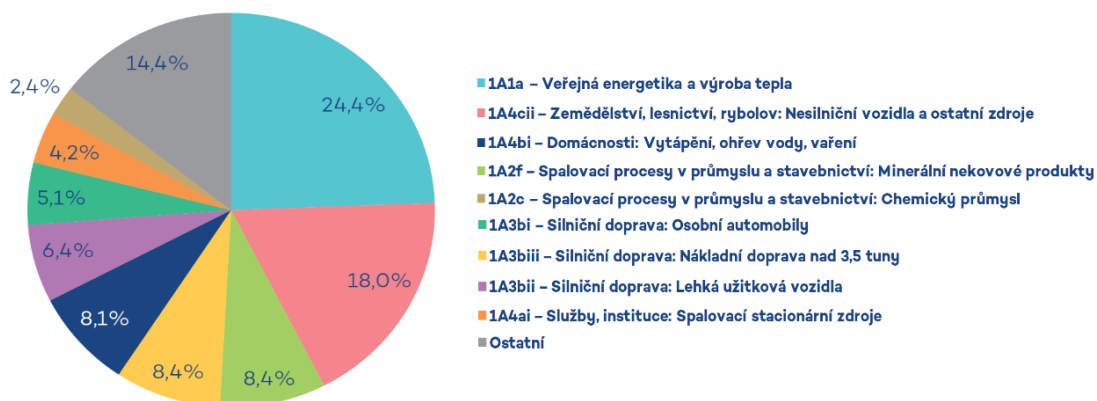
Obr. 12: Vývoj celkových emisí částic v letech 1990-2018, ČR [5]

Od roku 2000 sice nedošlo k výraznému skokovému snížení emisí znečišťujících látek jako na konci 20. století, jejich hodnota však stále mírným tempem klesá. Hlavním důvodem absence skokové změny v tomto období je neschopnost přijmout nová legislativní opatření, která by zásadním způsobem přispěla ke zlepšení kvality ovzduší především ve velkých městech a průmyslových oblastech.

Největší změnou za posledních 20 let bylo přijetí zákona o ochraně ovzduší v roce 2012, který dle evropské směrnice 2010/75/EU o průmyslových emisích zavedl přísnější emisní limity na území ČR. Nová legislativa se také více zaměřila na omezení emisí pocházejících z oblasti lokálního vytápění domácností. Mezi roky 2013 a 2019 došlo k významným technickým opatřením, která přispěla k celkovému snížení emisí. Mezi ta nejvýznamnější patří instalace zařízení sloužícího k odstraňování a denitrifikaci spalin do většiny elektráren a tepláren, nebo instalace tkaninových filtrů do uhelných kotlů v hutním provozu, které se u nás nacházejí převážně v Moravskoslezském kraji. Ani aplikace nových technologií však nezapříčinila výrazné změny v emisní situaci na našem území. [5]

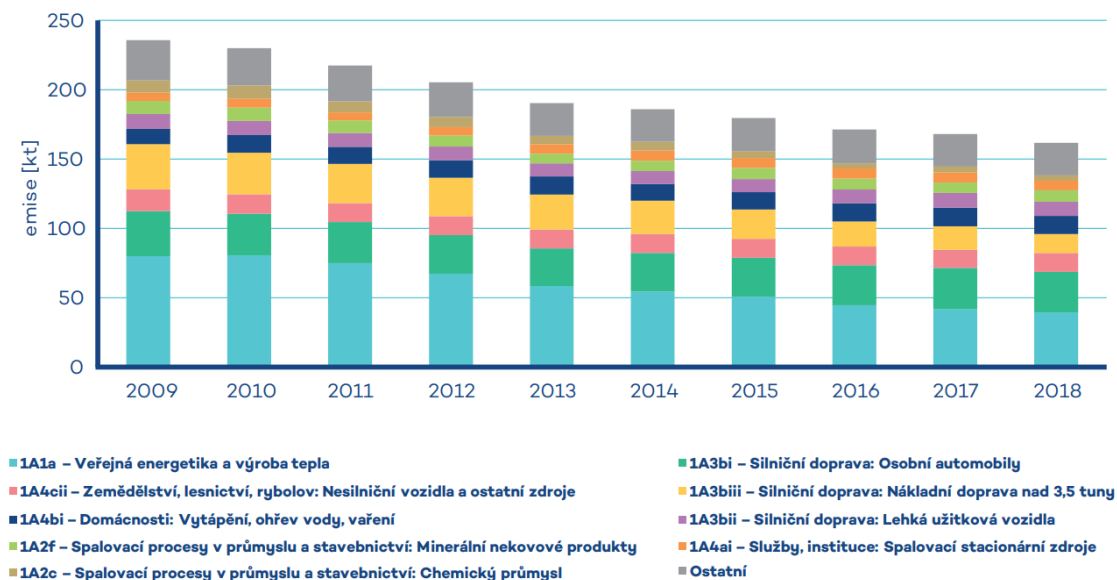
## 6.1 Oxidy dusíku

Na grafu v obrázku č. 13 je vyobrazen podíl jednotlivých sektorů NFR (systém pro klasifikaci sektorů podílejících se na emisích znečišťujících látek) na celkových emisích  $\text{NO}_x$  v roce 2018 na území ČR. Největší množství emisí  $\text{NO}_x$  u nás pochází ze silniční dopravy, do které lze zařadit zemědělství, lesnictví, osobní automobily, lehká užitková vozidla a nákladní dopravu. Tento sektor se nejen v roce 2018 podílel na celkových emisích kolem 40 %. Sektor veřejné energetiky a výroby tepla, jehož nejvýznamnějšími zástupci jsou elektrárny a teplárny spalující velké množství paliva, vnesl během roku 2018 do ovzduší 24,4 % emisí  $\text{NO}_x$  a je tedy druhým největším producentem této znečišťující látky. [5]



Obr. 13: Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích  $\text{NO}_x$  v roce 2018 [5]

Jak lze vyčíst z obrázku č. 14, celkové množství emisí  $\text{NO}_x$  mělo v období mezi lety 2009 až 2018 klesající charakter. Tento pokles byl zapříčiněn obměnou vozového parku, která vedla k poklesu emisí produkovaných z dopravního sektoru. Dalším důvodem poklesu bylo zavedení emisních stropů a přísnějších emisních limitů pro  $\text{NO}_x$ , které ovlivnilo produkci emisí zejména v energetickém a teplárenském průmyslu. [5]

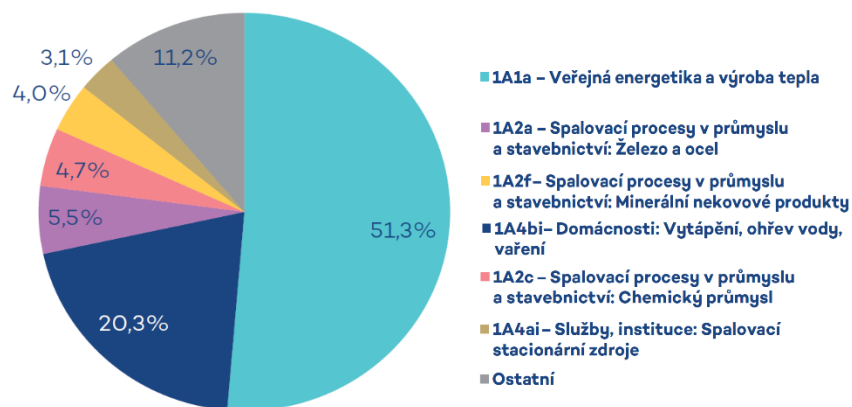


Obr. 14: Vývoj celkových emisí  $\text{NO}_x$  v letech 2009-2018 [5]



