

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování



## Měření emisí a analýza stacionárních zdrojů znečišťující ovzduší

Bakalářská práce



Česká zemědělská univerzita v Praze  
**Fakulta životního  
prostředí**

**Vypracoval:** Ladislav Grössl

**Vedoucí práce:** doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Praha 2016

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „*Měření emisí a analýza stacionárních zdrojů znečišťující ovzduší*“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Mgr. Marka Vacha, Ph.D. a veškeré použité literární prameny a informace řádně cituji v seznamu použité literatury.

V Českém Brodě 10. 4. 2016

.....

### **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za jeho odborné rady a připomínky při psaní této bakalářské práce.

V Českém Brodě dne: 10. 4. 2016

.....

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ladislav Grössl

Územní technická a správní služba

Název práce

Měření emisí a analýza stacionárních zdrojů znečišťující ovzduší

Název anglicky

Emission measurement and analysis of air pollution stationary sources

---

### Cíle práce

Cílem práce bude shrnout legislativní předpisy pro měření emisí. Provedení měření zdrojů znečišťující ovzduší, jejich následné porovnání a vyhodnocení.

### Metodika

1. Úvod
2. Legislativní předpisy
3. Měření zdrojů znečišťující ovzduší
4. Vyhodnocení výsledků
5. Závěr

**Doporučený rozsah práce**

40 stran

**Klíčová slova**

emise, emisní limity, měření emisí, zdroje emisí, znečištění ovzduší

---

**Doporučené zdroje informací**

ČÍŽEK, J. *Vliv znečištění ovzduší na životní prostředí, les a lesní hospodářství*. Praha: VŠZ, 1983.

Vyhláška č. 415/2012 Sb.

Zákon č. 201/2012 Sb.

Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2013



---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 10. 12. 2015

**prof. Ing. Pavel Pech, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 10. 12. 2015

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2016

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá měřením emisí stacionárních zdrojů. Emise hlavních znečišťujících látek patřily v 90. letech v České republice k nejvyšším na světě. Díky schváleným zákonům se emise podařilo snížit na dnešní úroveň. Na základě vlastního měření stacionárního zdroje spalující zemní plyn v Kouřimi bylo zjištěno, že množství emisí nepřekračuje povolené emisní limity. Dále bylo toto měření porovnáno se zdrojem spalující lehký topný olej.

### **Klíčová slova:**

emise, emisní limity, měření emisí, zdroje emisí, znečištění ovzduší

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with measuring of stationary sources. In the nineties years of twenty century in Czech republic there was the highest amount of emission of major pollutants. Thanks to the new law and standards the actual level of emission was reduced. By inherent measuring stationary source, which burns natural gas in Kouřim, was found, that amount of emissions do not exceed permitted limits. Furthermore were this measurements compared with a source, which burns light fuel oil.

### **Keywords**

Emission, emission limit, measuring emissions, air pollution sources, air pollution

## Obsah

1. Úvod .....	9
2. Cíle práce .....	11
3. Literární rešerše .....	12
3.1. Historie znečištění a ochrany ovzduší .....	12
3.2. Současné legislativní prostředky .....	14
3.2.1. Přípustná úroveň znečištění a znečišťování .....	14
3.2.2. Posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění .....	14
3.2.3. Zjišťování a vyhodnocení úrovně znečišťování .....	15
3.2.4. Informační systém kvality ovzduší .....	15
3.2.5. Národní program snižování emisí České republiky .....	16
3.2.6. Smogová situace .....	16
3.2.7. Nízkoemisní zóny .....	17
3.2.8. Stacionární zdroje .....	17
3.2.9. Poplatek za znečišťování .....	17
3.2.10. Povinnost provozovatelů stacionárních zdrojů .....	18
3.2.11. Základní pojmy používané v ochraně ovzduší .....	18
3.3. Vybrané látky znečišťující ovzduší .....	20
3.3.1. NO – oxid dusnatý .....	20
3.3.2. NO <sub>2</sub> – oxid dusičitý .....	20
3.3.3. NO <sub>x</sub> – oxidy dusíku .....	20
3.3.4. SO <sub>x</sub> – oxidy síry .....	20
3.3.5. Tuhé znečišťující látky .....	21
3.3.6. CO <sub>2</sub> – Oxid uhličitý .....	21
3.3.7. VOC – Těkavá organická látka .....	22
3.4. Měření emisí .....	22
3.4.1. Druhy měření .....	24
3.4.2. Volba a umístění měřicího otvoru .....	24
3.4.3. Měření průřezové rychlosti proudění a měření rozměrů potrubí .....	25

3.4.4.	Měřicí body v měřícím průřezu .....	25
3.4.5.	Měření teploty a statického tlaku odpadního plynu .....	26
3.4.6.	Odběr vzorků .....	26
3.4.7.	Extraktivní metody .....	28
3.4.7.1.	Primární filtr .....	29
3.4.7.2.	Sekundární filtr .....	29
3.4.7.3.	Sonda .....	29
3.4.7.4.	Vyhřívaná vzorkovací potrubí .....	30
3.4.7.5.	Nevyhřívaná vzorkovací potrubí .....	30
3.4.8.	Neextraktivní metody .....	30
3.5.	Kategorie a zařazení zdrojů znečišťování .....	32
3.6.	Odprašování odpadních plynů .....	34
3.6.1.	Odlučovače mechanické .....	34
3.6.1.1.	Suché odlučovače .....	34
3.6.2.	Mokrý mechanické odlučovače .....	37
3.6.3.	Tkaninové odlučovače .....	40
3.6.4.	Elektrostatické odlučovače .....	42
3.6.5.	Mokrý elektrické odlučovače .....	43
4.	Materiál a metodika .....	43
4.1.	Charakteristika zájmového území .....	43
4.2.	Popis zdroje znečišťování ovzduší .....	43
5.	Výsledky a diskuze .....	46
5.1.	Porovnání emisí při využití lehkého topného oleje a zemního plynu .....	51
6.	Závěr .....	53
7.	Literatura .....	54
7.1.	Internetové zdroje .....	55
7.2.	Zákony, vyhlášky, normy .....	56
8.	Přílohy .....	57



# 1. Úvod

Způsob života západní civilizace a růst rozvojových zemí s sebou přináší zátěž na životním prostředí. Škodlivým účinkům, ať už se jedná o znečišťování ovzduší, půdy nebo vody, je vystaven jak člověk, tak i flora a fauna. Jednotlivé složky životního prostředí jsou stále poškozovány, a proto je nutné je chránit a zavádět opatření zabraňující těmto škodám a dát možnost budoucím generacím poznat Zemi stejně jako máme možnost my.

Ovzduší je jedna z hlavních složek životního prostředí, obklopuje nás a je pro lidskou populaci jako i pro veškerý život na Zemi nepostradatelné. Vnější ovzduší je definováno jako vše, co tvoří přirozené podmínky pro bytí organismů, včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího rozvoje (MORÁVEK J. a kol.). Jak lidé ovlivňují kvalitu ovzduší, tak ovzduší ovlivňuje zdraví člověka. Příčinou zhoršování kvality ovzduší je přírodní, anebo antropogenní činnost. I když přírodní znečišťování ovzduší není nezanedbatelné a v historii Země jsou to právě přírodní činnosti, hlavně erupce sopek, které měnily klima, od začátku průmyslové revoluce je to zejména antropogenní činnost, která mění a znečišťuje ovzduší. Děje se tak zejména ze stacionárních zdrojů a s rozvojem automobilů mají také stále větší podíl na znečišťování i mobilní zdroje. Emise skleníkových plynů, zejména oxidu uhličitého, přispívají ke zvýšení teploty. Emise oxidu siřičitého a oxidy dusíku se významně podílí na okyselování půd. Ztenčení ozónové vrstvy je zapříčiněno emisemi plynů, které tuto vrstvu poškozují. Kombinací emisí těkavých organických látek a oxidů dusíku může vzniknout tvorba smogu, který má negativní vliv na člověka a živé organismy. Z těchto důvodů je důležité stanovit a dodržovat emisní limity a zajistit jejich pravidelnou kontrolu (CAPRA F., 1982).

Nejhorší kvalita ovzduší byla v rámci ČR v 80. letech 20. století. Kvalita ovzduší se díky novým zákonům a investic do odlučovačů TZL a odsíření zejména u velkých a zvláště velkých zdrojů znečištění v 90. letech výrazně zlepšila (ČHMÚ, 1998). Bohužel, postupem let se tento trend zastavil a rozvoj dopravy způsobil zhoršení kvality ovzduší. Nezanedbatelné jsou také domácí topeniště, kde se vlivem nesplnění slibů, že plyn bude nejlevnější palivo, opět přechází na nekvalitní paliva nebo dokonce na komunální odpad.

Měření emisí, ať už se jedná o kontinuální, nebo jednorázové, je hlavní kontrolou všech zdrojů znečišťující ovzduší, zda dodržují platné právní předpisy a

normy. Měření stacionárních zdrojů je odlišné od měření mobilní zdrojů, proto je zde tato problematika popsána.

## **2. Cíle práce**

Cílem bakalářské práce je seznámení s aktuálními právními předpisy ochrany ovzduší v České republice, rozbor nejdůležitějších látek znečišťujících ovzduší a seznámení se s problematikou měření emisí a čištění odpadních plynů. Cílem je rovněž změřením stacionárního zdroje na zemní plyn a jeho porovnání se zdrojem ta kapalná paliva.

## 3. Literární rešerše

### 3.1. Historie znečištění a ochrany ovzduší

Znečištění ovzduší významně ovlivňuje životní prostředí na planetě Zemi. Toto znečištění je potřeba rozdělit na znečištění vzniklé přírodní silou a antropogenní činností člověka. Za znečištění způsobené přírodními silami považujeme vnášení cizorodých látek z přírodních katastrof, vulkanické činnosti, lesních požárů a písečných bouří. Momentálně hraje významnější roli činnost člověka, ale záznamy o znečištění ovzduší člověkem pochází už z dob starověku (CAPRA F., 1982).

Už v roce 61 n. l. filozof Seneca, který trpěl astmatem, upozornil na špatný vzduch v Římě. Ve 13. století se datuje první využití uhlí na Britských ostrovech. Na konci 18. století je sestaven první parní stroj a začíná období průmyslové revoluce a s ní využívání přírodních zdrojů, které znečišťují nejen ovzduší.

Stále častěji se ve městech tvoří smog, toto vyústí v roce 1952 ve smogovou katastrofu v Londýně, kde vlivem špatných rozptylových podmínek a vysoké koncentraci škodlivých látek zemřelo během několika dní na více než 4000 osob. Maximální koncentrace  $\text{SO}_2$  dosahovala hodnot  $3600 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , to odpovídá více než 25x překročení současného imisního limitu.

Poválečné hospodářství v Československu se zaměřilo na těžký průmysl a začala výstavba hnědouhelných elektráren. V roce 1966 byla postavena první monitorovací observatoř pro zjišťování změn kvality ovzduší. První zákon na ochranu ovzduší byl přijat v roce 1967. Zákon byl založen na imisním principu a vycházel z výpočtu přízemního znečištění ovzduší. Bohužel tento postup znamenal pouze přenesení problému na větší vzdálenost od zdroje znečištění. Z tohoto důvodu stále více docházelo ke škodám na lesních porostech, okyselování jezer a vodních toků a okyselování půd až do hloubek 1-2m mimo zdroje znečištění. Důsledkem tohoto zákona bylo postižení okolních států (ČHMÚ).

Po změně režimu byl přijat zákon č. 309/1991 Sb. o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami. Zákon zavedl emisní limity a předpisy vycházely především z SRN, které tehdy representovali nejjobsáhlejší předpisy na ochranu ovzduší v Evropě. Hlavním aspektem nového zákona bylo vymezení zdrojů znečištění na stacionární a mobilní. Zákon také stanovil nástroje k dosažení cílů, které byly rozděleny na administrativní, ekonomické a koncepční. Orgány státní správy byly

povinný informovat veřejnost o stavu ovzduší a míry jeho znečištění. Uplatnění tohoto zákona vedlo ke snížení emisí všech znečišťujících látek (ČHMÚ, 1998).

Technický vývoj na poli odlučovacích zařízení pro snižování emisí, nové strategie ochrany ovzduší v Evropských zemích a snaha vstoupit do EU vedly ke schválení zákona č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší.

Tento zákon dělí zdroje na mobilní a stacionární. Mobilními zdroji jsou pohyblivá a samohybná vozidla vybavená spalovacím motorem. Mezi stacionární zdroje jsou řazena zařízení pro spalování paliv nebo jiná technologická zařízení, která znečišťují ovzduší. Stacionární zdroje byly rozděleny podle míry vlivu na kvalitu ovzduší:

- Zvláště velké spalovací zdroje o jmenovitém tepelném příkonu 50MW a vyšším
- Velké spalovací zdroje o jmenovitém tepelném výkonu vyšším než 5MW do 50MW tepelného příkonu
- Střední spalovací zdroje o tepelném výkonu od 0,2MW do 5MW včetně
- Malé spalovací zdroje o tepelném výkonu nižším než 0,2 MW (ZÁKON Č. 86/2002 Sb.).

## **3.2. Současné legislativní prostředky**

Nová právní úprava se začala projednávat už v roce 2007. Během legislativního procesu doznal zákon značných úprav a až dne 1. září 2012 byl zrušen zákon č. 86/2002 Sb. a vstoupil v platnost zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší. 21. listopadu byla vydána vyhláška č. 415/2012 Sb. o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.

Zákon byl zpracován podle příslušných předpisů Evropské unie a upravuje přípustné hodnoty, způsob posuzování přípustné úrovně znečištění a znečišťování a jejich vyhodnocení. Rovněž zpřísňuje podmínky pro snižování emisí a upravuje práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy při ochraně ovzduší. Pro dodavatele pohonných hmot a orgány veřejné správy vymezuje práva a povinnosti při snižování emisí skleníkových plynů z pohonných hmot.

Účel zákona je předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečištění takovým způsobem, aby se omezil dopad na lidské zdraví, životní prostředí a byly vytvořeny předpoklady pro regeneraci složek životního prostředí postižených v důsledku znečištění ovzduší (MORÁVEK J. a kol.).

### **3.2.1. Přípustná úroveň znečištění a znečišťování**

Pro ochranu zdraví a životního prostředí jsou stanoveny přípustné imisní limity a jejich četnost překročení. Tyto limity jsou vázány pro celou Českou republiku a jsou nazývány jako imisní limity.

Přípustná úroveň znečišťování je určena emisními limity, emisními stropy, technickými podmínkami provozu a přípustnou tmavostí kouře. Emisní limity musí být dodrženy na každém komínovém průduchu a emisní limity se dělí na obecné a specifické. Pokud je pro zdroj stanoven jeden nebo více specifických emisních limitů, už se na zdroj nevztahuje obecný emisní limit. Tyto limity jsou stanoveny v prováděcím právním předpise.