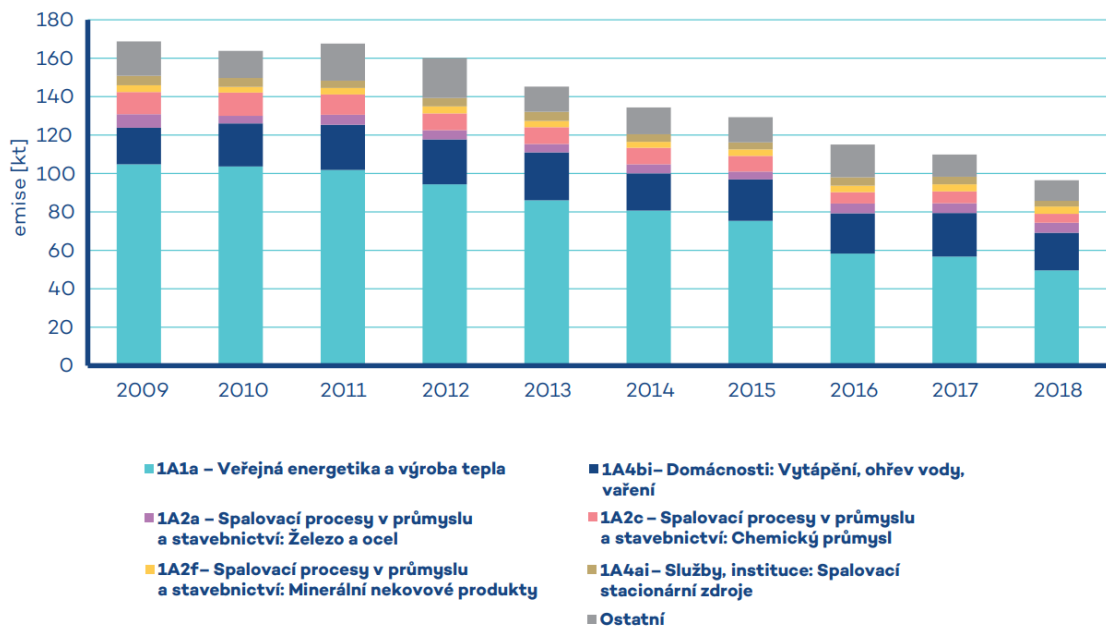
## 6.2 Oxid siřičitý

V České republice se na emisích SO<sub>2</sub> největší mírou podílí dlouhodobě teplárenský a energetický průmysl. Jak lze vyčíst z grafu na obrázku č. 15, v roce 2018 se tato dvě průmyslová odvětví podílela na celkových emisích z 51,3 %. Vzhledem k vysoké produkci elektrické energie z tuhých fosilních paliv, která při procesu spalování uvolňuje do okolí právě oxid siřičitý, se takto vysokému podílu na celkových emisích nelze divit. Poněkud znepokojující je však vysoký podíl emisí (kolem 20 %) pocházejících z lokálních topenišť v domácnostech. Takto vysoké číslo je s největší pravděpodobností zapříčiněno používáním nekvalitních paliv a často také pálením odpadu z domácností. Oba tyto faktory mají převážně v oblastech s nepříznivou geografii terénu a špatnými rozptylovými podmínkami za následek lokální zhoršení kvality ovzduší. [5]



Obr. 15: Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích SO<sub>2</sub> v roce 2018 [5]

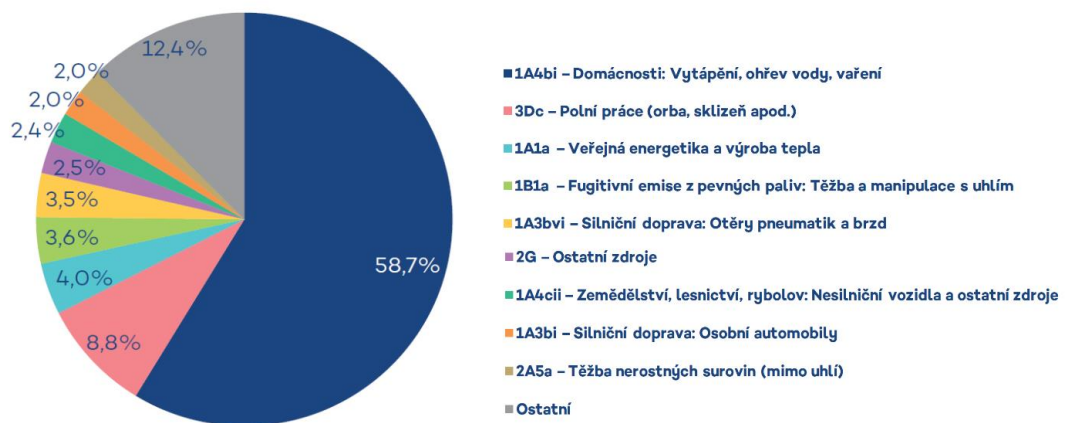
Po roce 2007 nastal skokový pokles v emisích SO<sub>2</sub> produkovaných sektorem veřejné energetiky a výroby tepla o přibližně 25 %. Tento pokles byl způsoben zavedením povinností dodržovat emisní stropy pro spalovací zařízení s elektrickým příkonem vyšším než 50 MW (LCP). V grafické ročence ČHMÚ pro rok 2019 (která posloužila, jako zdroj obrázku č. 16) bohužel tento výrazný pokles již není zaznamenán. Mezi lety 2009 až 2011 nezaznamenaly hodnoty emisí SO<sub>2</sub> žádnou skokovou změnu. Mírné výchyly mezi jednotlivými roky v tomto časovém období jsou zapříčiněny rozdílnými klimatickými a rozptylovými podmínkami. Od roku 2012 dochází opět k mírnému snižování emisí produkovaných energetickým a teplárenským průmyslem. Tento trend lze vzhledem k zavádění nových emisních limitů, investic do obnovitelných zdrojů a tzv. čistších technologií předpokládat i v následujících letech. [5]



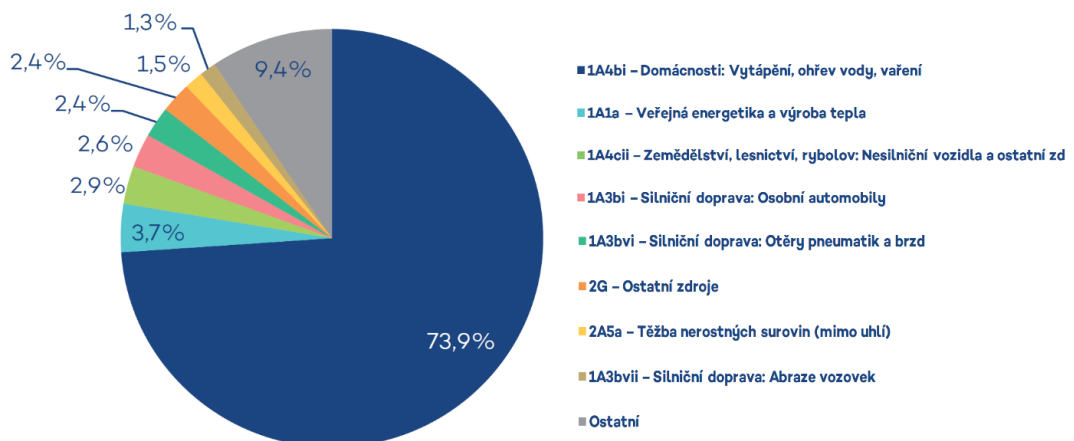
Obr. 16: Vývoj celkových emisí SO<sub>2</sub> v letech 2009-2018 [5]

### 6.3 Suspendované částice

Dlouhodobě největším producentem emisí prachových částic frakce PM<sub>10</sub> a částic frakce PM<sub>2,5</sub> je lokální vytápění domácností. Tento zdroj se v roce 2018 podílel na emisích částic frakce PM<sub>10</sub> z 58,7 % a na emisích frakce PM<sub>2,5</sub> dokonce ze 73,9 %. Dalším významným zdrojem znečištění ovzduší částicemi PM<sub>10</sub> je sektor označovaný jako polní práce. V tomto sektoru je produkce znečišťujících látek způsobena obděláváním půdy či sklizní. Z hlediska účinku na lidské zdraví jsou nejvýznamnější emise pocházející z dopravního sektoru. Zejména se jedná o částice vznikající při spalovacím procesu, jejichž velikost se pohybuje kolem jednotek až stovek nanometrů. Dopravní sektor se na emisích částicemi PM<sub>10</sub> podílel přibližně z 11 %, stejně tomu bylo u emisí částicemi PM<sub>2,5</sub> (viz Obr. 17 a Obr. 18). [5]

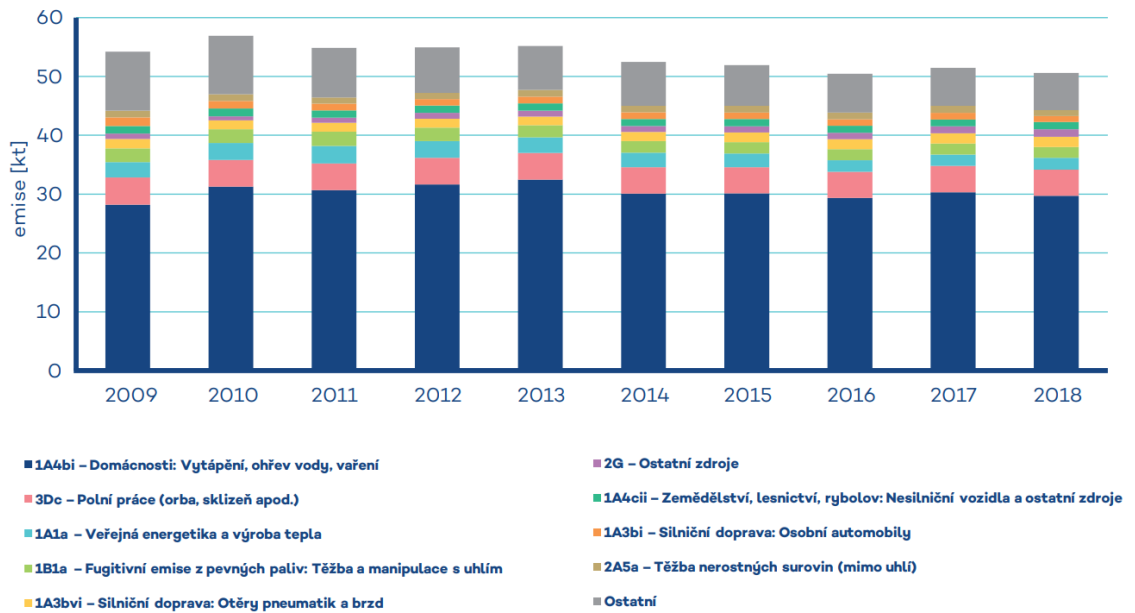


Obr. 17: Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích PM<sub>10</sub> v roce 2018 [5]

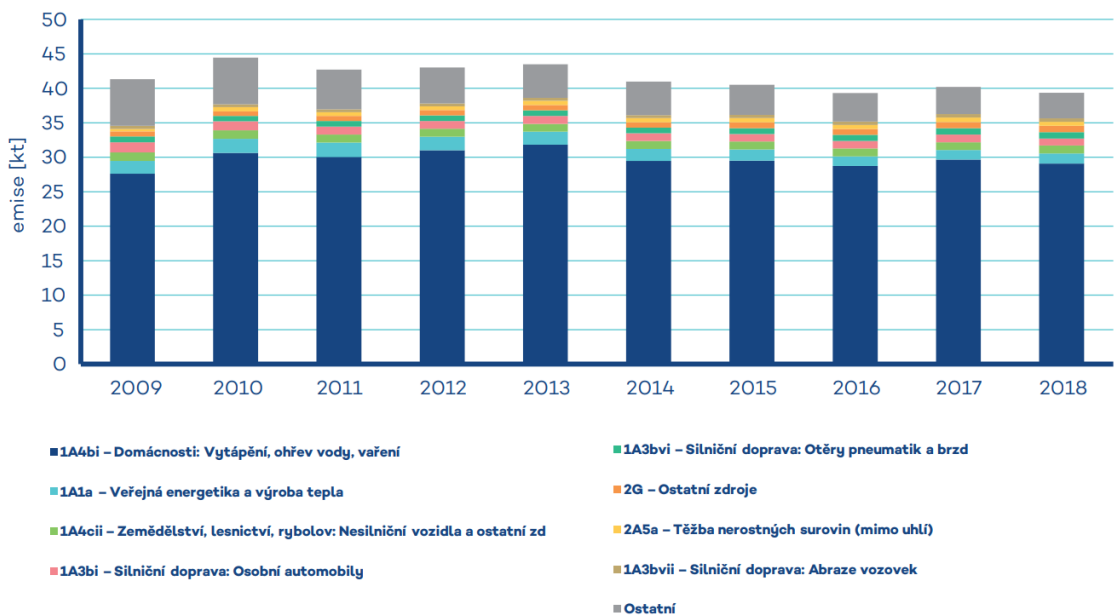


Obr. 18: Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích PM<sub>2,5</sub> v roce 2018 [5]

Ani u jedné ze sledovaných atmosférických prachových částic nedošlo v zobrazeném časovém období k výraznému skokovému poklesu. Přesto však celkový vývoj emisí částic PM v posledních letech vykazuje mírně klesající charakter. Nejvyšší koncentrace suspendovaných částic vyhodnocená v období mezi lety 2009 a 2018 byla zaznamenána v roce 2010 (viz Obr. 19 a Obr. 20). Významný podíl na takto vysoké koncentraci měly opakovaně nepříznivé meteorologické a rozptylové podmínky v zimním období společně s nejmraznější topnou sezónou od roku 1996. [5]



Obr. 19: Vývoj celkových emisí PM<sub>10</sub> v letech 2009-2018 [5]

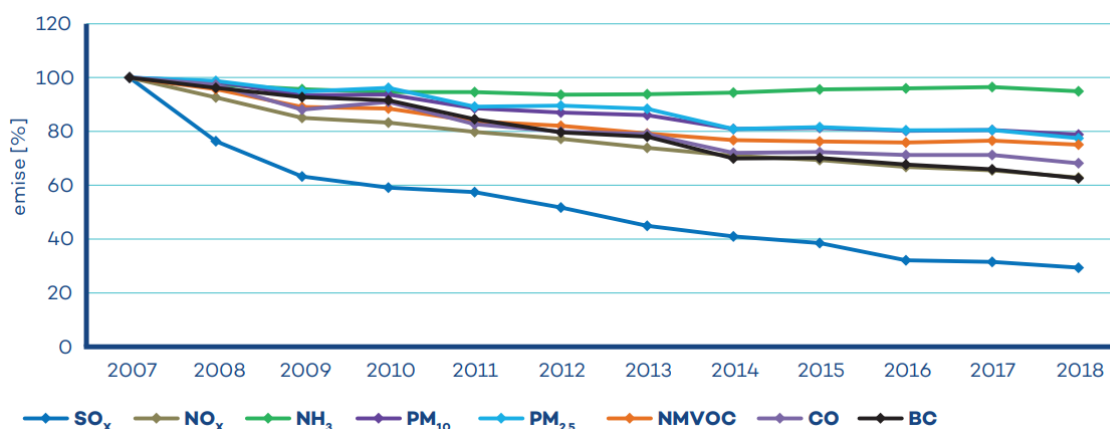


Obr. 20: Vývoj celkových emisí PM<sub>2.5</sub> v letech 2009-2018 [5]

## 6.4 Srovnání s Evropou

Od roku 1990 nastal v celé Evropě výrazný pokles emisí hlavních znečišťujících látek. Přesto však v určitých sektorech nedošlo ke snížení dostatečnému a emise některých znečišťujících látek se dokonce zvýšily. Příkladem emisí, u kterých nedošlo ke snížení na požadovanou úroveň, jsou emise  $\text{NO}_x$  z mobilních zdrojů. Za poslední desetiletí došlo také k vzrůstu emisí  $\text{PM}_{2,5}$ , které pocházejí z nedokonalého spalování uhlí a biomasy. Právě částice frakce  $\text{PM}_{2,5}$  se na celkových emisích v Evropě podílejí největší mírou. [5]

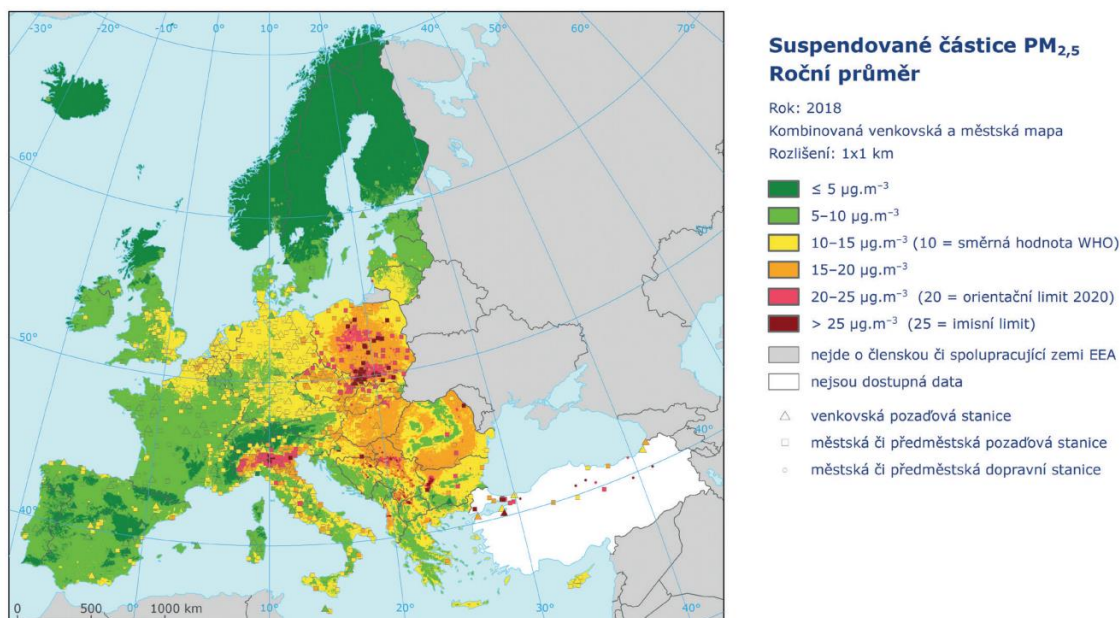
Koncentrace prachových částic PM, přízemního ozonu a oxidů dusíku mají v Evropě velmi negativní vliv na zdraví občanů jednotlivých států. Znečištěné ovzduší těmito látkami nejvíce postihuje obyvatele měst a obcí. EEA odhaduje, že v tříletém období mezi roky 2016 a 2018 bylo v členských státech EU vystaveno 13 až 17 % obyvatel měst nadlimitním 24hodinovým koncentracím  $\text{PM}_{10}$ , 4 až 8 % obyvatel bylo vystaveno nadlimitní roční koncentraci  $\text{PM}_{2,5}$  a  $\text{NO}_2$ . EEA dále uvádí, že dlouhodobá expozice jemným částicím  $\text{PM}_{2,5}$  zapříčinila v roce 2018 předčasné úmrtí přibližně 417 tis. obyvatel Evropy. [5]