### **3.2.2. Posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění**

Posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění se provádí na vymezeném území, tzv. zónách nebo pro zónu, která je městskou aglomerací s počtem obyvatel vyšším než 250 000 obyvatel. Posouzení úrovně znečištění se provádí stacionárním

měření, výpočtem nebo jejich kombinací. Je hodnoceno, zda v zónách došlo k překročení dolní nebo horní meze pro posuzování úrovně znečištění. Zón je celkem 11:

- Aglomerace Praha
- Zóna Střední Čechy
- Zóna Jihozápad
- Zóna Severozápad
- Zóna Severovýchod
- Zóna Jihovýchod
- Aglomerace Brno
- Zóna střední Morava
- Zóna Moravskoslezsko
- Aglomerace Ostrava/Karviná/Frýdek-Místek

### **3.2.3. Zjišťování a vyhodnocení úrovně znečišťování**

Provozovatel zdroje zjišťuje úroveň znečišťování měření emisí u každé znečišťující látky, u které je stanoven specifický emisní limit nebo emisní strop nebo je výslovně stanoveno v prováděcím právním předpisu nebo v povolení provozu. V případě že nelze zdroj změřit, provádí se výpočet. Výpočet se provádí také v případě záložních zdrojů energie.

Měření emisí se provádí v místě, ve kterém nedochází ke změnám ve složení odpadních plynů nebo v místě, kde je přesně definován obsah referenčního kyslíku. Pokud má stacionární zdroj více komínů nebo výdechů a jejich prostřednictvím dochází ke znečišťování ovzduší, je prováděno měření na každém z nich. Jednorázové měření emisí provádí autorizovaná osoba. U kontinuálního měření emisí se ověří správnost výsledků jednorázovým měřením.

### **3.2.4. Informační systém kvality ovzduší**

Výsledky měření emisí vede ministerstvo v informačním systému kvality ovzduší. Součástí systému je registr emisí a stacionárních zdrojů, kde jsou vedeny údaje o zdrojích a hodnot znečišťujících látek. Ministerstvo za pomoci těchto informací provede inventuru, kde spočítá celkové množství znečišťujících látek, které byly v předchozím roce vneseny do ovzduší. Na těchto základech provede i vývoj množství znečišťujících látek v dalších kalendářních letech.

### **3.2.5. Národní program snižování emisí České republiky**

Tento program je nejvýše postaveným dokumentem v ochraně ovzduší České republiky. Je vytvořen za účelem snížení celkové úrovně znečištění a znečišťování na území České republiky a dosažení a plnění emisních stropů. Program se zpracovává jednou za 4 roky. Obsahem tohoto programu je analýza úrovně znečištění a znečišťování a úroveň jejich vývoje a směrné hodnoty pro omezení acidifikace a zatížení troposférickým ozonem

V případech, kdy dochází v zóně nebo v aglomeraci překročení stanovených imisních limitů, zpracuje ministerstvo společně s krajským úřadem, pod který zóna nebo aglomerace spadá, program na zlepšování kvality ovzduší. Program musí být hotov do 18 měsíců od konce kalendářního roku, ve kterém došlo k překročení imisních limitů.

Za program nově odpovídá Ministerstvo životního prostředí. Problémy s kvalitou ovzduší jsou způsobeny především zdroji, které jsou mimo oblast působení krajských úřadů a právě ministerstvo má kompetence učinit vůči těmto zdrojům nějaké kroky.

### **3.2.6. Smogová situace**

Je situace, při které úroveň znečištění oxidem siřičitým, oxidem dusičitým, částicemi PM<sub>10</sub> nebo troposférickým ozonem překročí některou z prahových hodnot uvedených v zákoně. Vznik smogové situace a její ukončení vyhláší ministerstvo veřejně v informačním systému a v médiích. Současně informuje inspekci, dotčené úřady a provozovatele stacionárních zdrojů, kterým byly uloženy zvláštní podmínky provozu.

Ministerstvo vydává stanovisko k územnímu rozvoji a zásadám během jejich pořizování. Také vydává rozhodnutí a kvalifikaci stacionárního zdroje využívajícího dosud nepoužitou technologii na území České republiky, zda musí být pro stacionární zdroj vyžadována rozptylová studie, kompenzační opatření, provozní řád, emisní limity, podmínky provozu a způsob zjišťování úrovně znečištění.

Krajský úřad vydává stanovisko k územnímu plánu a regulačnímu plánu obce. Také povoluje umístění, stavbu a změnu stacionárního zdroje a vydává povolení k jeho provozu. Provoz zdroje musí dbát na to, aby nedocházelo k zatížení území nad přípustnou úroveň. Pokud stacionární zdroj překročí některý z imisních limitů, lze uplatnit kompenzační opatření, zajišťující alespoň zachování stávající úrovně



překročení imisních limitů. Zároveň zavazuje k tomu, že nebude zprovozněn další stacionární zdroj, dokud provozovatel nepřijme opatření ke snížení emisí, zajišťující splnění imisních norem (KLEČKOVÁ, Z. a kol.).

### **3.2.7. Nízkoemisní zóny**

Po vzoru západoevropských měst mohou obce ve zvláště chráněných územích a lázeňských místech stanovit vyhláškou nízkoemisní zónu, kde je omezen provoz motorových vozidel z důvodu snížení znečištění ovzduší a zabránění smogové situace.

### **3.2.8. Stacionární zdroje**

Důležitým mezníkem v měření stacionární zdrojů je zrušení jejich kategorizace podle míry vlivu na kvalitu ovzduší na zvlášť velké, velké, střední a malé zdroje. Zákon nově obsahuje jedenáct vyjmenovaných druhů stacionárních zdrojů, u kterých je zapotřebí mít povolení a jsou rozděleny do tří sloupců.

Sloupec A – je vyžadována rozptylová studie

Sloupec B – jsou vyžadována kompenzační opatření

Sloupec C – je vyžadován provozní řád jako součást povolení provozu

Druhy stacionárních zdrojů

1. Energetika – spalování paliv
2. Tepelné zpracování odpadu, nakládání s odpady a odpadními vodami
3. Energetika – ostatní
4. Výroba a zpracování kovu a plastu
5. Zpracování nerostných surovin
6. Chemický průmysl
7. Potravinářský, dřevozpracující a ostatní průmysl
8. Chovy hospodářských zvířat
9. Použití organických rozpouštědel
10. Nakládání s benzínem
11. Ostatní zdroje

### **3.2.9. Poplatek za znečišťování**

S novým zákonem přichází změna v placení poplatků za znečišťování ovzduší. Seznam látek je zredukován na 4 znečišťující látky. Od poplatku jsou

osvobození provozovatelé stacionárních zdrojů, u kterých je celková výše poplatku nižší než 50 000 Kč. Poplatek za znečišťování se provádí výpočtem podle tabulky č. 1.

	2013 až 20016	2017	2018	2019	2020	2021 a dále
TZN	4 200	6 300	8 400	10 500	12 600	14 700
SO <sub>2</sub>	1 350	2 100	2 800	3 500	4 200	4 900
NO <sub>x</sub>	1 100	1 700	2 200	2 800	3 300	3 900
VOC	2 700	4 200	5 600	7 000	8 400	9 800

Tabulka 1: Poplatky za znečišťování. Hodnoty jsou uvedeny v Kč/t. (ZÁKON Č. 201/2012 Sb.)

### 3.2.10. Povinnost provozovatelů stacionárních zdrojů

Povinnost provozovatelů je dodržovat emisní limity, emisní stropy, technické podmínky provozu a přípustnou tmavost kouře a spalovat paliva, která splňují požadavky na kvalitu paliv. Dále provádět jednou za 2 roky kontrolu technického stavu a provozu stacionárního zdroje, umožnit přístup autorizovaným osobám na jednorázová měření emisí, dále osobám pověřeným ministerstvem, obecním úřadem a inspekcí přístup k používaným palivům, surovinám a technologiím související s provozem stacionárního zdroje (ZÁKON Č. 201/2012 Sb.).

### 3.2.11. Základní pojmy používané v ochraně ovzduší

**Znečišťující látka** – chemické a jiné látky zanešené do ovzduší způsobující škodlivé účinky na lidské zdraví a pohodu, životní prostředí, zvířat, klimatický systém Země nebo hmotný majetek. Může jít o látky primárně vnesené nebo druhotně vznikající. Radionuklid se ze zákona nepovažuje za znečišťující látku.

**Znečišťování ovzduší** – vnášení jedné nebo více znečišťujících látek do ovzduší v důsledku lidské činnosti v hmotnostních jednotkách za jednotku času.

**Emise** – jedna nebo více látek znečišťující ovzduší.

**Emisní limit** – nejvyšší přípustná hranice koncentrace znečišťující látky, nebo stanovené skupiny látek vypouštěna do ovzduší ze zdroje. Obvykle je udáván jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky v odpadních plynech, hmotnostní tok za jednotku času nebo hmotnost znečišťující látky na jednotku produkce nebo objemová koncentrace.

**Emisní strop** – nejvyšší přípustné množství znečišťující látky nebo stanovené skupiny látek vnesené do ovzduší v důsledku lidské činnosti za období jednoho roku vyjádřeno v hmotnostních jednotkách.

**Zdroj znečištění ovzduší** – zařízení, prostor nebo plocha, které znečišťují nebo mohou znečišťovat ovzduší a potřebují kolaudační nebo jiná povolení.

**Palivo** – plyný, kapalný nebo tuhý materiál určený ke spalování ve zdrojích a splňující požadavky na kvalitu a vlastnosti stanovené ve vyhlášce Ministerstva životního prostředí.

**Imise** – znečištění ovzduší, které je vyjádřeno hmotnostní koncentrací znečišťující látky nebo skupiny látek.

**Imisní limit** – nejvyšší přípustná hodnota znečištění ovzduší v hmotnostních jednotkách na objemovou jednotku vzduchu při normální teplotě a tlaku.

**Pachové látky** – látky, nebo jejich směs, jejichž pachový vjem obtěžuje člověka a je charakterizovaný pachovým číslem. Pachové číslo se zjišťuje olfaktometricky přes přístroj, v němž se mísí pachově znečištěný plyn s příměsí čistého plynu a hledá se takový objem čistého plynu vztažený na objem znečištěného plynu, při kterém čichající již nezjistí zápach.

**Přípustná tmavost kouře** – nejvyšší přípustná tmavost kouřové vlečky.

**Kouřová vlečka** – rozptýl spalin do ovzduší.

**Bacharachova metoda** – metoda při které se odsaje určitý objem plynu přes filtrační papír vložený do kouřovodu a porovná se zabarvení Bacharachovou stupnicí. Stupnice tvoří deset stupňů od bílé barvy až po 90% černé barvy.

**Ringellmannova metoda** – vizuální porovnání kouřové vlečky se stupnicí od nuly do čtyř, kde čtvrtá stupnice představuje 90% černé barvy.

**Depoziční limit** – nejvyšší přípustné množství znečišťující látky po dopadu na zemský povrch. Depozice se rozděluje na mokrou a suchou. Mokrú depozice je množství spadu znečišťujících látek přeměněných v ovzduší a měří se ve srážkách. Suchá depozice je nepřeměněná forma spadu znečišťujících látek.

**Těkavá organická látka** – organická sloučenina, nebo směs organických sloučenin, s výjimkou methanu, která při teplotě 293,15K má tlak par 0,01kPa nebo má odpovídající těkavost z konkrétních podmínek použití a které může během své

přítomnosti v ovzduší reagovat za přítomnosti slunečního záření s oxidy dusíku za vzniku fotochemických oxidantů (VEJVODA, J., a kol., 2003).

### **3.3. Vybrané látky znečišťující ovzduší**

#### **3.3.1. NO – oxid dusnatý**

Primárně vzniká při spalování paliv. Je to bezbarvý, paramagnetický plyn, za vyšších koncentrací jedovatý a s přítomností vlhkosti se stává leptavý. Jedná se o málo reaktivní plyn, který v atmosféře oxiduje na NO<sub>2</sub>. V ovzduší se vyskytuje v minimálním množství a nejsou pro něj stanoveny imisní limity (IRZ, 2009b).

#### **3.3.2. NO<sub>2</sub> – oxid dusičitý**

Červenohnědý, agresivní, jedovatý plyn, který při koncentracích 0,5 – 1,5ppm způsobuje dýchací problémy. Ve městech je hlavním zdrojem NO<sub>2</sub> automobilová doprava. Hlavním problémem NO<sub>2</sub> je, že se látka společně s organickými těkavými látkami a za působení slunečního záření podílí na tvorbě atmosférického ozónu a dalších toxických sloučenin, které způsobují fotochemický smog, který má negativní vliv na lidské zdraví i vegetaci. Další negativum NO<sub>2</sub> je, že se v atmosféře mísí s oxidy síry a společně se podílejí na tvorbě kyselých dešťů (KLEČKOVÁ Z., a kol., 2011).

#### **3.3.3. NO<sub>x</sub> – oxidy dusíku**

Jedná se o směs několika oxidů dusíku, nejčastěji uvedené jsou oxid dusnatý a oxid dusičitý, jejichž koncentrace je součtem koncentrací NO a NO<sub>2</sub> v objemových jednotkách. Hlavním zdrojem znečištění zapříčiněným člověkem jsou mobilní zdroje, převážně motorovými vozidly. U stacionárních zdrojů pochází převážná část emisí ze spalovacích procesů při atmosférickém tlaku vzduchu. Na konci 20. století se emise NO<sub>x</sub> podařilo rapidně snížit (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2013).

#### **3.3.4. SO<sub>x</sub> – oxidy síry**

Hlavními zástupci oxidů síry jsou oxid sírový (SO<sub>3</sub>) a oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>). Oxidu siřičitého se v atmosféře vyskytuje několikanásobně více než oxidu sírového.

Oxid siřičitý je bezbarvý a nehořlavý plyn se štiplavým kyselým zápachem a hustotou 2,92 kg/m<sup>3</sup>. Většina emisí SO<sub>2</sub> z antropogenní činnosti vzniká při spalování fosilních paliv s obsahem síry. Při spalovacích procesech přechází na oxid siřičitý až 95% pevných paliv a téměř 100% kapalných paliv. Přírodními zdroji emisí jsou

bakteriální činnost, vulkanická činnost a požáry vegetace. Přírodní zdroje převažují nad antropogenními, jsou ale přirozeného cyklu a činnost člověka tento cyklus narušuje.

SO<sub>2</sub> se snadno hydratuje na aerosoly kyseliny siřičité, které jsou součástí kyselých dešťů. Kyselé deště mají negativní vliv na vegetaci a dlouhodobé působení dešťů se projevuje zejména u jehličnatých lesů. To vedlo k imisní katastrofě v druhé polovině 20. století v severovýchodním Krušnohoří a Jizerských horách, kde vlivem kyselých dešťů a následném okyselení půdy odumřely tisíce hektarů převážně jehličnatých porostů (IRZ, 2009b).