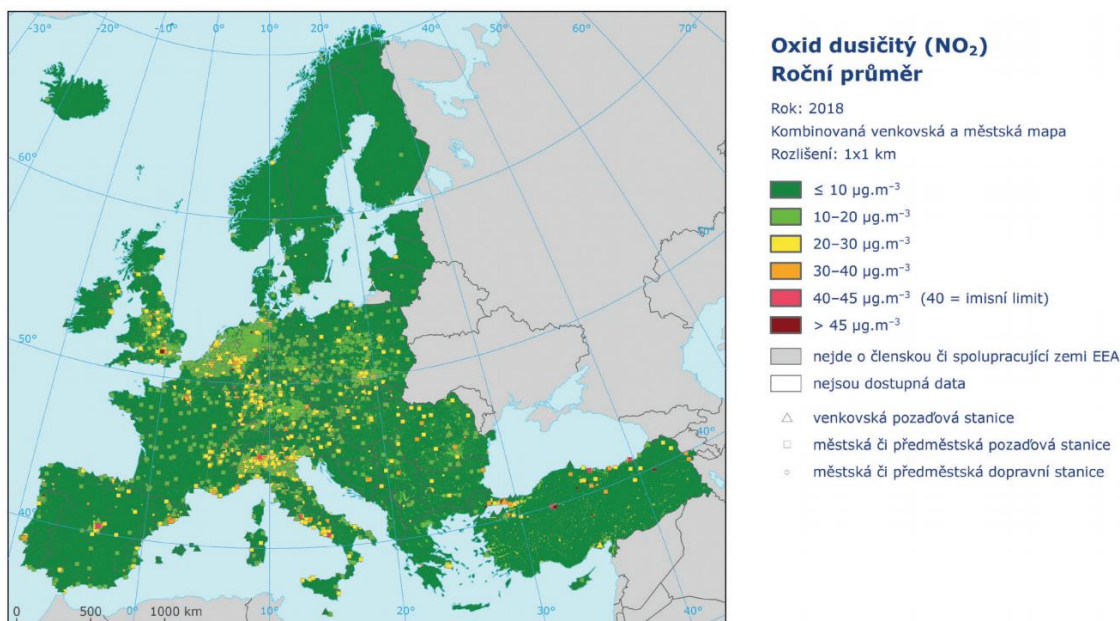
Obr. 21: Vývoj emisí v členských státech EU v letech 2009-2018 [5]

Úroveň znečištění v ČR je velmi rozdílná pro různé oblasti. V jihozápadní části našeho státu je hodnota znečištění ovzduší velmi malá a kvalitu ovzduší lze srovnat s čistými, souvisle obydlenými regiony v Evropě. Na druhé straně se na území ČR nachází aglomerace O/K/F-M, která společně s přilehlou oblastí Polské republiky patří k nejvíce znečištěným regionům v Evropě jak z hlediska rozlohy, tak co se týče dosahovaných koncentrací znečišťujících látek. [5]

Z hlediska průměrných koncentrací na obyvatele patří ČR k nadprůměrně znečištěným státům z pohledu suspendovaných částic frakcí  $PM_{2,5}$  a  $PM_{10}$ . Co se týče koncentrací  $O_3$  patří Česká republika k průměrně až nadprůměrně znečištěným zemím v Evropě. A z hlediska koncentrací  $NO_2$  se řadíme mezi průměrně znečištěné členské státy EU. [16]



Obr. 22: Pole průměrné roční koncentrace  $PM_{2,5}$  v Evropě, 2018 [5]



Obr. 23: Pole průměrné roční koncentrace  $NO_2$  v Evropě, 2018 [5]

## 7 PROBLEMATIKA VĚTRÁNÍ NEBYTOVÝCH PROSTOR

Tato kapitola se zabývá vývojem normalizace a problematikou filtrů pro všeobecné větrání. Ke správnému použití filtrů atmosférického vzduchu pro všeobecné větrání je zapotřebí znát odlučovací schopnosti filtrů vyjádřených v závislosti frakční odlučivosti na velikosti částice, a dále zrnitost a koncentraci tuhých příměsí v nosném vzduchu pro daný konkrétní případ. [17]

Důležité změny v použití a třídění filtrů pro všeobecné větrání nastaly s příchodem nové normy ISO 16890 v prosinci roku 2016. Tato norma zavádí nové identifikátory pro třídění a zkoušení filtrů, kterými jsou frakce atmosférického prachu  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$ . Dále tato norma také užívá pro zařazení filtrů hodnoty celkové odlučivosti filtru  $ePM_x$ .

Přechod ze starší normy EN 779 na normu ISO 16890 neprobíhá v praxi zcela podle plánu. Dle něj měl souběh těchto dvou norem skončit v polovině roku 2018 a ve světě tak měly existovat pouze dva systémy třídění filtrů pro všeobecné větrání, evropský ISO 16890 a americký ASHREA 52.2. Neuskutečnění plánu zapříčinila revize a zrušení normy EN 13779:2004,2007 (ČSN EN 13779:2010) a vznik nové normy EN 16789-3:2017 (Energy performance of buildings – Ventilation of buildings – Part 3: For non-residential buildings). Právě v normě EN 16789-3 s platností od srpna roku 2017 se v tabulce B.3 doporučených minimálních tříd filtrů pro jednotlivé kombinace kategorie vnějšího znečištění  $OD_{Ai}$  a požadované kvality (kategorie) přírodního vzduchu  $SUP_i$  uvádí doporučení tříd filtrů dle staré normy EN 779 a nikoliv dle nové normy ISO 16890 pomocí  $ePM_x$ . [17]

### 7.1 Celková a frakční odlučivost filtrů

Jak již bylo v této kapitole zmíněno, správné použití filtrů atmosférického vzduchu záleží na jejich odlučovacích schopnostech vyjádřených v závislosti frakční odlučivosti na velikosti částic  $O_{f(a)}$ . Dalšími důležitými faktory pro použití filtrů je zrnitost a koncentrace tuhých částic v nosném vzduchu. Právě zrnitost a koncentrace prachových částic se u větracích systémů zásadně mění v závislosti na místě a čase. Prachové částice se podle oblastního kritéria dělí na částice v průmyslových oblastech, ve městech, na venkově a v místech vzdálených od zdrojů emisí (tzv. venkovní pozad'ový aerosol). [17]

Celková odlučivost  $O_c$  není vlastností filtru, ale závisí na odlučovacích schopnostech vyjádřených závislostí  $O_{f(a)}$  a zrnitosti tuhých znečišťujících částic  $\Delta Z_{M,a}$ . Tuto závislost lze jednoduše vyjádřit pomocí rovnice (8):

$$O_c = \sum_{i=1}^n O_{f,i} \cdot \Delta Z_{M,i} \quad (8)$$

kde  $n$  vyjadřuje počet velikostních intervalů  $\Delta a_i$ , na které se rozděluje celkový rozsah velikostí částic od minima do maxima. Veličina  $O_{f_i}$  vyjadřuje frakční odlučivost pro střední velikost daného velikostního intervalu.  $\Delta Z_{M,i}$  je veličina vyjadřující hmotnostní podíl, který u daného atmosférického prachu odpovídá zvolenému velikostnímu intervalu. Z tohoto vztahu vyplývá, že čím větší bude počet intervalů  $n$ , tím bude výsledná hodnota přesnější. [17]

## 7.2 Rozdělení filtrů pro všeobecné větrání dle ISO 16890

Norma ISO 16890 zavedla na konci roku 2016 nové identifikátory pro třídění a zkoušení filtrů. Zmiňovanými identifikátory jsou frakce atmosférického prachu  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  a  $PM_1$ . Norma ISO 16890 definuje jednotlivé třídy filtrů podle dosažené odlučivosti  $ePM_x$  pro frakce atmosférického prachu od velikosti částice  $0,3 \mu m$ . [17]

Samotný předpis normy pracuje s účinností  $ePM_x$  vyjadřující hmotnostní účinnost odlučování daného filtru. Tato účinnost se určuje pro částice atmosférického prachu v rozsahu opticky stanovené velikosti částic  $0,3$  až  $x \mu m$ . Takto popsané rozdělení je zobrazeno v tabulce č. 21. [17]

Tab. 21: Rozsah velikostí částic při stanovení účinnosti odlučování [17]

Účinnost odlučování	Rozsah opticky stanovených velikostí částic [ $\mu m$ ]
$ePM_{10}$	$0,3 \leq x \leq 10$
$ePM_{2,5}$	$0,3 \leq x \leq 2,5$
$ePM_1$	$0,3 \leq x \leq 1$