### **3.3.5. Tuhé znečišťující látky**

Jsou známy také pod pojmy polétavý prach, suspendované částice nebo prašný aerosol. Jsou to částice od 0,1 μm do 0,5 mm s různorodým složením. Velikost částic, se v monitoringu čistoty ovzduší označují písmeny PM. Tuhé látky jsou unášeny vzduchem na vzdálenosti dosahující až několik tisíc km. Přírodním zdrojem těchto částic může být například výbuch sopky, písečná a větrná bouře nebo lesní požáry. Do nejvýznamnějších antropogenních zdrojů patří spalovací procesy, automobilová doprava, tavení rud a kovů, těžba nerostných surovin a zemědělská činnost. U spalovacích procesů se tuhé látky dostávají do ovzduší při spalování paliv, která obsahují popelovinu. Nejvýznamnějším zdrojem znečištění u paliv jsou tuhá paliva, například hnědé uhlí s vysokým obsahem popeloviny. PM částice způsobují dýchací potíže a mají zásadní vliv na zvýšení úmrtnosti (DIOCIAIUTI, M. a kol., 2002).

Rozlišujeme primární a sekundární prašnost. Primární prašnost vzniká přímo z místa nebo zdroje odkud se prachová částice poprvé vznesla do ovzduší. Sekundární prašnost vzniká při opětovném zvíření prachových částic, které již byly jednou usazeny na zemském povrchu. Sekundární prašnost způsobuje zejména doprava ve městech (IRZ, 2009c).

### **3.3.6. CO<sub>2</sub> – Oxid uhličitý**

Bezbarvý plyn, bez chuti a zápachu. Skládá se z atomu uhlíku a dvou atomů kyslíku. Atom uhlíku je vázán kovalentní vazbou na oba atomy kyslíku. Pokud se dostane do dýchacího ústrojí, působí pálivě na sliznici a má kyselou chuť. Oxid uhličitý je nehořlavá a téměř nereaktivní látka. Vyskytuje se hlavně ve vodě, kde jeho zastoupení je okolo 38 100Gt. Je těžší než vzduch a jeho zastoupení v zemské atmosféře je 0,04%. Do ovzduší se přirozeně dostává vulkanickou činností, gejzíry,

horkými prameny, ale také dýcháním většiny živých organismů. Hlavním zdrojem oxidu uhličitého je přírodního charakteru a lidská činnost zasahuje do koloběhu uhlíku jen asi 2-3%. I přes takto malé procento lidská činnost významně zasahuje do tohoto koloběhu (IRZ, 2009e).

Stacionární a mobilní zdroje patří mezi hlavní znečišťovatele díky spalování fosilních paliv, jako je uhlí, koks, zemní plyn nebo ropa. Zdrojem emisí jsou také paliva biologického původu – biomasa, dřevo, bionafta a bioplyn. Přírodní redukování oxidu uhličitého se děje u zelených rostlin a nazývá se fotosyntéza. V atmosféře oxid uhličitý spolu s dalšími plyny jako je například vodní pára pohlcuje infračervené záření. Tento jev se nazývá skleníkový efekt. Bez skleníkového efektu by nebylo na Zemi dostatečné teplo a neexistoval by život. Bohužel spalováním fosilních paliv člověk tuto koncentraci neustále zvyšuje a důsledkem je oteplování planety Země. Od doby průmyslové revoluce, se zvýšila koncentrace oxidu uhličitého přibližně o 30% (IRZ, 2009d).

### **3.3.7. VOC – Těkavá organická látka**

Všechny organické sloučeniny antropogenního původu, jiné než methan, které jsou schopné vytvářet fotochemické oxidanty reakcí s  $\text{NO}_x$  v přítomnosti slunečního záření. Přírodními zdroji jsou emise z vegetace a živočichů, lesní požáry a anaerobní procesy v močálech a bažinách. Za hlavní antropogenní zdroje můžeme uvést použití rozpouštědel, výfukové plyny z dopravních prostředků, spalování fosilních paliv, chemický průmysl a skládky odpadů.

Takové organické látky reagují v atmosféře hlavně s oxidy dusíku. Pokud jsou sloučeniny méně reaktivní, setrvávají v atmosféře delší dobu a mohou překonat větší vzdálenosti. Hlavními negativními účinky VOC je poškozování stratosférického ozonu, přímý i nepřímý podíl na skleníkovém efektu, podíl na tvorbě fotochemického smogu a přízemního ozonu. Všechny tyto účinky mají negativní vliv na zdraví lidí, zvířat i majetku (KLEČKOVÁ, Z., a kol., 2011).

## **3.4. Měření emisí**

Měření emisních zdrojů zjistíme současný stav znečištění, které produkuje stacionární nebo mobilní zdroj. Měření stacionárního zdroje dělíme na jednorázová a kontinuální měření. Jedná se o jednorázové nebo stálé odebírání vzorků odpadního plynu. Odběr vzorků lze rozdělit na extraktivní nebo neextraktivní metody analýzy.

Měření určí množství znečišťující látky nebo jejich soubor, které vypouští zdroj do ovzduší a které jsou povinné měřit.

Měření emisí má za cíl určit hmotnostní tok znečišťujících látek ze zdroje. V praxi měření hmotnostního toku znečišťujících látek není možné, proto se využívá výpočtu, který je založen na chemické analýze a průtoku senzorem. Je důležité vhodně umístit otvor na odběr vzorků. Při analýze je zapotřebí zvolit správnou metodu měření. Měření se skládá z několika faktorů, které mohou ovlivnit samotný výsledek a jejich časová posloupnost je:

- Odběr vzorků
- Zpracování vzorků
- Rozpor vzorků

První část je odběr vzorků. Vzniklá chyba v této části způsobí, že se měření může lišit o několik desítek procent od ostatních měření a v následujících částech tuto chybu již nelze eliminovat. Proto je hlavním požadavkem odběru vzorků jejich reprezentativnost. Hlavní nárok na odběr vzorků je reprezentativní zastoupení odpadního plynu v daném vzorku. Nelze automaticky počítat, že odpadní plyn je homogenní po celé délce spalinové cesty. Pokud je průtok odpadního plynu konstantní, lze i u nehomogenní koncentrace provést odběr v jediném měřicím otvoru. V případě, že se během měření emisí s nehomogenním složením odpadního plynu mění celkový průtok plynu, je nezbytné zajistit vzorky v několika bodech spalinové cesty.

Nejdůležitějším požadavkem určující kvalitu odběru vzorků je znalost procesů ovlivňující vlastnosti odpadního plynu. Při těchto procesech je potřebné se zaměřit na tyto aspekty:

1. Typ procesu určující odběr a analýzu vzorků
  - 1.1. Spalovací procesy zdrojů – sledování složení spalin
  - 1.2. Povrchové úpravy – lakování, tisk, leptání
  - 1.3. Průmysl silikátů
  - 1.4. Procesy v petrochemickém průmyslu
  - 1.5. Chemické syntézy, zemědělství
2. Časová charakteristika procesu
  - 2.1. Ustálený provoz (spalovací zařízení, odsiřovací zařízení)
  - 2.2. Cyklický provoz
  - 2.3. Náhodný proces

3. Splnění základních požadavků odběru vzorků a analýzy
  - 3.1. Neměnné podmínky (stálý provoz zdroje)
  - 3.2. Typické provozní podmínky
  - 3.3. Dostatečné trvání sledovaných procesů
4. Procesní podmínky
  - 4.1. Sledování výchozích materiálů a surovin
  - 4.2. Sledování fyzikálně-chemické veličiny ovlivňující proces (tlak, teplota)
  - 4.3. Vliv a působení zařízení na čištění odpadních plynů (IRZb).

### **3.4.1. Druhy měření**

#### **3.4.1.1. Jednorázová měření**

Jednorázové měření emisí se provádí individuálním měřením v určitých intervalech. Realizuje se manuálním odběrem vzorků, nebo přístroji pro kontinuální měření emisí. Jednorázová měření využívají pouze extraktivních metod. Princip manuálních metod spočívá v převedení měřeného vzorku na roztok a následné stanovení pomocí elektrochemických nebo titračních metod.

#### **3.4.1.2. Kontinuální měření**

Kontinuální měření emisí probíhá neustálým odběrem vzorků o hmotnostní koncentraci a hmotnostním toku. Tato zařízení neustále kontrolují, zda nedošlo k překročení limitů. Kontinuální měření se využívá převážně u zvláště velkých a velkých zdrojů. Korektnost kontinuálního měření je pravidelně ověřována jednorázovým měřením autorizovanou osobou. Kontrola probíhá jednou za rok nebo při změně technologického procesu zdroje (VYLHÁŠKA Č. 415/2012 Sb.).

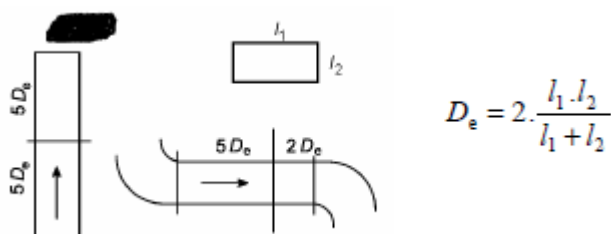
### **3.4.2. Volba a umístění měřicího otvoru**

Při měření stacionárního zdroje je zapotřebí dbát na správné umístění měřicího otvoru podle legislativních podmínek. To je instalace měřicího otvoru tam, kde již nedochází ke změně odpadních plynů, rychlosti průtoku a složení plynu z důvodu ověření rovnoměrnosti a ustálenosti emisí. Zpravidla bývá koncentrace plyných látek ve spalinové cestě výrazně rovnoměrnější než koncentrace z tuhých látek. V případě, že nelze dosáhnout dostatečné reprezentativnosti vzorků, lze měřicí otvory umístit mezi jednou třetinou až středem délky spalinové cesty.

Požadavku rovnoměrného potrubí vyhovuje nejvíce přímý vertikální kouřovod bez hydraulických odporů a kruhového průřezu. Pro zajištění konstantního proudění v rovině měření, musí mít vybraný úsek minimální délku sedminásobku průměru



kouřovodu. Od počátku tohoto úseku se umístí měřicí otvor ve vzdálenosti pěti průměrů kouřovodu. Pokud je měřicí otvor umístěn v blízkosti výstupu plynů do atmosféry, měla by být jeho vzdálenost od konce kouřovodu také pětinásobkem průměru kouřovodu. Pokud se jedná o čtyřhranný kouřovod, průměr se vypočítá ze vzorce na obr. č. 1.



Obrázek 1: Znárodnění umístění měřicího otvoru a vzorec pro výpočet průměru čtyřhranného kouřovodu (IRZa)

### 3.4.3. Měření průřezové rychlosti proudění a měření rozměrů potrubí

Odpadní plyny mohou být vedeny do okolního ovzduší několika způsoby. Zpravidla se jedná o vyvedení do konstrukce pro odvod spalin, nebo do výduchu (ostatní odpadní plyny). V těchto případech lze měření průřezové rychlosti proudění provádět v přírodním potrubí nebo v tělese kouřovodu či výduchu měřením rychlostního pole, který jsme si zvolili v měřicím průřezu.

V případech, kdy je zdroj emisí opatřen pouze výpustí (otvor v konstrukci zdroje, ve kterém nelze rychlostí pole určit) se rychlost proudění určuje integrální metodou za pomoci nástavců.

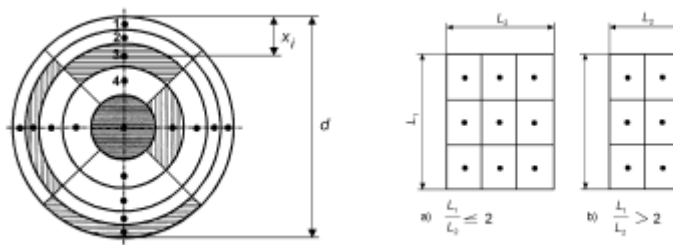
Měření rozměrů potrubí jako jsou průměry nebo délky potrubí, ať už se jedná o kruhový průřez, nebo čtyřhranný tvar, se provádí běžným způsobem.

### 3.4.4. Měřicí body v měřicím průřezu

V měřicím průřezu je nutné určit počet a umístění měřicích bodů. Tyto body slouží k měření rychlostního pole a pro následný výpočet střední průřezové rychlosti. Minimální počet měřicích bodů je jeden a s rostoucí plochou průřezu potrubí se zvyšuje počet měřicích bodů.

Plocha měřicího průřezu se rozdělí na rovnoploché části a rychlost proudění se měří ve středu každé části. Žádný z těchto bodů nesmí ležet od stěny ve vzdálenosti menší než 2 cm. Umístění vzorkovacích bodů je závislé na jejich počtu.

Pro potrubí o kruhovém průřezu stačí dvě vzorkovací přímky, jak je uvedeno na obr. č. 2. Pro potrubí čtyřhranného tvaru je vzorkovací průřez rovnoběžný se stěnami potrubí na rovnoploché části a vzorkovací bod je uprostřed každé části.



Obrázek 2: Poloha měřících bodů v kruhovém a čtyřhranném průřezu (IRZb)

### 3.4.5. Měření teploty a statického tlaku odpadního plynu

Teploty odpadního plynu se měří v jediném bodě. Teplota se měří buď běžnými rtuťovými teploměry, ale běžněji termočlánky. Je potřeba dbát, aby vstupní otvor, nejčastěji měřící otvor, kterým se měří teplota, byl dostatečně utěsněn, aby nedocházelo ke zkreslení výsledku měření. Měření teploty plynu se provádí periodicky v intervalech v řádech sekund. Pokud jsou podmínky ustálené a kolísání teploty v jednotlivých intervalech měření nepřesahuje odchylku 5%, postačuje měření na konci a na začátku měření.

Pro měření statického tlaku v potrubí se nejčastěji používá nepřímá metoda, která je založena na měření barometrického tlaku a přetlaku v potrubí oproti atmosféře. Pro tento typ měření tlaku se používají diferenční manometry, kde jeden z tlakových vstupů manometru se připojí k otvoru pro měření statického tlaku v potrubí a druhým se měří barometrický tlak (IRZa).

### 3.4.6. Odběr vzorků

Odběr vzorků lze provádět dvěma způsoby, metodou extraktivní a neextraktivní. Volba odběru vzorků je určena cílem analýzy a technickými možnostmi. Extraktivní metoda je založena na přímém odběru vzorků z toku odpadního plynu. Naproti tomu neextraktivní metoda se provádí bez odběru či zásahu do toku odpadního plynu.

Při použití těchto metod přichází odpadní plyn do styku s vzorkovacím a měřícím systémem. Je potřeba dodržet reprezentativnost a celistvost vzorků správnou volbou přístroje a jeho umístění. Na reprezentativnost vzorků mohou působit i faktory jako jsou koroze, synergie, rozklad a sorpční jevy. Volba vhodného

materiálu je důležitou součástí vzorkovací tratě a konstrukční materiály musí splňovat tři kritéria:

- 1) Materiál musí splňovat chemickou odolnost vůči korozivním prvkům vzorků
- 2) Materiál nesmí podléhat reakcím, absorpcím, adsorpcím se vzorkovanými plyny
- 3) Materiály v kouřovodu nebo poblíž kouřovodu musí být dostatečně teplotně odolné

Korozivní látky, které se vyskytují v odpadních plynech, jsou obvykle oxidy dusíku, oxid siřičitý, kyselina dusičná, kyselina sírová a chlorovodík. V tabulce č. 2 jsou uvedeny některé materiály a jejich odolnost v běžných měřících systémech. Některé běžně dostupné látky jako je například silikonová pryž, jsou pro používání v analýze ovzduší nevhodné z důvodu jejich propustnosti.

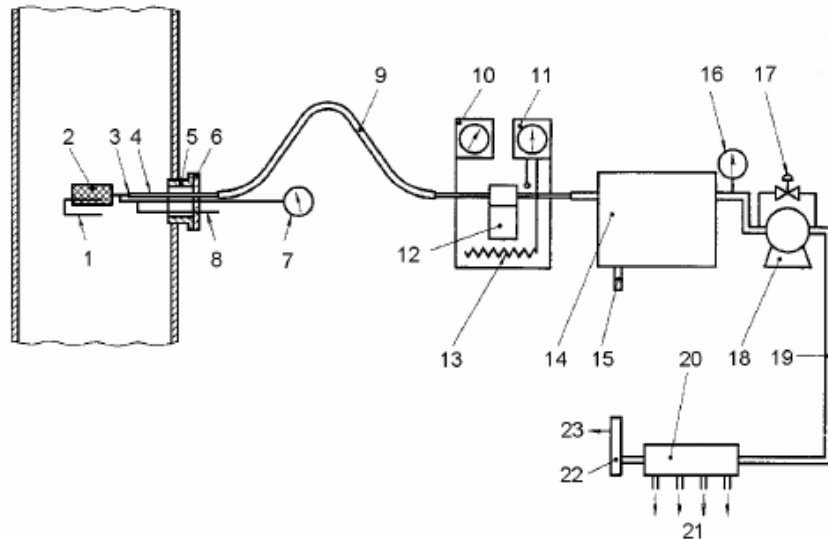
Všechny uvedené materiály jsou hodnoceny při pokojové teplotě a jejich odolnost se může měnit se vzrůstající teplotou. Z uvedených kovů jsou nejodolnější korozivzdorná ocel a titan. Borosilikátové a hlavně křemenné sklo, spolu s polytetrafluorethenem jsou odolné vůči všem složkám plynu. Polyethen a polypropen vykazují podobnou chemickou odolnost a dají se použít, pokud nedochází ke styku s koncentrovanou kyselinou dusičnou. Polyamid se nedoporučuje.

Materiál	Vystavení účinku					
	Suchého plynu		Kapiček roztoků minerálních kyselin			
			Zředěné		koncentrované	
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	HNO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HNO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Korozivzdorná ocel	U	U	U	N	U	N
Titan	U	U	U	U	U	U
Hliník	U	-	U (0,127 - 0,508)	S (0,127 - 0,508)	N (>1,27)	N (>1,27)
Borosilikátové sklo	U	U	U(<0,127)	U(<0,127)	U(>0,127)	U(>0,127)
Křemenné sklo	U	U	U	U	U	U
Polytetrafluorethen	U	U	U	U	U	U
PVC	U	U	U	S	N	U nebo S
Tehnická pryž	U	U	U	U	S nebo N	S nebo N
Polyethen	U	U	U nebo S	U	N	S nebo N
Polypropen	U	U	U	U	N	S nebo N
polyamid	-	U	U	N	N	N
U – uspokojivá N – neuspokojivá S - sporná	Údaje uvedené v závorkách představují korozní rychlost v mm/rok					

Tabulka 2: Odolnost materiálu při styku s odpadním plynem (IRZb)

### 3.4.7. Extraktivní metody

Extraktivní metody jsou metody založené na přímém odběru vzorků. V praxi jsou nejrozšířenější a v případě manuálních metod analýzy téměř výlučné. Zařízení umožňující odběr vzorků se v analýze ovzduší nazývá vzorkovací trasa či vzorkovací trať. Konstrukce trasy je dána předmětem a cílem analýzy, technickými možnostmi a zkušenostmi pracovníků. Příklad vzorkovací tratě je uveden na obrázku č. 3.



- |    |   |    |                                    |
|----|---|----|------------------------------------|
| 1  | usměrňovač toku                           | 13 | topné těleso                       |
| 2  | vstupní filtr                             | 14 | chladnička                         |
| 3  | T – kus                                   | 15 | odvod vody                         |
| 4  | sonda                                     | 16 | vakuometr                          |
| 5  | průchodka (příruba)                       | 17 | obtokový ventil                    |
| 6  | uzávěr                                    | 18 | čerpadlo                           |
| 7  | tlakoměr                                  | 19 | vzorkovací trať (vyhřívaná)        |
| 8  | přívod nulovacího a kalibračního plynu    | 20 | rozvodné potrubí                   |
| 9  | vyhřívaná vzorkovací trať                 | 21 | přívod k analyzátorům (absorbérům) |
| 10 | teplotní regulátor potrubí                | 22 | měřidlo průtoku vzorku (rotametr)  |
| 11 | teplotní regulátor jednotky úpravy vzorku | 23 | odplyn                             |
| 12 | filtr                                     |    |                                    |
- Pozn. Volitelné součásti jsou psány kurzívou*

Obrázek 3: Vzorkovací trať pro měření emisí (IRZb)

### 3.4.7.1. Primární filtr

Slouží k zachycování tuhých částic aerosolů při stanovení plynných složek plynu. Těleso filtru se nejčastěji vyrábí z korozi-vzdorné oceli, křemenného skla, keramiky nebo jiného vhodného materiálu. Je umístěn na začátku vzorkovací trati, nebo ve vstupním otvoru sondy. V tomto případě bývá filtr opatřen usměrňovačem toku, který brání ucpání filtru.

### 3.4.7.2. Sekundární filtr

Odstraňuje zbylé tuhé částice a chrání čerpadlo a analyzátor. Je umístěn za přívodním potrubím. Filtr by měl být schopen zachycovat částice větší než 1 $\mu$ m. Za vhodný materiál se považuje PTFE nebo borosilikátové sklo (NOVÝ, R., 2006).

### 3.4.7.3. Sonda

Je část vzorkovací trati, které odvádí odebraný vzorek analyzovaného plynu z kouřovodu. Zároveň je nosičem primárního filtru a ostatních částí vzorkovací trati umístěných v kouřovodu. Vzhledem k požadavkům na mechanickou pevnost se

nejčastěji používá kovových sond vyrobených z korozi-vzdorné oceli nebo titanu, tyto materiály se mohou používat do teplot sahajících k 900°C. V případech, kdy jsou vzorkovány horké plyny, musí být sonda chlazená vodním pláštěm nebo vzduchem. Žáruvzdorné sondy se vyrábějí z korundu a křemenného skla. Bohužel jsou křehké a při vysokých teplotách se mohou deformovat. Při vysokém teplotním skoku může docházet k lomu. Borosilikátové sondy vydrží teploty do 500°C a sondy z křemenného skla až do 1050°C.

#### **3.4.7.4. Vyhřívaná vzorkovací potrubí**

Vyrábějí se z korozi-vzdorné oceli nebo polytetrafluorethenu. Průměr potrubí by měl odpovídat takovému průtoku, který zajistí dostatečný přívod do analyzátoru, nesmí být ale menší než 4 mm. Tato potrubí se vyrábějí ve dvou variantách, buď pro přenosné vzorkovací systémy, nebo pro stále měřící systémy. Vyhřívaná přenosná potrubí bývají konstruována tak, aby se potrubí mohlo vyjmout z vytápěného pouzdra, provést kontrola a čištění nebo jeho výměna. U stálých potrubí bývá konstrukce nerozebíratelná a vnitřní potrubí je nejčastěji vyrobeno z korozi-vzdorné oceli. Vzorkovací trať musí mít teplotu nejméně 15°C nad rosným bodem vodní páry nebo minerálních kyselin ve vzorkovaném plynu.

#### **3.4.7.5. Nevyhřívaná vzorkovací potrubí**

K přepravě vzorkovaného plynu se mohou používat hadice a potrubí z polytetrafluorethenu a korozi-vzdorné oceli. Nevyhřívané potrubí se používá tam, kde nejsou přítomny organické složky, obsah vodních par odpovídá atmosférickým podmínkám a teplota okolního vzduchu je nad teplotou rosného bodu.

### **3.4.8. Neextraktivní metody**

Metody analýz ovzduší v některých případech opouští od klasického schéma analytické chemie. Jedná se o případy, kdy je odběr vzorku klasickou metodou neproveditelný, nebo kdy během odběru vzorků dochází k chemickým reakcím nebo fyzikálním jevům, které mohou činit odebraný vzorek nepoužitelným. Dalším důvodem je eliminace chyb a dosažení maximální přesnosti výsledků. Tyto metody jsou bohužel velice finančně náročné, a proto se uplatňují především u kontinuálního měření emisí nejvýznamnějších emisních zdrojů a případně při analýzách venkovního ovzduší.

#### **3.4.8.1. Bodové analyzátory**

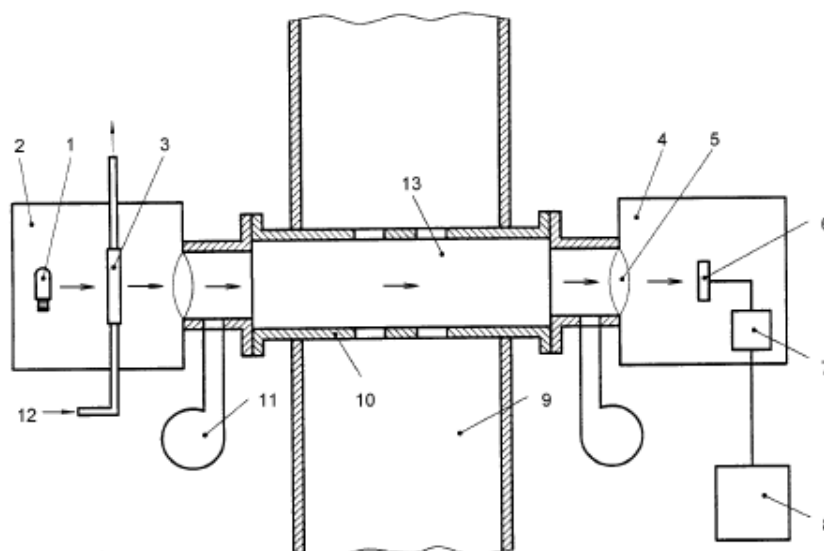
Analyzátory tohoto typu poskytují informace o okolní hodnotě obsahu odpadního plynu. Analyzují plyn, který omývá okolí sondy a to v krátkém úseku (méně než 10

cm), nebo v jednom bodě v závislosti na principu měření. Bodové analyzátory obvykle obsahují součásti popsané v extraktivních metodách analýzy. Navíc obsahují některé další specifické části.

### 3.4.8.2. Analyzátory s optickou dráhou procházející napříč měřícím profilem

Tyto analyzátory jsou využívány při kontinuálním měření. Vzorkují odpadní plyn nacházející se v optické dráze. Při měření emisí je to přímka, která přetíná hlavní část průměru potrubí v měřícím průřezu.

Na obrázku č. 4 jsou zahrnuty součásti, které obvykle pracují na principu absorpční spektrometrie. Nejčastěji jsou používány na analýzu hlavních složek odpadního plynu na principu infračervené absorpční spektrometrie. Běžné jsou i analyzátory obsahu prachových částic.



1	zdroj elektromagnetického záření	8	system pro ukládání údajů
2	vysílací sestava	9	potrubí (kouřovod)
3	vnitřní cela s kalibračním plynem	10	rám ohraničující prostor optické dráhy (kalibrační trubice)
4	přijímací sestava	11	ofukovací ventilátor
5	ochranná čočka nebo okénko	12	potrubí pro přívod kalibračního plynu
6	Detektor	13	měřící cela
7	elektronický modul (převodník)		

Obrázek 4: Příklad měřícího zařízení pro neextraktivní metody analýzy (IRZb)

Měřící cela je prostor s optickou trasou analyzátoru. Může to být konstrukce vystavená odpadnímu plynu nebo volný prostor ve sledované části potrubí. Součástí analyzátoru, obsahující zdroj vyrábějící elektromagnetické záření a přidružené elektrooptické součásti je vysílací sestava vysílající elektromagnetické záření měřící celou do přijímací sestavy, která je umístěna na opačné straně optické dráhy.

Přijímací sestava je část analyzátoru, která obsahuje detektor elektromagnetického záření a přidružené elektrooptické součásti. Detektor reaguje na intenzitu elektromagnetického záření z vysílací sestavy a vytváří signál, odpovídající hmotností nebo objemové koncentraci sledovaného odpadního plynu. K ochraně vstupní a výstupní štěrbin jsou stanoveny ochranné čočky nebo okénka. Proti usazování tuhých částí na povrchu čoček slouží ventilátor, který vede nad povrch čoček proud vzduchu.

#### **3.4.8.3. Infračervená absorpční spektrometrie plyných soustav**

Je nejčastěji používanou metodou, pro stanovení obsahu většiny hlavních znečišťujících plyných látek. Je založena na absorpci infračerveného záření měřeným plynem. Princip spočívá na měření a interpretaci změn nastávající v molekulách při vzájemném působení s elektromagnetickým zářením. Pro záznam infračerveného spektra se zkoumaná látka umístí do dráhy paprsků infračerveného záření, propuštěné paprsky se vhodným způsobem rozloží a zapíše detektorem (SKÁCEL a TEKÁČ, 2007).

### **3.5. Kategorie a zařazení zdrojů znečišťování**

Za zdroj znečištění se považuje zařízení, které při svém provozu vypouští znečišťující látky do ovzduší. Stacionární zdroje jsou zařízení, která znečišťují ovzduší spalovacím nebo jiným procesem. Spalovací procesy se rozdělují dle spalovací látky do 4 kategorií: koks, ostatní tuhá paliva, kapalná paliva a plynná paliva. V roce 2002 byl ministerstvem životního prostředí a Českou inspekcí životního prostředí založen Integrovaný registr znečišťování životního prostředí (IRZ). IRZ obsahuje databázi o únicích do ovzduší, vody a půdy vybraných znečišťujících látek.

Základní rozdělení zdrojů znečišťování je na mobilní a stacionární. Mobilní zdroje jsou zařízení, která jsou vybavená spalovacími motory a znečišťují ovzduší a dělí se na:

- a) Dopravní prostředky – silniční vozidla, drážní vozidla a zdroje, letadla, plavidla
- b) Nesilniční motorové zdroje – kompresory, stavební stroje a zařízení, zemědělské a lesnické stroje, vysokozdvížné vozíky a pojízdné zdvihací plošiny
- c) přenosná nářadí vybavená spalovacím motorem – sekačky, pily, sbíječky.