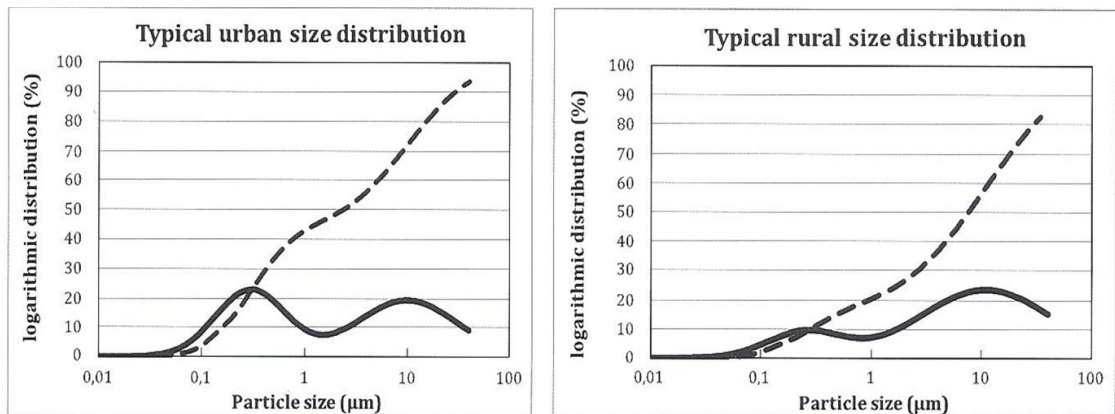
Odlučovací schopnost se při zkoušce filtru určuje z opticky stanovených velikostí částic ve dvanácti intervalech. Zkouška nejdříve probíhá pro čistý, elektricky neupravený filtr. Vše se odehrává podle postupu uvedeného v normě ISO 16980-2. Výslednými



hodnotami této zkoušky jsou jednotlivé účinnosti odlučování  $E_i$  [%]. V další fázi dochází k neutralizaci náboje filtračního materiálu, po které se opět zjistí odlučovací schopnosti filtru ve dvanácti velikostních intervalech, čímž se získá hodnota  $E_{D,i}$  [%]. [17]

Z experimentálně zjištěných hodnot  $E_i$  a  $E_{D,i}$  [%] se poté stanoví jednotlivé střední aritmetické hodnoty  $E_{A,i}$ , které dále považujeme za střední hodnoty, podle kterých se chová filtr v reálných podmínkách. Tyto střední hodnoty patří mezi hlavní parametry uváděné u filtru. [17]

Pro určení výsledného výpočtu odlučivosti  $ePM_x$  se použijí hodnoty průměrného složení atmosférického prachu v městských oblastech (urban area) a ve venkovských oblastech (rural area), dále rozdělení velikostí částic podle hmotnosti (objemu) ve formě vyjádření množství a kumulativní křivky (křivky propadů). [17]



Obr. 24: Průměrné složení atmosférického prachu v městských (vlevo) a venkovských oblastech (vpravo) [18]

Podle složení atmosférického prachu v městských oblastech se zařídují filtry sloužící k odlučování částic frakcí  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ . Naopak filtry určené k odlučování částic frakcí  $PM_{10}$  se zařídují dle složení atmosférického prachu v oblastech venkovských. [17]

Hlavním parametrem filtrů je již zmiňovaná střední hodnota odlučivosti  $E_{A,i}$  [%]. Ta se však doplňuje minimálními hodnotami  $ePM_{1,min}$  a  $ePM_{2,5,min}$  [%] stanovenými dle minimálních hodnot odlučivosti  $E_{D,i}$  [%] u jednotlivých velikostí frakcí. Na základě zkoušek jsou filtry rozříděny podle splnění požadavků do jednotlivých tříd. Toto rozdělení je zobrazeno v tabulce č. 22 na následující straně. [17]

Tab. 22: Zatřídění filtrů dle ISO 16890 [17]

Základní třída filtrů	Požadavek na třídu filtrů			Uváděná hodnota u filtrů
	ePM <sub>1,min</sub>	ePM <sub>2,5,min</sub>	ePM <sub>10</sub>	
ISO hrubý	-	-	< 50 %	Počáteční hodnota odlučivosti na syntetický prach
ISO ePM <sub>10</sub>	-	-	> 50 %	ePM <sub>10</sub>
ISO ePM <sub>2,5</sub>	-	> 50 %	-	ePM <sub>2,5</sub>
ISO ePM <sub>1</sub>	> 50 %	-	-	ePM <sub>1</sub>

V tabulce č. 23 jsou uvedeny možnosti kvality filtrů dle ISO 16890. Z této tabulky je zřejmé, že celkově existuje 49 tříd filtrů rozdělených do čtyř základních skupin po deseti třídách v PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> a PM<sub>1</sub> a devatenácti třídách v základní třídě ISO hrubý.

Tab. 23: Klasifikační tabulka filtrů dle ISO 16890 [17]

ePM <sub>1</sub> klasifikace	ePM <sub>2,5</sub> klasifikace	ePM <sub>10</sub> klasifikace	ISO hrubý
ePM <sub>1</sub> (95)	ePM <sub>2,5</sub> (95)	ePM <sub>10</sub> (95)	Odlučivost na prach po hodnotách 5 %
ePM <sub>1</sub> (90)	ePM <sub>2,5</sub> (90)	ePM <sub>10</sub> (90)	
ePM <sub>1</sub> (85)	ePM <sub>2,5</sub> (85)	ePM <sub>10</sub> (85)	
ePM <sub>1</sub> (80)	ePM <sub>2,5</sub> (80)	ePM <sub>10</sub> (80)	
ePM <sub>1</sub> (75)	ePM <sub>2,5</sub> (75)	ePM <sub>10</sub> (75)	
ePM <sub>1</sub> (70)	ePM <sub>2,5</sub> (70)	ePM <sub>10</sub> (70)	
ePM <sub>1</sub> (65)	ePM <sub>2,5</sub> (65)	ePM <sub>10</sub> (65)	
ePM <sub>1</sub> (60)	ePM <sub>2,5</sub> (60)	ePM <sub>10</sub> (60)	
ePM <sub>1</sub> (55)	ePM <sub>2,5</sub> (55)	ePM <sub>10</sub> (55)	
ePM <sub>1</sub> (50)	ePM <sub>2,5</sub> (50)	ePM <sub>10</sub> (50)	
Požadavky: > 50 % počát. odluč. > 50 % odluč. po vybití	Požadavky: > 50 % počát. odluč. > 50 % odluč. po vybití	Požadavky: > 50 % počát. odluč. > 50 % odluč. po vybití	Žádné požadavky na vybití náboje

Ing. Mojžíš ve svém komentáři [19] uvádí, že podle autorů normy ISO 16890 je výpočet a volba filtru, kterou provádí projektanti, jednoduchou záležitostí a poprvé si díky této normě mohou sami vypočítat potřebné parametry filtru. Toto tvrzení bude nejlepší demonstrovat na názorném příkladu:

Koncentrace částic frakce  $PM_{2,5}$  ve venkovním ovzduší je rovna  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ve vnitřním prostředí je požadovaná hodnota koncentrace  $PM_{2,5}$  rovna  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Z těchto dvou hodnot lze pomocí jednoduché rovnice (9) dopočítat požadavek na snížení koncentrace částic  $PM_{2,5}$  filtrem o 68 %. Při zanedbání rozdílu mezi  $PM_{2,5}$  a  $ePM_{2,5}$  lze s pomocí tabulky č. 23 na předchozí straně navrhnout nejbližší kvalitnější filtr, tedy v tomto případě  $ePM_{2,5}$  70 % označený jako  $ePM_{2,5}$  (70). [18]

$$x = \frac{(\text{venku} - \text{uvnitř})}{\text{venku}} \cdot 100 = \frac{(22 - 7)}{22} \cdot 100 \doteq 68 \% \quad (9)$$

Tento postup je opravdu jednoduchý, problém však nastane hned při prvním kroku, kdy je zapotřebí zjistit konkrétní hodnoty znečištění částicemi frakce  $PM_{2,5}$  v dané lokalitě. Hodnoty znečištění totiž nelze považovat za konstantní. K jejich změnám dochází jak v průběhu dne a roku, tak i v delším časovém období.

Informace o znečištění ovzduší částicemi frakce  $PM_{10}$  jsou v České republice velmi dobře zpracované. Znečištění frakcemi  $PM_{10}$  se na našem území vyjadřuje v porovnání s 24hodinovým ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a ročním ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) imisním limitem. Naopak znečištění částicemi frakce  $PM_{2,5}$  se v ČR vyjadřuje pouze v porovnání s ročním imisním limitem ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Chybí tedy důležité informace o krátkodobých koncentracích, které se výrazně mění v závislosti na místě a čase. [18]

Projektanti tak mají před sebou složitou úlohu při stanovování vhodných filtrů pro konkrétní lokalitu bez znalosti vstupních údajů ve formě příslušného znečištění. Jejich snahou je tedy využít dosavadní zkušenosti s použitím filtrů dle starší normy EN 779 a s pomocí převodních tabulek nalézt odpovídající filtr dle normy ISO 16890. Ani tento postup však není zcela ideální, protože mezi oběma třídícími systémy neexistuje, díky jejich rozdílnosti, přesný přepočít. Všechny převodní vztahy jsou tak pouze orientační. [18]

## 7.3 Větrání nebytových budov dle EN 16798-3

WHO v roce 2005 vydala směrnici označenou jako WHO 2005 obsahující nové limitní hodnoty koncentrací frakcí tuhých částic PM. Stanoviska, která WHO publikuje, jsou světově uznávaná. Při výběru třídy filtru by měly být dodrženy doporučené roční limitní hodnoty koncentrací:

- $PM_{10} < 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- $PM_{2,5} < 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Pro frakci  $PM_1$  v současné době nebyla limitní hodnota stanovena

Vzhledem k tomu, že dosud nebyly nalezeny limitní koncentrace, pod kterými by se neprojevovaly žádné škody na lidském zdraví, je cílem limitních hodnot pouze dosažení co možná nejnižších koncentrací tuhých částic. [18]

### 7.3.1 Vnější ovzduší

Dle normy EN 16798-3 se vnější ovzduší dělí podle znečištění tuhými částicemi a plynnými znečišťujícími látkami do tří kategorií (viz Tab. 24). Tato norma dále říká, že venkovní znečištění je nutné třídit zvlášť pro plynné látky (ODA(G)) a zvlášť pro látky tuhé (ODA(P)). [18]

Tab. 24: Klasifikace (zatřídění) venkovního znečištění ODA [20]

Kategorie vnějšího ovzduší	Popis
ODA 1	Venkovní vzduch, který může být pouze dočasně znečištěný prachem, např. pylem
ODA 2	Venkovní vzduch s vysokými koncentracemi tuhých částic a/nebo plyných znečišťujících látek
ODA 3	Venkovní vzduch s velmi vysokými koncentracemi tuhých částic a/nebo plyných znečišťujících látek

Starší norma ČSN EN 13779 třídila venkovní znečištění dle krátkodobých koncentrací (hodinové, 8hodinové či 24hodinové). Norma EN 16798-3 naopak používá pro zatřídění venkovního znečištění stabilnější roční limitní hodnoty. Příkladem může být, že v normě ČSN EN 13779 patřily do kategorie ODA 1 oblasti splňující 24hodinový imisní limit pro částice frakce  $PM_{10} \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kdežto v normě EN 16798-3 se do kategorie

ODA 1 řadí oblasti splňující roční imisní limit pro částice frakce  $PM_{10} \leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_{2,5} \leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . [18]

Norma EN 16798-3 [20] uvádí v příloze B.4.3 postup pro klasifikaci venkovního vzduchu podle doporučení WHO 2005:

„**Kategorie ODA 1** se aplikuje tam, kde jsou splněny doporučené roční limitní hodnoty koncentrací směrnice WHO 2005 a existujícího národního standardu pro kvalitu venkovního ovzduší. Podle WHO 2005 tedy pro oblast ODA 1 platí, že jsou zde splněny roční střední koncentrace tuhých částic  $PM_{2,5} \leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_{10} \leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .“

„**Kategorie ODA 2** se aplikuje tam, kde koncentrace znečišťujících látek překračují doporučené roční limitní hodnoty koncentrací podle směrnice WHO 2005, nebo podle existujícího národního standardu pro kvalitu venkovního ovzduší faktorem větším než 1,5. Podle WHO 2005 tedy pro oblast ODA 2 platí, že zde dosahují roční střední koncentrace tuhých částic  $PM_{2,5} \leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_{10} \leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .“

„**Kategorie ODA 3** se aplikuje tam, kde koncentrace znečišťujících látek překračují doporučené roční limitní hodnoty koncentrací podle směrnice WHO 2005, nebo podle existujícího národního standardu pro kvalitu venkovního ovzduší faktorem větším než 1,5. Podle WHO 2005 tedy pro oblast ODA 3 platí, že jsou zde dosahovány roční střední koncentrace tuhých částic  $PM_{2,5} > 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_{10} > 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .“

### 7.3.2 Kategorie přiváděného vzduchu

Dle normy EN 16798-3 souvisí úroveň vnitřního prostředí v nebytových budovách s kvalitou přiváděného vzduchu (supply air) do dané místnosti. V této normě je supply air označován zkratkou SUP a je definován jako „proud vzduchu vstupující do upravované místnosti, nebo vzduch vstupující do systému po jakékoliv úpravě“. Norma EN 16798-3 dělí kvalitu přivodního vzduchu podle znečištění tuhými částicemi a plynnými znečišťujícími látkami do pěti kategorií (viz Tab. 25). [18]

Tab. 25: Klasifikace (kategorie) přivodního vzduchu SUP [20]

Kategorie přivodního vzduchu	Popis
SUP 1	Přivodní vzduch s velmi nízkou koncentrací tuhých částic a/nebo plynných znečišťujících látek
SUP 2	Přivodní vzduch s nízkou koncentrací tuhých částic a/nebo plynných znečišťujících látek
SUP 3	Přivodní vzduch se střední koncentrací tuhých částic a/nebo plynných znečišťujících látek
SUP 4	Přivodní vzduch s vysokou koncentrací tuhých částic a/nebo plynných znečišťujících látek
SUP 5	Přivodní vzduch s velmi vysokou koncentrací tuhých částic a/nebo plynných znečišťujících látek

Příloha B normy EN 16798-3 [20] doporučuje jako první krok učinit návrh kategorie přivodního vzduchu dle následujících specifikací:

„**Kategorie SUP 1** se aplikuje tam, kde jsou splněny doporučené roční limitní hodnoty koncentrací podle směrnice WHO 2005 a existujícího národního standardu pro kvalitu venkovního ovzduší, násobené faktorem 0,25. Podle WHO tedy platí, že v přivodním vzduchu dosahují roční střední koncentrace tuhých částic hodnot  $PM_{2,5} \leq 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_{10} \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .“

„**Kategorie SUP 2** se aplikuje tam, kde jsou splněny doporučené roční limitní hodnoty koncentrací podle směrnice WHO 2005 a existujícího národního standardu pro kvalitu venkovního ovzduší, násobené faktorem 0,5. Podle WHO tedy platí, že v přivodním vzduchu dosahují roční střední koncentrace tuhých částic hodnot  $PM_{2,5} \leq 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_{10} \leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .“

„**Kategorie SUP 3** se aplikuje tam, kde jsou splněny doporučené roční limitní hodnoty koncentrací podle směrnice WHO 2005 a existujícího národního standardu pro kvalitu venkovního ovzduší, násobené faktorem 0,75. Podle WHO tedy platí, že v přírodním vzduchu dosahují roční střední koncentrace tuhých částic hodnot  $PM_{2,5} \leq 7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_{10} \leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .“

„**Kategorie SUP 4** se aplikuje tam, kde jsou splněny doporučené roční limitní hodnoty koncentrací podle směrnice WHO 2005 a existujícího národního standardu pro kvalitu venkovního ovzduší. Podle WHO tedy platí, že v přírodním vzduchu dosahují roční střední koncentrace tuhých částic hodnot  $PM_{2,5} \leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_{10} \leq 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .“

„**Kategorie SUP 5** se aplikuje tam, kde jsou splněny doporučené roční limitní hodnoty koncentrací podle směrnice WHO 2005 a existujícího národního standardu pro kvalitu venkovního ovzduší, násobené faktorem 1,5. Podle WHO tedy platí, že v přírodním vzduchu dosahují roční střední koncentrace tuhých částic hodnot  $PM_{2,5} \leq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $PM_{10} \leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .“

## 7.4 Celkové zhodnocení dané problematiky

Jak již bylo v této kapitole zmíněno, volba filtrů do vzduchotechniky rozhodně není složitou záležitostí. Chybí však velmi podstatná dlouhodobá data, která by správnou volbu výrazně usnadnila. Z obrázků č. 11 a č. 12 lze vyčíst, že vývoj emisí znečišťujících látek nezaznamenal od roku 2000 žádné skokové změny a je tedy možné jej považovat za konstantní.

Problematické je však zjištění imisních hodnot znečišťujících látek. Imisní hodnoty se každoročně mění v závislosti na mnoha faktorech – teplota, rozptylové podmínky, atd. Dalším problémem je také množství měřících stanic. Na území České republiky se k roku 2019 vyskytovalo 147 stanic měřících suspendované částice frakce  $PM_{10}$  a pouze 89 stanic měřících částice frakce  $PM_{2,5}$ . Výsledkem nízkého počtu měřících stanic částice frakce  $PM_{2,5}$  je nedostatečné množství potřebných imisních dat.

Volba filtrů dle normy ISO 16890 je silně závislá na přesné hodnotě koncentrace frakcí částic  $PM_{2,5}$  a  $PM_{10}$ . Vzhledem k tomuto faktu je do budoucna zapotřebí, aby specialisté z ČHMÚ na základě znalosti dostatečného množství hodnot imisí zmiňovaných

znečišťujících částic měřených alespoň v posledním desetiletí stanovili střední hodnoty znečištění, s pomocí kterých by následně byli schopni vytvořit detailnější mapu dlouhodobého znečištění území částicemi PM.

Úkolem expertů z oblasti vzduchotechniky je na základě detailnější mapy dlouhodobého znečištění území částicemi PM stanovit požadavky na definici jednotlivých kategorií venkovního ovzduší, např. dle doporučení WHO 2005 (viz kapitola 7.3.1).