Stacionární zdroje



Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO) eviduje a vyhodnocuje znečištění ovzduší, údaje o zdrojích znečišťování a jejich emisích. REZZO obsahuje databáze údajů o stacionárních a mobilních zdrojích znečišťování ovzduší, která je provozována v rámci Informačního systému kvality ovzduší (ISKO) v rámci Českého hydrometeorologického ústavu. Systém REZZO je rozdělen do čtyř kategorií.

- REZZO 1 – Zvlášť velké a velké zdroje znečišťování. Stacionární zdroje ke spalování paliv o tepelném výkonu vyšším než 5 MW a zařízení zvlášť velkých technologických procesů
- REZZO 2 – Střední zdroje znečišťování. Stacionární zdroje ke spalování paliv o tepelném výkonu od 0,2 MW až 5 MW a zařízení zvlášť závažných technologických procesů, uhelné lomy a plochy s možností hoření, nebo úletu znečišťujících látek
- REZZO 3 – Malé zdroje znečišťování. Stacionární zdroje ke spalování paliv o tepelném výkonu do 0,2 MW, zařízení technologických procesů, které nespádají do kategorie 1 a 2, plochy, které mohou znečišťovat ovzduší, skládky paliv, surovin, produktů a odpadů a zachycených exhalátů a jiné zařízení, stavby a činnosti výrazně znečišťující ovzduší
- REZZO 4 – Mobilní zdroje znečišťování. Jedná se o pohyblivá zařízení se spalovacími nebo jinými motory, zejména silniční motorová a železniční kolejová vozidla, plavidla a letadla (HEMERKA, J., VYBÍRAL, P., 2010).

Jmenovité tepelné příkony nebo výkony se pro zdroje téhož provozovatele sčítají, pokud:

- Jsou zdroje umístěny ve stejné místnosti, stavbě nebo v pracovním celku
- Spaliny jsou vypouštěny společným komínem bez ohledu na množství průduchů nebo by s ohledem na uspořádání a druh používaného paliva mohly být vypouštěny společným komínem (VYHLÁŠKA Č. 415/2012 Sb.).

## 3.6. Odprašování odpadních plynů

Při spalování paliv a jiné průmyslové činnosti vzniká prach, pro který se používá název tuhé znečišťující látky (TZL). Jejich odloučení je nezbytné k dodržení emisních limitů, k ochraně životního prostředí a lidského zdraví.

Při spalování tuhých paliv, zejména pak uhlí, se popeloviny mění na popel, který je obsažen ve spalinách a spolu s nimi je vynášen komínem do ovzduší. Tomu zabraňují odlučovače, které dokáží odloučit ze spalin popílek. Zbýlý popel, který zůstává na dně kotle, se označuje za škváru. U plyných paliv za správného režimu spalování se TZL netvoří, výjimku tvoří případ, kdy jsou v samotném plynu TZL již obsaženy z výrobních operací, při kterém paliva vznikají (např. v zemním plynu příčinou koroze plynovodů. TZL u spalování kapalných paliv tvoří amorfni uhlík (saze).

Při spalování uhlí je důležitá technologie spalování, která dokáže předcházet vzniku popílku.

Technologie spalování:	účinnost předcházení popílku:
• práškové kotle	80-90%
• roštové kotle	40%
• cyklonové	30%
• cirkulační fluidní	> 90%

Pro dodržení emisních limitů je důležitá nejenom technologie spalování, ale také odlučovače TZL. Tyto odlučovače slouží pro zachycení částic o velikosti několika milimetrů. Částice, které projdou dnešními odlučovači, mají převážně submikronickou velikost nebo se jedná o aerosoly (ZÁRYBNICKÁ, M.).

### 3.6.1. Odlučovače mechanické

Suché odlučovače jsou založeny na gravitaci, setrvačnosti a odstředivé síle. Dělí se na mokré a suché. U mokrých odlučovačů se využívají setrvační a odstředivé principy.

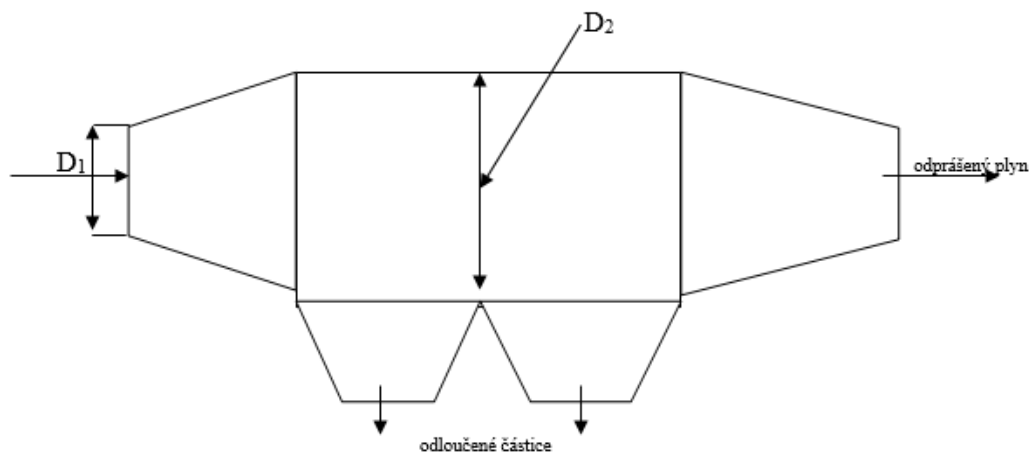
#### 3.6.1.1. Suché odlučovače

Vyznačují jednoduchou konstrukcí, nízkými počátečními náklady a nízkou spotřebou energie. Bohužel mají nižší odlučivost submikronických částic. Používají se nejčastěji při vysokých teplotách jako první stupeň odloučení. Dělí se na:

- usazovací komory
- setrvačné (žaluziové)
- vírové

### 3.6.1.2. Usazovací komory

Jedná se o gravitační postup odlučování prachových částic. Principem tohoto postupu je snížení rychlosti plynu k hodnotám, kdy dochází k pádové rychlosti částic v důsledku rozšíření průměru potrubí. Rychlost plynu by neměla překročit rychlost 1m/s. Potrubí je instalováno horizontálně a ve dně potrubí jsou výsyvky s uzávěry.



Tabulka 3: Návrh usazovací komory (VEJVODA, J., a kol., 2003).

$D_1$  – průměr vstupního potrubí,  $D_2$  – průměr potrubí v usazovací komoře

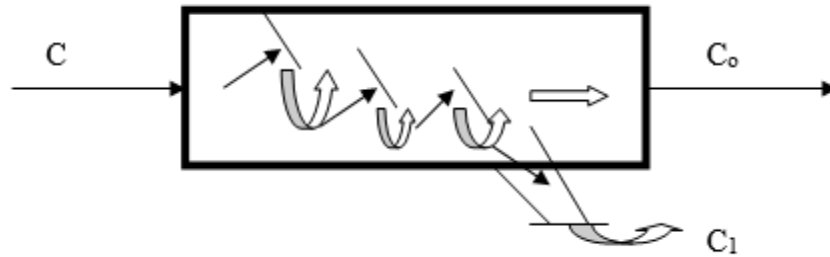
### 3.6.1.3. Setrvačné odlučovače

Tyto odlučovače využívají princip setrvačnosti. Do proudu plynu v komoře jsou vestavěny přepážky (žaluzie). Přepážky slouží k usměrňování a změny proudu plynu v komoře. Částice, které nezůstanou v proudu změněného plynu, se odráží zpět do proudu přicházejícího plynu.

Mez odlučitelnosti závisí na:

- tvaru žaluzie
- rozteči listů
- postupové rychlosti plynu
- velikosti částic

Odlučovače tohoto typu jsou nenáročné na prostor, jsou vhodné do vysokých teplot a pro nelepivý a neabrazivní prach. Použití je do  $1\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  TZL a jsou účinné především na velké částice (PŘÍHODA, J., a kol.),



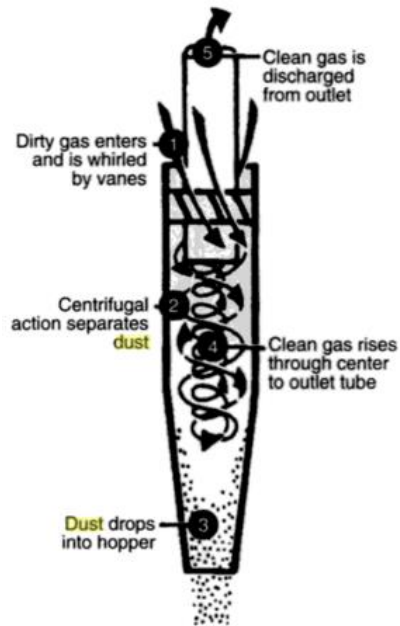
Obrázek 5: Schéma žaluziového odlučovače (VEJVODA, J., a kol., 2003).  $C$  – vstup odpadního plynu,  $C_1$  – proud, kde se soustřeďuje prach, obsáhne asi 10% původního průtoku,  $C_o$  – proud, který je částečně zbaven tuhých částic

#### 3.6.1.4. Vírové odlučovače

Vírové odlučovače patří k nejrozšířenějším mechanickým odlučovačům. Odlučování se děje působením odstředivé síly. TZL se působením této síly dostávají do spirálovitého pohybu ve válcové nebo kuželovité komoře. Rotačním pohybem se TZL dostávají ke stěně odlučovače, kde se odloučí od proudu plynu. Ze stěny odlučovače se TZL dostávají do výsypky, z níž se odvádějí.

Vírové odlučovače se dělí podle toho, jakým způsobem plyn vstupuje do odlučovače, než započne odstředivý pohyb na odlučovače s tečným nebo osovým vstupem, kde uvedení do odstředivého pohybu je zajištěno lopatkovou vestavbou. Osově odlučovače se dále dělí na odlučovače s vratným tokem, kde plyn změnil směr a vrací se v ose stupujícího plynu a TZL jsou odváděni opačnou stranou, nebo s přímým tokem, kde plyn je odváděn opačnou stranou přístupu plynu.

Soustava více paralelně řazených odlučovačů se nazývá multicyklón. Nevýhodou této soustavy je značná ztráta tlaku a závislost na velikosti proudu odpadního plynu. Při poklesu velikosti proudu plynu, než na který byl multicyklón navržen, dochází ke ztrátě účinnosti. Další nevýhodou je abraze způsobená TZL, které může způsobit proděravění. Tyto odlučovače nejsou vhodné pro lepidlo, ale jsou vhodné pro odloučení TZL z horkých plynů (PŘÍHODA, J., a kol.).



Obrázek 6: Schéma vírového odlučovače (SCHIFFTNER C. K., 2002)

### 3.6.2. Mokrý mechanický odlučovač

Pro záchyt a odvod zachycených TZL z odlučovače se používají kapaliny. Jedná se o vírové odlučovače, pěnové odlučovače a hladinové odlučovače s ekonomicky přijatelnou spotřebou kapaliny. Mokrý odlučovač lze také používat pro absorpci plynných znečišťujících látek z odpadního plynu.

Mezi výhody mokrých odlučovačů patří:

- v porovnání se suchými mechanickými odlučovači dosahují vyšších odlučivostí pro jemné částice
- jsou vhodné pro lepivé i abrazní částice
- zvládnou i vysoké koncentrace částic
- kondenzace plynu zlepšuje odlučovací schopnost
- jsou vhodné pro odlučování výbušných plynů
- dosahují se nízké prašnosti.

Mezi nevýhody patří:

- spotřeba vody
- potřeba kalového hospodářství
- nebezpečí koroze
- náročnost na údržbu a obsluhu
- možnost zamrznutí

- vyšší tlaková ztráta u některých typů odlučovačů.

### 3.6.2.1. Mokrý vírový odlučovač

Vírové odlučovače rozdělujeme podle přívodu kapaliny a vírových článků na dvě různé skupiny. První skupinou jsou odlučovače, se smáčenými stěnami. Plyn, který je přiváděn spodní částí komory, proudí spirálovitým pohybem vzhůru a dotýká se stěn odlučovače. Voda je přiváděna horní částí komory, které jsou nasměrovány tangenciálně ve směru proudu plynu. To zajišťuje souvislý film po celé ploše komory a splavuje odloučené částice. Tento typ odlučovače má nízkou spotřebu vody, ale maximální vstupní koncentrace částic by neměla přesáhnout hodnotu  $30\text{g/m}^3$  a teplota plynu by se měla držet pod  $150^\circ\text{C}$ . Při vyšší teplotě hrozí odpaření kapaliny a následnému nalepování částic na stěny komory.

Druhou skupinou jsou mokré vírníkové odlučovače, kde jsou tzv. vírníky. Jsou to články s axiálním vstupem do komory, kde spirálovitý pohyb plynu zajišťují lopatky u vstupu. Kapalina se přivádí systémem trysek v horní části komory. Kapalina odlučuje částice ze stěn komory a je spolu s nimi odváděna do spodní hrany k odlučovači kapek a dále po stěně do výtokové trubky. Čistý plyn se odvádí středovým potrubím. Měrná spotřeba vody se pohybuje v rozmezí  $0,2 - 0,4\text{ l/m}^3$ . Maximální vstupní koncentrace by neměla přesáhnout  $20\text{ g/m}^3$ .

### 3.6.2.2. Mokrý pěnový odlučovač

Pěnové odlučovače jsou založeny na odlučování části v pěnové vrstvě, která se vytváří průchodem plynu porézním roštem, na který teče kapalina, nejčastěji voda a dělí se na propadové nebo přepadové. Propadové odlučovače jsou tvořeny roštem, propouštějícím kapalinu do usazovací nádrže. Přepadové odlučovače tvoří navíc jez, který zajišťuje, že je část kapaliny odváděna do jímky nebo na další patro. Rychlost vstupního plynu se pohybuje kolem  $2\text{ m/s}$ . Tyto odlučovače jsou citlivé na změnu objemového průtoku a trpí vysokými ztrátami tlaku, které dosahují hodnot kolem  $300\text{ Pa}$  na jedno patro a s přibývajícím patry se ztráty tlaku zvyšují. Důležitým faktorem je rovnoměrné rozvrstvení pěny po celém průřezu. Mez odlučivosti částic se pohybuje okolo  $1,5\text{ }\mu\text{m}$  na jedno patro a s přibývajícím patry hodnota klesá. Měrná spotřeba vody závisí na koncentraci prachu. U koncentrace do  $30\text{ g/m}^3$  je asi  $0,3\text{ l/m}^3$  a pro  $100\text{g/m}^3$  až  $0,6\text{ l/m}^3$ .