Při úspěšném provedení celého tohoto projektu, který zahrnuje spolupráci mezi oběma stranami, by došlo k výraznému usnadnění práce při výběru filtrů pro jednotlivé lokality pomocí celkové odlučivosti filtru dle  $ePM_x$ .



## 8 VÝHLEDY DO BUDOUCNA

Tato kapitola je zaměřená na zhodnocení současné situace v oblasti znečištění ovzduší. U každé znečišťující látky jsou vypsány její nejvýznamnější zdroje společně s různými příklady, jak se s danou problematikou v současné době vypořádávají státy ležící v Evropě a jakým směrem se bude redukce nečistot v ovzduší ubírat v budoucnu.

### 8.1 Oxidy dusíku

Jak je v celém průběhu práce zmiňováno, velké množství  $\text{NO}_x$  je produkováno při spalovacích procesech. Jednou z možností zlepšení této problematiky je redukce automobilů poháněných spalovacími motory a jejich nahrazení elektromobily a hybridními automobily. V dnešní době již většina automobilek na světě nabízí ve svém katalogu alespoň jeden automobil plně poháněný elektrickou energií. Nejznámějším výrobcem elektromobilů, a dalo by se říct průkopníkem v této oblasti, je americká firma Tesla Motors Inc., u jejíhož zrodu stál jeden z největších vizionářů současné doby Elon Musk.

Celkové ukončení výroby či prodeje automobilů se spalovacími motory v Evropě nedávno oznámilo hned několik renomovaných automobilek, mezi které patří například švédské Volvo (do roku 2030), americký Ford (rovněž do roku 2030) nebo britský Jaguar (již do roku 2025). Do redukce spalovacích motorů se však nezapojily pouze automobilové firmy. Celkem 31 států z celého světa se zavázalo, že do určité doby buďto zcela zakáže prodej spalovacích motorů u nových automobilů nebo jej zakáže pouze pro některé skupiny. Mezi evropské státy, které se k této akci zavázaly, patří například Norsko (do roku 2025, pro nové automobily), Belgie (do roku 2026, pro nové firemní automobily) či Slovinsko (do roku 2030, pro nové automobily). Zajímavé je, že mezi těmito státy se nachází i ty, od kterých bychom to příliš nečekali, jako Indie (do roku 2030, pro nové automobily) a Egypt (do roku 2040, pro nové automobily). Česká republika mezi uvedenými 31 státy není. Předseda Výboru pro životní prostředí, veřejné zdraví a bezpečnost potravin Evropského parlamentu Pascal Canfin však prohlásil, že EU od roku 2035 zavede tak přísné emisní limity, že je běžné spalovací motory nebudou schopny splnit ani v případě hybridních pohonů. Vzhledem k tomu, že ČR je jedním z členských států EU lze předpokládat, že i v naší zemi dojde nejdéle v roce 2035 k redukci či úplnému zákazu prodeje spalovacích motorů.

EU ve snaze zlepšit znečištění ovzduší v Evropě zavádí často nové přísnější emisní limity výfukových plynů. Z tohoto důvodu je dalším faktorem, který by mohl výrazně pomoci ke zlepšení aktuální situace, častější obnova osobních či nákladních automobilů, které splňují nové přísnější emisní limity.

## 8.2 Oxid siřičitý

Znečištění ovzduší oxidem siřičitým na území ČR nepředstavuje v současné době nijak závažný problém. Zlom v imisích SO<sub>2</sub> nastal v období 90. let, kdy na našem území proběhla plošná instalace odsiřovacích zařízení a odlučovačů popílku. Další technologií, díky které jsme v současné době schopni dodržovat emisní limity, je proces snižování obsahu síry přímo v palivu.

Současný trend (viz Obr. 16) značí, že i v následujících letech bude docházet k postupnému snižování imisí SO<sub>2</sub>. Velký podíl na tom má fakt, že ČR přijala v roce 2002 zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci. V jeho znění je psáno, že Česká republika v souladu s evropskou legislativou přijímá systém tzv. nejlepší dostupné techniky. Tento název vznikl překladem z anglického termínu Best Available Technique (BAT). Zmiňovaná nejlepší dostupná technika má odpovídat nejúčinnější existující technologii v nejpokročilejším stadiu jejího vývoje. Zároveň musí docházet k optimálnímu způsobu provozování, který zajistí nejmenší možné negativní vlivy na životní prostředí. Zkráceně se tedy jedná o kombinaci zavádění nejmodernějších technologií a přísné kontroly jejich ekologických dopadů.

Nabízí se však otázka, zda je cesta zamezování přenosu znečišťujících látek do ovzduší pomocí nejnovějších technologií tím správným směrem. Nebylo by výhodnější omezit výrobu energie spalováním fosilních paliv s využitím většího podílu energie z obnovitelných zdrojů a tím celkově snížit emise SO<sub>2</sub>? Já osobně se přikláním ke kombinaci obou způsobů.

### 8.3 Suspendované částice

Prachové částice hrají velkou roli ve znečištění ovzduší na našem území. Vzhledem ke svému složení jsou totiž nejen ideálními nosiči široké škály škodlivin, ale také samy o sobě mohou být složeny z určité škodlivé látky. Suspendované částice vznikají z mnoha různých zdrojů. Zdroje, které nejvíce přispívají ke znečištění ovzduší, jsou lokální topeniště a automobilová doprava.

Možnosti snížení produkce suspendovaných částic ze silniční dopravy jsou obdobné jako v případě  $\text{NO}_x$  a jsou popsány v kapitole 8.1. U lokálních topenišť (malé spalovací zdroje) je jednou z možností redukce imisí prachových částic omezení spalování nekvalitních fosilních paliv. Další možností je do domácností pořídit kvalitnější kotle, které při spalování produkují méně vedlejších produktů a tím pádem méně zatěžují čistotu okolního ovzduší. V současnosti existuje v ČR mnoho dotačních programů, které přispívají občanům na pořízení kvalitních kotlů do domácností. Realita je však taková, že většina majitelů lokálních topenišť stále nemá (ani přes zmiňované dotační programy) finanční prostředky na pořízení kvalitních kotlů a paliv, které jsou schváleny výrobcem. V mnoha domácnostech tak dochází ke spalování odpadních produktů a různých náhražek kvalitního paliva v nekvalitních kotlích, což způsobuje vysokou koncentraci suspendovaných částic v okolním ovzduší.

## ZÁVĚR

V této práci jsem nejprve charakterizoval ovzduší, jako jednu z hlavních složek životního prostředí. Dále jsem stručně popsal tři základní znečišťující látky, včetně jejich negativního vlivu na životní prostředí a lidské zdraví. V následující části jsem se zabýval legislativou České republiky v oblasti ochrany ovzduší, s pomocí které jsem byl schopen zjistit důležité hodnoty emisních a imisních limitů platných na území našeho státu. V dalších dvou kapitolách této práce jsem se věnoval nejprve aktuálnímu stavu znečištění ovzduší v České republice a poté vývoji emisí znečišťujících látek na našem území za posledních 20 let, k čemuž jsem jako zdroj informací využil grafické ročenky ČHMÚ. Dále jsem také poukázal na problematiku větrání nebytových prostor a upozornil na potřebu znalosti dlouhodobého znečištění frakcemi částic  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ , které hraje zásadní roli při správné volbě filtrů ve vzduchotechnice. V poslední kapitole jsem nastínil strategie, kterými se vydaly jednotlivé státy a firmy na cestě za čistším ovzduším.

V České republice se situace ohledně znečištění ovzduší za posledních 20 let výrazně zlepšila. Přesto však stále patříme mezi nejvíce znečištěné státy v Evropě, a to především díky aglomeracím Praha a Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek. Nejproblematictějšími znečišťujícími látkami v ovzduší na našem území jsou oxidy dusíku ( $NO_x$ ) a suspendované částice frakce  $PM_{10}$  a  $PM_{2,5}$ . Obě tyto znečišťující látky v největší míře produkovány při spalovacích procesech v lokálních topeništích a automobilové dopravě. Je tedy důležité se v budoucnu při snaze o snížení znečištění ovzduší zaměřit právě na tyto dva zdroje. Oxid siřičitý ( $SO_2$ ), který v minulosti patřil mezi velmi významné polutanty, naopak nepředstavuje v posledních letech zásadní problém.

Pro mě osobně bylo psaní této práce velmi zajímavé. Líbila se mi především možnost dozvědět se mnoho zajímavých informací ohledně čistoty ovzduší, kterou všichni považujeme za úplnou samozřejmost, ale bez přijetí některých opatření by tomu tak v dnešní době vůbec nemuselo být.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HEMERKA J.; VYBÍRAL P.: *Základy ochrany ovzduší*, ČVUT v Praze, 2010.
- [2] REMTOVÁ K.: *Strategie v péči o životní prostředí, Dobrovolné nástroje*, VŠE v Praze, 2006
- [3] DOLEŽÍLKOVÁ H., Kvalita vnějšího a vnitřního vzduchu. Portál tzb-info [online] *Interakce venkovního a vnitřního ovzduší*, Praha, 2010. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/6486-kvalita-vnejsiho-a-vnitriho-vzduchu>
- [4] Portál Univerzity Karlovi Centrum pro otázky životního prostředí [online]. *Kapitola 4 – Ovzduší a voda*, Praha 2005. Dostupné z: [https://www.czp.cuni.cz/knihovna/Publikace/global/kap\\_4.htm](https://www.czp.cuni.cz/knihovna/Publikace/global/kap_4.htm)
- [5] Portál Českého hydrometeorologického ústavu [online]. *Ročenka „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2019“*, ČHMÚ v Praze 2019. Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/19groc/gr19cz/Obsah_CZ.html)
- [6] Portál Českého meteorologického slovníku [online]. *Koncentrace znečišťujících látek*, ČMeS 2017. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz/heslo/1655>
- [7] Informační systém Masarykovy univerzity [online]. *Chemické výpočty, objemový zlomek (podíl), objemové procento*, MUNI v Brně, 2008. Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/gfucy/out/ch04s02s01.html>
- [8] McDUFFIE E. E., *Measurements and modeling of nitrogen oxides* [online]. University of Colorado Boulder, 2018. Dostupné z: [https://scholar.colorado.edu/concern/graduate\\_thesis\\_or\\_dissertations/h415p962w](https://scholar.colorado.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/h415p962w)
- [9] World Health Organization, Regional Office for Europe, *Air quality for Europe, 2nd ed. Copenhagen*, 2000. Dostupné z: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/107335>
- [10] CAFE working group on PM (Edwards L., a kol.), *Second Position Paper on Particulate Matter*, 2004. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/environment/archives/cafepdf/working\\_groups/2nd\\_position\\_paper\\_pm.pdf](https://ec.europa.eu/environment/archives/cafepdf/working_groups/2nd_position_paper_pm.pdf)
- [11] PRAŽNIKAR Z., PRAŽNIKAR J.: *The effects of particulate matter air pollution on respiratory health and on the cardiovascular system*, 2012. Dostupné z: <https://sciendo.com/article/10.2478/v10152-012-0022-z>
- [12] Portál Ministerstva vnitra České republiky [online]. *Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší*. Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>
- [13] HEMERKA J.: *Malé spalovací zdroje a ochrana ovzduší*, VVI 2/2014 s. 54 – 58

- [14] Portál Ministerstva vnitra České republiky [online]. *Zákon č. 172/2018, kterým se mění zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů.* Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>
- [15] Portál Ministerstva vnitra České republiky [online]. *Vyhláška č. 415/2012 Sb. o přípustné úrovni znečišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.* Dostupné z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>
- [16] EEA, *Air quality in Europe – 2019, Report 10/2019, Copenhagen, 2019.* Dostupné z: <[https:// www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018](https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018)>
- [17] HEMERKA J., VYBÍRAL P.: *Převod tříd filtrů mezi ČSN EN 779 a ČSN ISO 16890-1, VVI 4/2020 s. 152 – 158*
- [18] HEMERKA J.: *Filtrace pro vzduchotechnická zařízení, 2020*
- [19] MOJŽÍŠ M.: *Komentář a doplnění článku „Normalizace a odlučovací schopnosti filtrů pro všeobecné větrání“ (VVI č. 1/2018) a současné problémy s měřením a tříděním filtrů, VVI 4/2018 s. 246 – 250*
- [20] EN 16789-3:2017. *Energy performance of buildings – Ventilation of buildings – Part 3: For non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems*

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Vertikální rozdělení atmosféry podle teploty a tlaku [1] .....	15
Obr. 2: Dýchací ústrojí člověka a průnik částic PM [11] .....	22
Obr. 3: Grafické zobrazení zón a aglomerací dle zákona o ochraně ovzduší [5] .....	41
Obr. 4: Významné staniční sítě sledování kvality venkovního ovzduší v roce 2019 [5] .....	42
Obr. 5: Pole roční průměrné koncentrace NO <sub>2</sub> v roce 2019 [5] .....	43
Obr. 6: Pole roční průměrné koncentrace NO <sub>x</sub> v roce 2019 [5] .....	44
Obr. 7: Pole 4. nejvyšší 24hodinové koncentrace SO <sub>2</sub> v roce 2019 [5] .....	46
Obr. 8: Pole roční průměrné koncentrace SO <sub>2</sub> v roce 2019 [5] .....	47
Obr. 9: Pole roční průměrné koncentrace PM <sub>10</sub> v roce 2019 [5] .....	49
Obr. 10: Pole roční průměrné koncentrace PM <sub>2,5</sub> v roce 2019 s vyznačením imisního limitu platného od roku 2020 [5] .....	51
Obr. 11: Vývoj celkových emisí hlavních znečišťujících látek v letech 1990-2018, ČR [5] .....	53
Obr. 12: Vývoj celkových emisí částic v letech 1990-2018, ČR [5] .....	53
Obr. 13: Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích NO <sub>x</sub> v roce 2018 [5] .....	55
Obr. 14: Vývoj celkových emisí NO <sub>x</sub> v letech 2009-2018 [5] .....	56
Obr. 15: Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích SO <sub>2</sub> v roce 2018 [5] .....	57
Obr. 16: Vývoj celkových emisí SO <sub>2</sub> v letech 2009-2018 [5] .....	58
Obr. 17: Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích PM <sub>10</sub> v roce 2018 [5] .....	59
Obr. 18: Podíl jednotlivých sektorů na celkových emisích PM <sub>2,5</sub> v roce 2018 [5] .....	59
Obr. 19: Vývoj celkových emisí PM <sub>10</sub> v letech 2009-2018 [5] .....	60
Obr. 20: Vývoj celkových emisí PM <sub>2,5</sub> v letech 2009-2018 [5] .....	60
Obr. 21: Vývoj emisí v členských státech EU v letech 2009-2018 [5] .....	61
Obr. 22: Pole průměrné roční koncentrace PM <sub>2,5</sub> v Evropě, 2018 [5] .....	62
Obr. 23: Pole průměrné roční koncentrace NO <sub>2</sub> v Evropě, 2018 [5] .....	62
Obr. 24: Průměrné složení atmosférického prachu v městských (vlevo) a venkovských oblastech (vpravo) [18] .....	65

# SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Rozdělení suspendovaných částic podle velikosti aerodynamického průměru [10].....	21
Tab. 2: Obecné emisní limity [15] .....	28
Tab. 3: Specifické emisní limity pro spalovací stacionární zdroje, pro něž byla podána kompletní žádost o první povolení provozu, nebo obdobné povolení podle dřívějších právních předpisů, před 7. lednem 2013 a byly uvedeny do provozu nejpozději 7. ledna 2014 [15].....	29
Tab. 4: Specifické emisní limity pro kotle a teplovzdušné přímotopné stacionární zdroje platné od 1. ledna 2018 [15] .....	30
Tab. 5: Specifické emisní limity pro spalovací motory platné od 1. ledna 2018 [15] .....	30
Tab. 6: Specifické emisní limity pro plynové turbíny platné od 1. ledna 2018 [15].....	30
Tab. 7: Emisní limity pro znečišťující látky zjišťované primárně kontinuálním měřením [15] .....	31
Tab. 8: Imisní limity vyhlášené pro ochranu a zdraví lidí včetně maximálního přípustného počtu překročení [12].....	32
Tab. 9: Imisní limity vyhlášené pro ochranu ekosystémů a vegetace [12] .....	33
Tab. 10: Mezní hodnoty emisí pro spalovací stacionární zdroje na pevná paliva [12].....	35
Tab. 11: Mezní hodnoty pro spalovací stacionární zdroje na pevná paliva platné od 1. 1. 2018 [12] .....	36
Tab. 12: Mezní hodnoty emisí pro CO u kotlů na pevná paliva dle ČSN EN 303-5:2013 [12] .....	37
Tab. 13: Mezní hodnoty emisí pro OGC u kotlů na pevná paliva dle ČSN EN 303-5:2013 [12] ....	37
Tab. 14: Mezní hodnoty emisí pro prach u kotlů na pevná paliva dle ČSN EN 303-5:2013 [12]....	38
Tab. 15: Seznam zón a aglomerací [12].....	40
Tab. 16: Imisní limity NO <sub>2</sub> pro ochranu zdraví [12].....	43
Tab. 17: Imisní limit NO <sub>x</sub> pro ochranu ekosystémů a vegetace [12] .....	44
Tab. 18: Imisní limity SO <sub>2</sub> pro ochranu zdraví [12] .....	45
Tab. 19: Imisní limity SO <sub>2</sub> pro ochranu ekosystémů a vegetace [12].....	47
Tab. 20: Imisní limity PM <sub>10</sub> a PM <sub>2,5</sub> pro ochranu zdraví [12].....	49
Tab. 21: Rozsah velikostí částic při stanovení účinnosti odlučování [17] .....	64
Tab. 22: Zatřídění filtrů dle ISO 16890 [17].....	66
Tab. 23: Klasifikační tabulka filtrů dle ISO 16890 [17] .....	66
Tab. 24: Klasifikace (zatřídění) venkovního znečištění ODA [20] .....	68
Tab. 25: Klasifikace (kategorie) přívodního vzduchu SUP [20].....	70