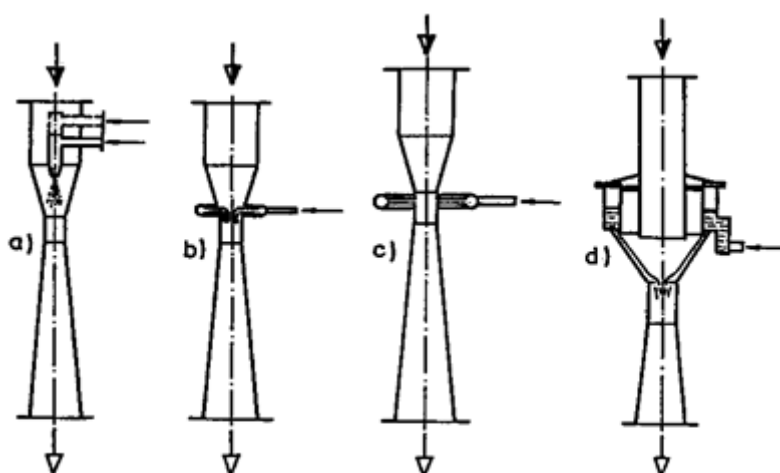
Pěnové odlučovače jsou nevhodné pro cementující prach a malý rozsah průtoku plynu, který je v rozmezí 20% od navrhované hodnoty průtoku. Výhodou je použití i pro extrémně vysoké vstupní koncentrace prachu v odpadním plynu.

### 3.6.2.3. Mokrý proudový odlučovač

Proudové odlučovače mají nejvyšší odlučivost, ale také nejvyšší tlakové ztráty, které dosahují 5 – 10 kPa při odlučování částic o velikosti několika desítek  $\mu\text{m}$ . Měrná spotřeba vody je v rozmezí 0,7 – 2,1 l/m<sup>3</sup> u plynu a spotřeba energie dosahuje až 5 kWh na 1000 m<sup>3</sup> odpadního plynu. Odlučování nastává principem vysoké relativní rychlosti mezi znečištěným plynem a kapalinou, která se různými způsoby přivádí do hrdla Venturi trubice.

Některé způsoby přívodu kapaliny jsou uvedeny na obrázku č. 7. Na obr. A) je kapalina přiváděna axiálně umístěnou tryskou. Na obr. B) jsou trysky zaústěny do kruhového prstence umístěného v hrdle Venturiho trubice. Obr. C) ukazuje zaústění trysek do stěny v hrdle, kolmo na směr proudění odpadního plynu. Na obr. D) je ukázáno řešení volného natékání kapaliny po stěně trubice a následného vstupu kapaliny do zúženého hrdla, kde je kapalina strhávána proudícím plynem. Rychlost plynu v hrdle dosahuje až 100 m/s. Dynamickým účinkem proudu odpadního plynu jsou kapičky kapaliny tříštěny na velikost několika  $\mu\text{m}$ , které při vysoké rychlosti jsou schopny odlučovat i submikronové částice. K dalšímu odlučování částic dochází v difuzorové části trubce vlivem vysoké turbulence proudu odpadního plynu.

Vysoká funkce odlučování částic z odpadního plynu je podmíněna dokonalým rozptýlením kapaliny po průřezu Venturi trubice, toho lze zajistit jen u malých trubec, a proto se používá skupinové uspořádání. V další fázi je potřeba zajistit odloučení kapek od proudu plynu, tato část se řeší nátokem na hladinu, zaústěním do vírového odlučovače nebo pomocí vírníků (HEMERKA, J., 1994).



Obrázek 7: Schéma mokrého proudového odlučovače (VEJVODA, J., a kol., 2003)

#### **3.6.2.4. Kalové hospodářství**

Mokrý odlučovače pracují na principu smáčení prachu kapalinou a je nutné odloučený prach z kapalin oddělit. Proto hlavní nevýhodou mokrých odlučovačů je potřeba kalového hospodářství. Odlučovače mohou být vybaveny samostatným zařízením na odvod kalu, nebo může být součástí odlučovače. V případě většího množství mokrých odlučovačů je lze napojit na centralizované kalové hospodářství.

Zahušťování kalu se řeší formou usazovacích nádrží, na jejichž dně se usazuje odloučený prach. Zahuštěný prach se ze dna nádrže odstraňuje pomocí vyhrabávacího zařízení. V horní části nádrže se nachází boční otvor nebo přepad, pomocí něhož se odvádí voda do recyklační nádrže, odkud se čerpadlem přivádí zpět do odlučovače. Do usazovacích nádrží se přidávají různé koagulační činidla na podporu koagulace, která urychlí sedimentaci. Ztráty vody způsobené odparem se kryjí přidáváním doplňkové vody (VEJVODA, J., a kol., 2003).

#### **3.6.3. Tkaninové odlučovače**

Princip filtrace je odloučení částic ve filtrační vrstvě. K filtraci se obvykle používají vláknité vrstvy, ale také porézní a zrnité hmoty. Odpadní plyny procházejí filtrační vrstvou, kde větší částice neprojdou otvory ve filtru a zachytí se na povrchu filtru. Postupem času se nános částic zvětší natolik, že sám o sobě tvoří filtrační vrstvu. Průtok plynu, obsahující TZL, závisí na síťovém účinku filtrační vrstvy, která nepropustí větší částice než je průměr pórů.

Tkaninové filtry se dělí na filtraci atmosférického vzduchu a filtraci průmyslovou. Filtrace atmosférického vzduchu se používá při výměně vzduchu v rekuperačních jednotkách, klimatizacích a pro odprašování pracovního prostředí. Koncentrace prachu v takovém prostředí jsou mále a pohybují se řádově v  $\text{mg}/\text{m}^3$ , proto se filtrační tkaniny neregenerují. Naproti tomu v průmyslové filtraci, kde koncentrace prachu bývá řádově v desítkách  $\text{g}/\text{m}^3$  a rychle se tvoří vrstva zachyceného prachu, musíme filtry regenerovat.

##### **3.6.3.1. Filtrační materiály**

Filtrační materiály se dělí na tři skupiny, filtrační tkaniny, zrnité vrstvy a porézní hmoty. Nejčastěji používanou skupinou jsou filtrační tkaniny, které jsou vyráběny buď tkaním, nebo častěji vpichováním. Tkané textilie se používají zejména při odlučování ve vysokých teplotách. Tkaniny mohou být ze syntetických i přírodních vláken, porézní látky z kovů nebo plastů a zrnité látky. Nejčastěji používané filtrační materiály



jsou vlna a bavlna, z plastů jsou to polyamidy a polyester. Filtrační tkaniny se liší především prostředím, ve kterém se používají, nejčastěji teplotou.

<b>Materiál</b>	<b>Teplota °C</b>
PVC	40 – 50
Bavlna	75 – 85
Polyamid, Polypropylen	75 – 90
Vlna	80 – 90
Polyester	150
Teflon	200 – 280
Skelná vlákna	250 – 300
Kovová vlákna	> 300

Tabulka 4: Příklady tepelné odolnosti některých filtračních materiálů (VEJVODA, J., a kol., 2003)

Mezi základní vlastnosti filtračních materiálů patří:

- struktura
- pórovitost
- jemnost
- pevnost
- tvárnost
- odolnost proti teplotě a chemickému působení prachu
- tažnost.

Mezi základní provozní vlastnosti filtračních materiálů patří

- prodyšnost
- měrné zatížení filtrační tkaniny
- jímavost
- odlučivost.

### **3.6.3.2. Provedení filtrů**

Provedení průmyslového filtru závisí na druhu použitého materiálu a způsobu regenerace. Filtrační plochy tkaninových filtrů jsou provedeny ve tvaru hlubokých kapes nebo hadic. Podle toho je rozlišujeme na kapsové nebo hadicové filtry. Při použití zrnitých materiálů mluvíme o zrnité nebo porézní filtrační vrstvě.

Hlavní způsoby regenerace u těchto filtrů jsou zpětný proplach nebo pulsní profuk. U hadicových filtrů lze tyto způsoby kombinovat i s mechanickými způsoby, jedná se o kmitavý pohyb hadic v podélném směru nebo vytřásání v kolmé rovině

k ose hadic. Regenerace se provádí po dosažení tlakové ztráty, která již je nepřijatelná. Tlaková ztráta dosahuje hodnot 800 až 1500 Pa. Nižší tlakové ztráty se dosahují při pulsní regeneraci. Tlaková ztráta může být až od 50% menší, ale důsledkem je snížená životnost filtru zapříčiněná zvýšením mechanického namáhání.

Kapsové filtry mají oproti hadicovým filtrům menší nároky na prostor. Jejich nevýhodou je nutnost výztuh, které jsou v kapsách filtru. Tlaková ztráta činí 800 – 1400 Pa. Regenerace se provádí zpětným proplachem nebo pulsním profukem. Odloučený prach se odvádí do výsypky odlučovače, odkud se odvádí k využití nebo zneškodnění.

Filtry se zrnitou vrstvou lze používat do teplot okolo 500°C a jejich tlaková ztráta činí 800 – 1400 Pa. U použití slinutých porézních vrstev se jejich povrch pokrývá tenkou porézní teflonovou vrstvou, která zajišťuje zvýšenou odlučivost a regeneraci filtru. Tato úprava způsobuje, že v porovnání s filtračními textiliemi má filtr vyšší počáteční ztrátu, která je způsobena tím, že k odlučování dochází pouze na povrchu filtru. Další tlaková ztráta již není tak výrazná a je srovnatelná s tkaninovými filtry. Porézní slinuté vrstvy jsou silné od několika mm až po cm. (VÍDEN, I.).

#### **3.6.4. Elektrostatické odlučovače**

Odlučování prachu z odpadních plynů elektrostatickými odlučovači spočívá ve využití přitažlivých sil mezi opačně elektricky nabitými částicemi prachu a srážecí elektrodou. V elektrostatickém poli se přenášečem náboje, kde jsou ionty ionizovaného plynu, dosahuje nabití částic. Základní funkční komponenty jsou:

- nabíjecí elektroda
- srážecí elektroda, již nabitě částice odevzdávají svůj náboj a na ní se usazují, tím se odloučí z plynu.

Uspořádání skříní elektroodlučovačů je nejčastěji horizontální, na směr toku plynů. Usazený prach na elektrodě se odstraňuje oklepáním. Elektrody jsou uspořádány do 2 až 5 sekcí a jedna sekce se vždy volí jako rezerva v případě výpadku některé sekce, aby se dodržela předepsaná emisní hodnota.

Tento typ filtrů se staví pro velké průtoky a konstruují se s odlučovacími plochami od 100 do 15 000 m<sup>2</sup>. Postupová rychlost spalin bývá až 0,2 m/s a tlaková ztráta činí 20 až 50 Pa. Používají se do teplot 380 °C. Odlučovací účinnost může přesáhnout 99,9 % pro částice o velikosti 0,01 – 60 μm.

### **3.6.5. Mokrý elektrický odlučovač**

Odlišují se od suchých elektrických odlučovačů především materiály, které byly použity na jejich konstrukci. Jsou používány při teplotách blízkých rosnému bodu a obsah znečišťujících látek je ve srovnání s odlučováním popílku při spalování uhlí nízký. Používají se především k odlučování aerosolových částic. Odloučené částice jsou z povrchu srážecí elektrody odstraňovány vodou. V porovnání se suchými odlučovači jsou tato zařízení malá, ale jejich hodnota účinnosti dosahuje asi 99 % (SCHIFFTNER, C. K., 2002).

## **4. Materiál a metodika**

Cílem bakalářské práce je autorizované měření koncentrací plyných znečišťujících látek, včetně stanovení koncentrace  $O_2$  ve spalinách a vyhodnocení měření. Účelem jednorázového měření bylo stanovení koncentrací znečišťujících látek ve spalinách při spalování zemního plynu pro posouzení zřízení z hlediska emisních limitů a výpočet množství emisí provozovaného zdroje. Pro sledování emisí při spalování zemního plynu byly vybrány 2 stacionární zdroje v kompresní stanici Kouřim. K měření emisí došlo 23. 10. 2015.

### **4.1. Charakteristika zájmového území**

Areál kompresní stanice Kouřim se nachází 3 km severozápadně od obce Kouřim v okrese Kolín ve Středočeském kraji. Areál kompresní stanice Kouřim má rozlohu 7,7 ha a leží ve výšce 350 m nad mořem. Spolu s kompresní stanicí Kralice patří k nejstarším kompresním stanicím přepravní soustavy. Leží na takzvaném středním úseku, kudy je přepravován ruský zemní plyn odběratelům v Praze, ve středních, západních a severních Čechách a rovněž je přepravován na východ a sever Německa.

### **4.2. Popis zdroje znečišťování ovzduší**

V areálu kompresní stanice se nachází kotelná a v ní jsou umístěny 3 plynové kotle pro vytápění objektu a technologických částí. Spaliny z každého kotle jsou odváděny samostatným komínem. Tyto kotle jsou konstruovány tak, že výkon je automaticky řízen podle okamžitého odběru tepla. Pro účely autorizovaného měření emisí jsou klasifikovány jako kotle s proměnlivými provozními podmínkami. Jmenovitý

výkon jednotlivého kotle je 1040kW a spadá do středních zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO2). Pro více informací slouží tabulka č 5.

Zdroj	Kotel 2	Kotel 3
Typ	KDVE 100	KDVE 100
Výrobce	ČKD Dukla	ČKD Dukla
Výrobní číslo	12624	12625
Rok výroby	1993	1993
Výkon	1040kW	1040kW
Typ hořáku	WEISHAUPT WM-G20/2-A	WEISHAUPT WM-G20/2-A
Výrobce hoř.	MAX WEISHAUPT GmbH, SRN	MAX WEISHAUPT GmbH SRN
Výr. č. hoř.	5909272	5909273
Rok výr. hoř.	2009	2009
Druh paliva	Zemní plyn	Zemní plyn

Tabulka 5: Informace o zdrojích znečišťující ovzduší

Pro měření koncentrace oxidu uhelnatého, oxidy dusíku a kyslíku ve spalínách byl použit přenosný analyzátor spalin IMR 1400PL. Naměřené hodnoty jsou přepočteny na normální podmínky a referenční obsah kyslíku.

Měřicí rozsahy:	rozlišení
CO 0 - 2000 mol/m <sup>3</sup>	1 mol/m <sup>3</sup>
NO 0 - 2000 mol/m <sup>3</sup>	1 mol/m <sup>3</sup>
O <sub>2</sub> 0 - 20,9 %	0,1 %

Naměřené hodnoty jsou uváděny:

1. v mol/m<sup>3</sup>
2. v mg/m<sup>3</sup>  
CO: 1 mol/m<sup>3</sup> = 1,25 mg/m<sup>3</sup>  
NO: 1 mol/m<sup>3</sup> = 2,053 mg/m<sup>3</sup>
3. v mg/m<sup>3</sup> k vztažnému procentuálnímu množství O<sub>2v</sub> (3 %),  
pro plynné palivo dle vztahu:

$$E_v = (20,9 - O_{2v}) / (20,9 - O_{2m\check{e}r}) * E_{m\check{e}r}$$

E<sub>v</sub> - emise při vztažném obsahu kyslíku [mg/m<sup>3</sup>]

$E_{\text{měř}}$	- emise naměřená	[mg/m <sup>3</sup> ]
$O_{2v}$	- obsah vztažného kyslíku	[%]
$O_{2\text{měř}}$	- obsah naměřeného O <sub>2</sub>	[%]

$$\bar{x} = \frac{1}{i} \sum x_i$$

Průměrná hodnota:

Odběr vzorku spalin byl proveden v měřicím otvoru v rovném úseku kouřovodu a měření bylo provedeno při běžném provozu zařízení (ČSN EN 15259). Celkem bylo provedeno šest patnáctiminutových měření na každém z kotlů. V každém intervalu měření se průběžně zjišťovaly koncentrace měřených látek s intervalem ukládání naměřených hodnot do paměti počítače každou sekundu. Průměrná hodnota těchto koncentrací je výsledkem měření.

Před měřením byl měřicí přístroj zkontrolován kalibračním plynem:

Kalibrační plyn	Naměřené hodnoty	
	ppm	ppm
O <sub>2</sub>	0	0
CO	122	125
NO	194	192

Tabulka 6 Hodnoty kalibrace

Emisní limity jsou dány NV 415/2012 Sb.

Pro plynná paliva:

Koncentrace CO.....100 mg/m<sup>3</sup>

Koncentrace NO.....200 mg/m<sup>3</sup>

## 5. Výsledky a diskuze

Zdroj měření	Kotel 2
Jmenovitý výkon [kW]	1040
Druh paliva	Zemní plyn
Tlak paliva [kPa]	15
Teplota paliva [°C]	13
Průměr kouřovodu [mm]	400

Tabulka 7 Informace o zdroji číslo 2

Jmenovitý výkon Kotle 2 je 1040 kW a jedná se o typ KDVE 100 od firmy ČKD Dukla spalující zemní plyn. Kouřovod je kruhového tvaru a jeho průměr činí 400 mm. Výhřevnost zemního plynu činí 33,48 MJ/m<sup>3</sup>. Teplota a tlak paliva byl pravidelně kontrolován během celého procesu měření.

Číslo měření	1	2	3	4	5	6
Datum měření	23.10.20 15	23.10.20 15	23.10.20 15	23.10.20 15	23.10.20 15	23.10.20 15
Začátek měření	8:02:08	8:22:15	8:42:04	9:02:08	9:22:45	9:42:00
Konec měření	8:17:13	8:37:20	8:57:09	9:17:13	9:37:50	9:57:05
Barometrický tlak [kPa]	98	98	98	98	98	98
Spotřeba paliva/měř. [m <sup>3</sup> ]	23	23	23	23	23	23
Teplota vzduchu [°C]	12	12	12	13	13	14
Teplota spalin [°C]	141	123	111	106	116	117
O <sub>2</sub> [%]	11,34	11,65	11,93	11,78	11,97	11,70
CO [ppm]	3,98	4,42	3,18	3,13	3,00	3,32
CO min [ppm]	3,00	4,00	3,00	2,00	3,00	3,00
CO max [ppm]	4,00	5,00	4,00	4,00	3,00	4,00
CO přep. 3% O <sub>2</sub> [ppm]	7,46	8,55	6,34	6,15	6,01	6,46
NO [ppm]	16,48	19,47	18,64	14,37	11,84	14,98
NO min [ppm]	14,00	18,00	17,00	12,00	10,00	13,00
NO max [ppm]	19,00	21,00	21,00	17,00	13,00	16,00
NO přep. 3% O <sub>2</sub> [ppm]	30,86	37,68	37,21	28,21	23,73	29,16
komínová ztráta [%]	10,03	8,88	8,13	7,53	8,49	8,28
účinnost spalování [%]	89,97	91,22	91,87	92,47	91,51	91,72
CO <sub>2</sub> [%]	5,40	5,22	5,06	5,15	5,04	5,19
Přebytek vzduchu	2,19	2,26	2,33	2,29	2,34	2,27

Tabulka 8 Naměřené a přepočítané hodnoty u kotle 2

Začátek měření emisí započal po osmé hodině ranní po uvedení kotle do provozu a jeho zaběhnutí a ustálení všech měřených hodnot. Spotřeba paliva a barometrický tlak byl pravidelně kontrolován. Teplota vzduchu se od rána s přicházejícím časem zvyšoval. Teplota spalin se měřila po celý průběh měření a výsledky jsou vypočítané průměry jednotlivých měření. Komínová ztráta je vypočítána dle vzorce

$$Z_k = \left( \frac{A}{21 - \omega_{O_2}} + B \right) \cdot (t_k - t_{vz})$$

, kde se počítá s teplotou vzduchu, teplotou spalin a procentem kyslíku. Účinnost spalování se pohybuje okolo 91%. Střední rychlost spalin je na hodnotě 2,08 m/s. Tmavost kouře byla určována dle stupnice Ringelmana a hodnota tmavosti byla 0.

<b>Zdroj</b>	<b>Kotel 2</b>					
Palivo	Zemní plyn					
<b>Znečišťující látka</b>	<b>oxid uhelnatý CO</b>					
<b>Emisní limit</b>	<b>100 mg/m<sup>3</sup></b>					
Referenční podmínky	O <sub>2</sub> =3%; P=101,325kP; T=273,15K; suché spaliny					
15-minutové střední hodnoty koncentrací znečišťující látky						
přepočtené na referenční podmínky [mg/m <sup>3</sup> ]:	9,32	10,69	7,93	7,68	7,52	8,07
<b>Průměrná hodnota [mg/m<sup>3</sup>]:</b>	<b>8,54 ± 2,42</b>					
15-minutové střední hodnoty koncentrací znečišťující látky						
naměřené [ml/m <sup>3</sup> ]:	3,98	4,42	3,18	3,13	3,00	3,32
Hodnoty stavových a referenčních veličin použitých pro přepočet:						
O <sub>2</sub> [%]:	11,34	11,65	11,93	11,78	11,97	11,70
Hmotnostní tok znečišťující látky [kg/h]	0,0088					
Měrná výrobní emise [kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> paliva]	85,87					

Tabulka 9 Podrobné výsledky oxidu uhelnatého u Kotle 2

<b>Zdroj</b>	<b>Kotel 2</b>					
Palivo	Zemní plyn					
<b>Znečišťující látka</b>	<b>oxidy dusíku NOx</b>					
<b>Emisní limit</b>	<b>200 mg/m<sup>3</sup></b>					
Referenční podmínky	O <sub>2</sub> =3%; P=101,325kPa; T=273,15K; suché spaliny					
15-minutové střední hodnoty koncentrací znečišťující látky						
přepočtené na referenční podmínky [mg/m <sub>3</sub> ]:	63,35	77,36	76,39	57,92	48,71	59,88
<b>Průměrná hodnota [mg/m<sub>3</sub>]:</b>	<b>63,93 ± 21,83</b>					
15-minutové střední hodnoty koncentrací znečišťující látky						
naměřené [ml/m <sup>3</sup> ]:	16,48	19,47	18,64	14,37	11,84	14,98
Hodnoty stavových a referenčních veličin použitých pro přepočet:						
O <sub>2</sub> [%]:	11,34	11,65	11,93	11,78	11,97	11,70
Hmotnostní tok znečišťující látky [kg/h]	0,0661					
Měrná výrobní emise [kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> paliva]	643,16					

Tabulka 10 Podrobné výsledky oxidů dusíku u Kotle 2

Oxid uhelnatý a oxidy dusíku byly přepočteny na normální podmínky o teplotě 0°C a tlaku 101,32 kPa a obsahu referenčního kyslíku 3%.

<b>Zdroj měření</b>	<b>Kotel 3</b>
Jmenovitý výkon [kW]	1040
Druh paliva	Zemní plyn
Tlak paliva [kPa]	15
Teplota paliva [°C]	13
Průměr kouřovodu [mm]	400

Tabulka 11 Informace o zdroji číslo 3



Číslo měření	1	2	3	4	5	6
Datum měření	23.10.20 15	23.10.20 15	23.10.20 15	23.10.20 15	23.10.20 15	23.10.20 15
Začátek měření	10:20:32	10:42:09	11:03:14	11:23:52	11:47:33	12:10:02
Konec měření	10:35:32	10:57:14	11:18:19	11:38:57	12:02:38	12:25:07
Barometrický tlak [kPa]	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5	98,5
Spotřeba paliva/měř. [m <sup>3</sup> ]	22	22	23	23	22	22
Teplota vzduchu [°C]	14	14	14	15	15	15
Teplota spalin [°C]	142	141	148	146	147	141
O <sub>2</sub> [%]	10,58	10,32	9,91	9,97	10,36	10,02
CO [ppm]	4,66	3,97	5,68	5,75	5,81	6,92
CO min [ppm]	3,00	3,00	5,00	5,00	4,00	6,00
CO max [ppm]	6,00	4,00	7,00	7,00	7,00	8,00
CO přep. 3% O <sub>2</sub> [ppm]	8,08	6,71	9,25	9,41	9,88	11,38
NO [ppm]	14,21	14,35	12,96	13,90	14,16	15,95
NO min [ppm]	12,00	13,00	11,00	12,00	13,00	13,00
NO max [ppm]	17,00	16,00	15,00	15,00	16,00	18,00
NO přep. 3% O <sub>2</sub> [ppm]	24,65	24,28	21,09	22,75	24,05	26,24
komínová ztráta [%]	9,33	9,07	9,26	9,1	9,45	8,79
účinnost spalování [%]	90,77	90,93	90,74	90,9	90,55	91,21
CO <sub>2</sub> [%]	5,83	5,97	6,21	6,17	5,95	6,14
Přebytek vzduchu	2,03	1,98	1,90	1,91	1,98	1,92

Tabulka 12 Naměřené a přepočítané hodnoty u kotle 3

Měření Kotle 2 probíhalo ihned po doměření Kotle 1. Kotel již měl ustálený provoz, protože běžel kontinuálně s Kotlem 1. Všechny hodnoty jsou si velmi podobné, minima i maxima všech měřených hodnot jsou velmi blízké průměru. Střední rychlost spalin je 2,03 m/s a tmavost kouře je 0.

<b>Zdroj</b>	<b>Kotel 3</b>					
Palivo	Zemní plyn					
<b>Znečišťující látka</b>	<b>oxid uhelnatý CO</b>					
<b>Emisní limit</b>	<b>100 mg/m<sup>3</sup></b>					
Referenční podmínky	O <sub>2</sub> =3%; P=101,325kP; T=273,15K; suché spaliny					
15-minutové střední hodnoty koncentrací znečišťující látky						
přepočtené na referenční podmínky [mg/m <sup>3</sup> ]:	10,10	8,39	11,56	11,76	12,34	14,23
<b>Průměrná hodnota [mg/m<sup>3</sup>]:</b>	<b>11,40 ± 3,90</b>					
15-minutové střední hodnoty koncentrací znečišťující látky						
naměřené [ml/m <sup>3</sup> ]:	4,66	3,97	5,68	5,75	5,81	6,92
Hodnoty stavových a referenčních veličin použitých pro přepočet:						
O <sub>2</sub> [%]:	10,58	10,32	9,91	9,97	10,36	10,02
Hmotnostní tok znečišťující látky [kg/h]	0,0115					
Měrná výrobní emise [kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> paliva]	114,66					

Tabulka 13 Podrobné výsledky oxidu uhelnatého u Kotle 3

<b>Zdroj</b>	<b>Kotel 3</b>					
Palivo	Zemní plyn					
<b>Znečišťující látka</b>	<b>oxidy dusíku NO<sub>x</sub></b>					
<b>Emisní limit</b>	<b>200 mg/m<sup>3</sup></b>					
Referenční podmínky	O <sub>2</sub> =3%; P=101,325kP; T=273,15K; suché spaliny					
15-minutové střední hodnoty koncentrací znečišťující látky						
přepočtené na referenční podmínky [mg/m <sub>3</sub> ]:	50,61	49,84	43,31	46,70	49,38	53,88
<b>Průměrná hodnota [mg/m<sub>3</sub>]:</b>	<b>48,95 ± 7,06</b>					
15-minutové střední hodnoty koncentrací znečišťující látky						
naměřené [ml/m <sup>3</sup> ]:	14,21	14,35	12,96	13,90	14,16	15,95
Hodnoty stavových a referenčních veličin použitých pro přepočet:						
O <sub>2</sub> [%]:	10,58	10,32	9,91	9,97	10,36	10,02
Hmotnostní tok znečišťující látky [kg/h]	0,0494					
Měrná výrobní emise [kg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> paliva]	492,46					

Tabulka 14 Podrobné výsledky oxidů dusíku u Kotle 3

Oxid uhelnatý (koncentrace: K1 8,54 mg/m<sup>3</sup>; K2 11,40 mg/m<sup>3</sup>) vzniká při nedostatku obsahu kyslíku, který je potřeba pro oxidaci uhlíku na méně škodlivý oxid uhličitý. Čím je přebytek vzduchu větší, tím méně bude produkováno CO, bohužel se ale také sníží účinnost spalování. Množství vzduchu bude mít také vliv na produkci emisí NO<sub>x</sub>.

(koncentrace: K1 63,93 mg/m<sup>3</sup>; 48,95 mg/m<sup>3</sup>), čím je přebytek vzduchu větší, emisí NO<sub>x</sub> bude produkováno více.

Výsledky u obou kotlů ve všech 12-ti jednotlivých 15-ti minutových jednorázových měření splňují emisní normy dané zákonem. I přes stáří kotlů, které jsou více než 20 let staré, oba splňují s velkým odstupem emisní limity, které jsou pro CO 100 mg/m<sup>3</sup> a pro NO<sub>x</sub> mg/m<sup>3</sup>, které jsou stanoveny ve vyhlášce č 415/2002 o přípustné úrovni znečišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. Při měření nedocházelo k žádné zásadní změně v množství emisí a maximální i minimální hodnoty se držely blízko průměru.

### 5.1. Porovnání emisí při využití lehkého topného oleje a zemního plynu

Palivo pro porovnání jsem si vybral lehký topný olej (LTO). Zdroj znečištění ovzduší se nachází v Brně, v ulici Březinova 23. Jedná se o 3 kotle, které jsou osazeny v přepravitelných kontejnerech a slouží k výrobě teplé vody a páry pro technologické účely. Každý kotel je v samostatné skříni a pro účely stanovení kategorie zdroje se jmenovité výkony nesčítají. Všechny 3 kotle spadají pod kategorii REZZO 2 – Střední zdroje znečišťující ovzduší.

Zdroj měření	Kotel 1
Jmenovitý výkon [kW]	1040
Druh paliva	LTO
Teplota paliva [°C]	5
Výhřevnost [kJ/kg]	42300
Průměr kouřovodu [mm]	400
Průměrná rychlost spalin [m/s]	1,15

Tabulka 15 Informace o zdroji znečištění spalující LTO

Jmenovitý výkon Kotle 1 je 1040 kW a jedná se o typ KDVE 100 od firmy ČKD Dukla. Kouřovod je kruhového tvaru a jeho průměr činí 400 mm. Výhřevnost lehkého topného oleje činí 42,3 MJ/kg.

Číslo měření	1	2	3
Datum měření	16.1.2015	16.1.2015	16.1.2015
Začátek měření	14:26:02	14:48:45	15:16:13
Konec měření	14:41:07	15:03:50	15:31:18
Barometrický tlak [kPa]	101,3	101,3	101,3
Spotřeba paliva/měření [kg]	15	13	9
Teplota vzduchu [°C]	3	3	3
Teplota spalin [°C]	171	164	167
O <sub>2</sub> [%]	5,67	5,50	6,06
CO [ppm]	5,26	3,58	3,11
CO min [ppm]	3,00	2,00	1,00
CO max [ppm]	7,00	5,00	4,00
CO přep. 3% O <sub>2</sub> [ppm]	6,18	4,16	3,75
NO [ppm]	48,93	45,45	51,73
NO min [ppm]	45,00	43,00	49,00
NO max [ppm]	55,00	49,00	54,00
NO přep. 3% O <sub>2</sub> [ppm]	57,52	52,83	62,37
komínová ztráta [%]	8,3	8,4	8,8
účinnost spalování [%]	91,7	91,6	91,2
CO <sub>2</sub> [%]	8,60	8,69	8,38
Přebytek vzduchu	1,37	1,36	1,41
Tmavost kouře	0	1	0

Tabulka 16 Naměřené hodnoty u zdroje znečištění spalující LTO

Z výsledků je patrné snížení množství emisí CO<sub>2</sub> oproti zdroji spalující zemní plyn. Naopak hodnoty NO jsou mnohem vyšší. Všechny ostatní parametry jsou si velmi podobné. Emisní limity u LTO jsou vyšší a tento zdroj musí splnit normu u CO 175 mg/m<sup>3</sup> a u NO<sub>x</sub> 500 mg/m<sup>3</sup> stanovené ve vyhlášce č. 415/2012 Sb. Tento zdroj splňuje tuto normu s ještě větším odstupem než se tomu děje u zemního plynu.

## 6. Závěr

Bakalářská práce se zabývá měřením emisí stacionárních zdrojů znečišťující ovzduší. Práce je členěna do několika kapitol. V první kapitole je obsažena historie znečištění ovzduší a vývoj právních předpisů v České republice. Dále jsou popsány hlavní znečišťující látky, které jsou vypouštěny ze stacionárních zdrojů a jsou hlavním předmětem legislativy. V další kapitola se zabývá problematikou samotného měření emisí. Jsou zde popsány jednotlivé druhy měření a způsoby, jak se měření má provádět. Rozdělení stacionárních zdrojů je provedeno podle REZZO, který eviduje a vyhodnocuje znečištění ovzduší. Aby se znečištění u stacionárních zdrojů omezilo, jsou důležité odlučovače, které jsou popsány v navazující kapitole.

Měření emisí stacionárních kotlů na plynná a kapalná paliva bylo provedeno podle normy ČSN EN 15259. Jednalo o jednorázová měření dvou kotlů, každý o výkonu 1040 kW. Emisní limity stanovené ve vyhlášce č 415/2012 Sb., byly dodrženy, koncentrace CO byly pro K1 8,54 mg/m<sup>3</sup> a pro K2 11,40 mg/m<sup>3</sup>, koncentrace NO<sub>x</sub> byla v porovnání s koncentrací CO vyšší a dosahovala hodnot pro K1 63,93 mg/m<sup>3</sup> a pro 48,95 mg/m<sup>3</sup>. Pro porovnání naměřených výsledků byl vybrán identický typ kotle, o shodném výkonu, spalující lehký topný olej. Koncentrace dosahovala u CO 5,87 mg/m<sup>3</sup> a u NO<sub>x</sub> 118,2 mg/m<sup>3</sup>. Z výsledků je patrné, že emise CO jsou u kotle spalující kapalně palivo nižší, naproti tomu hodnoty NO<sub>x</sub> jsou výrazně vyšší než u plynného paliva. I tento kotel dodržel emisní limity pro LTO.

## 7.Literatura

CAPRA F., 1982: The turning point. Science, society and the rising culture. Bantam Books, New York, 464 s.

ČHMÚ, 1998: Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 1997. Český hydrometeorologický ústav, Praha, 192 s.

DIOCIAIUTI M., BALDUZZI M., DE BERARDIS B., CATTANI G., STACCHINI G., ZIEMACKI G., MARCONI A., PAOLETTI L., 2002: The Two PM<sub>2.5</sub> (Fine) and PM<sub>2.5-10</sub> (Coarse) Fractions: Evidence of Different Biological Activity. Environmental Research, Rome, 254-262 s

HEMERKA J., 1994: Odlučování tuhých částic. České vysoké učení technické v Praze, Praha, 138 s.

HEMERKA J., VYBÍRAL P., 2010: Ochrana ovzduší. Vysoké učení technické v Praze, Praha, 148 s.

KLEČKOVÁ Z., MACHÁČKOVÁ A., PLATOŠ P., 2011: Minimalizace emisí při energetickém využití odpadu. Marionetti Press, Praha, 147 s.

MORÁVEK J., TOMÁŠKOVÁ V., BERNARD M., VÍCHA O., 2013: Zákon o ochraně ovzduší – komentář. C. H. Beck, Praha, 415 s.

NOVÝ R., 2006: Technika prostředí. České vysoké učení technické v Praze. Praha, 262 s.

ŠKÁCEL F., TEKÁČ V., 2007: Podklady pro Ministerstvo životního prostředí k provádění Protokolu o PRTR – přehled metod měření a identifikace látek sledovaných podle Protokolu o registrech úniků a přenosů znečišťujících látek v únicích do ovzduší. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha

VEJVODA J. MACHAČ P. BURYAN P., 2003: Technologie ochrany ovzduší a čištění odpadních plynů. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 226 s.

## 7.1. Internetové zdroje

ČHMÚ, Historie znečištění a ochrany čistoty ovzduší, Český hydrometeorologický ústav, Praha, online: [http://copernicus.gov.cz/documents/19/27908/Poster\\_1\\_CHMU\\_Historie\\_znecesteni\\_a\\_ochrana\\_cistoty\\_ovzdusi.pdf/98c4e0dc-657c-4dac-bd10-cf12dbdeed5b](http://copernicus.gov.cz/documents/19/27908/Poster_1_CHMU_Historie_znecesteni_a_ochrana_cistoty_ovzdusi.pdf/98c4e0dc-657c-4dac-bd10-cf12dbdeed5b)

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 2013: Nitrogen oxides (No<sub>x</sub>) emissions. European Environment Agency, online: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-nitrogen-oxides-nox-emissions-1/assessment.2010-08-19.0140149032-3>

IRZ, 2009a: Látka: Oxidy síry. Integrovaný registr znečišťování, Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: <http://irz.cz/node/80>

IRZ, 2009b: Látka: Oxidy dusíku. Integrovaný registr znečišťování, Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: <http://irz.cz/node/79>

IRZ, 2009c: Látka: Polévatý prach. Integrovaný registr znečišťování, Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: <http://irz.cz/node/85>

IRZ, 2009d: Látka: Oxid uhelnatý. Integrovaný registr znečišťování, Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: <http://irz.cz/node/77>

IRZ, 2009e: Látka: Oxid uhličitý. Integrovaný registr znečišťování, Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: <http://irz.cz/node/78>

IRZa, Instrumentace měření emisí, Integrovaný registr znečišťování. Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: [http://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody\\_mereni/instrumentace\\_mereni\\_emisi.pdf](http://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody_mereni/instrumentace_mereni_emisi.pdf)

IRZb, Metody měření – všeobecné informace, Integrovaný registr znečišťování. Ministerstvo životního prostředí, Praha, online: [http://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody\\_mereni/vseobecne\\_informace.pdf](http://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody_mereni/vseobecne_informace.pdf)

PŘÍHODA J., SKŘIVAN P., HRUŠKOVÁ M., 2004: Cerealní chemie a technologie I. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, online: [http://147.33.74.135/knihy/uid\\_isbn-80-7080-530-7/pdf/111.pdf](http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn-80-7080-530-7/pdf/111.pdf)

SCHIFFTNER C.K., 2002: Air pollution control equipment selection guide. Lewis publishers, Boca Raton, 229s, online: [https://books.google.cz/books?id=C\\_nLU2AmtFQC&pg=PA55&dq=dust+precipitator&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwjvq7PMs-bLAhWLkiwKHW6IC\\_IQ6AEITzAF#v=onepage&q=dust%20precipitator&f=false](https://books.google.cz/books?id=C_nLU2AmtFQC&pg=PA55&dq=dust+precipitator&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwjvq7PMs-bLAhWLkiwKHW6IC_IQ6AEITzAF#v=onepage&q=dust%20precipitator&f=false)

VÍDEN I.: Ochrana ovzduší III, Praha, online: <http://slideplayer.cz/slide/2021310/>

ZÁRYBNICKÁ M.: Odloučení tuhých částic ve spalínách. Vysoké učení technické v Brně, Brno, online: [https://kke.zcu.cz/old\\_web/files/projekty/enazp/20/IUT/129\\_Odlucovani\\_tuhych\\_castic\\_ve\\_spalinach\\_-\\_Zarybnicka\\_-\\_P1.pdf](https://kke.zcu.cz/old_web/files/projekty/enazp/20/IUT/129_Odlucovani_tuhych_castic_ve_spalinach_-_Zarybnicka_-_P1.pdf)

## **7.2. Zákony, vyhlášky, normy**

ČSN EN 15259, Kvalita ovzduší - Měření emisí ze stacionárních zdrojů - Požadavky na měřicí úseky, stanoviště, cíl měření, plán měření a protokol o měření. Český normalizační institut, Praha, 72 s.

VYHLÁŠKA Č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší.

ZÁKON Č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění.

ZÁKON Č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění.



## 8. Přílohy

**Příloha č. 1.** – Vývoj emisí z let 1990 – 2001

**Příloha č. 2** – Vývoj emisí z let 2002 – 2013

**Příloha č. 3** – Vývoj emisí z let 2013 – 2014

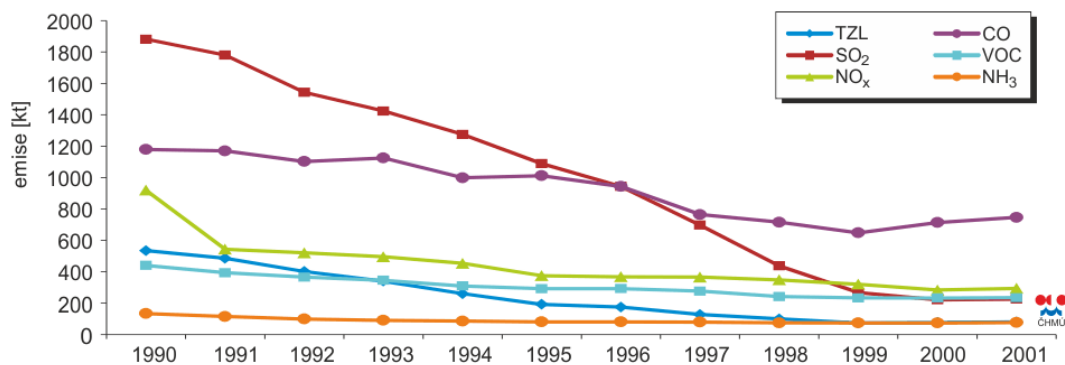
**Příloha č. 4** – Spotřeba paliv zdrojů REZZO 3 v letech 1990 – 2014

**Příloha č. 5** – Vývoj emisí PM<sub>2,5</sub> v letech 2007 – 2013

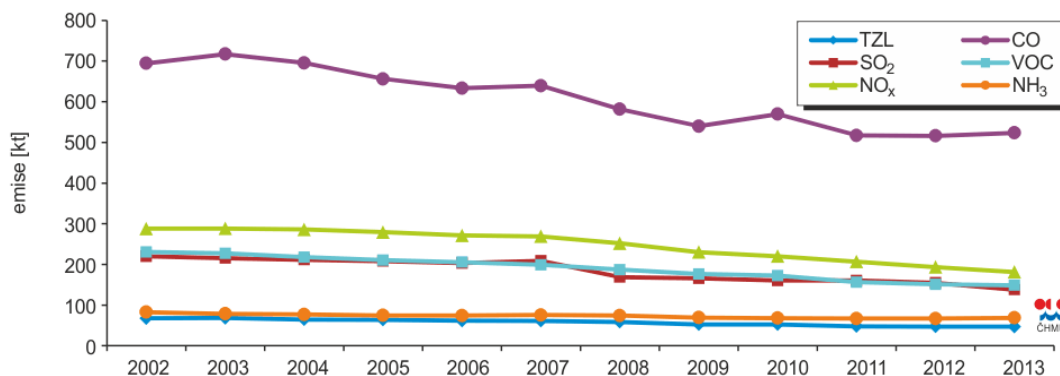
**Příloha č. 6** – vývoj emisí PM<sub>10</sub> v letech 2007 – 2013

**Příloha č. 7** – areál kompresní stanice Kouřim

**Příloha č. 8** – měřící otvor se sondou



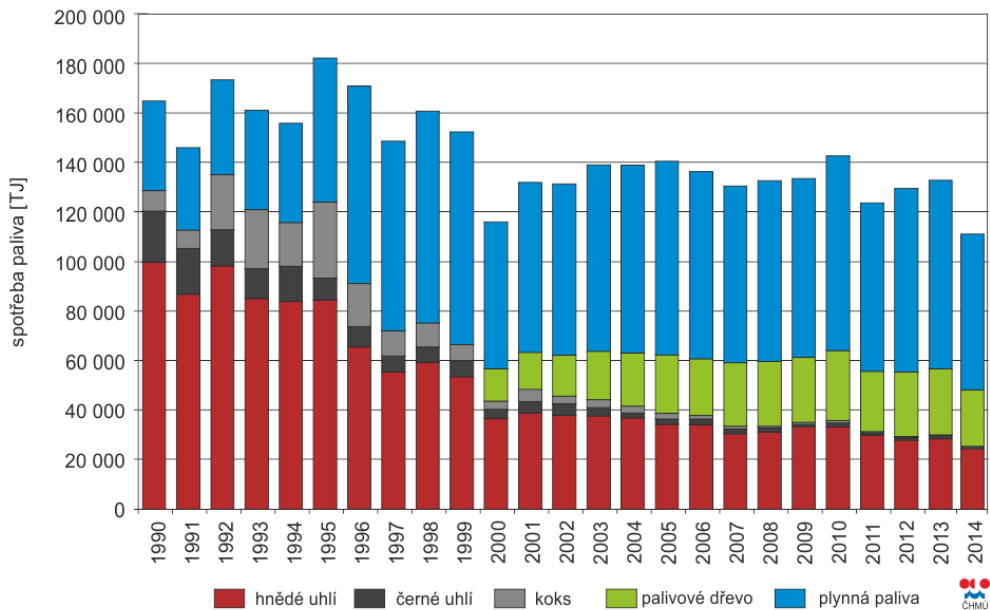
**Příloha č. 1.** – Vývoj emisí z let 1990 – 2001 (zdroj: <http://portal.chmi.cz>)



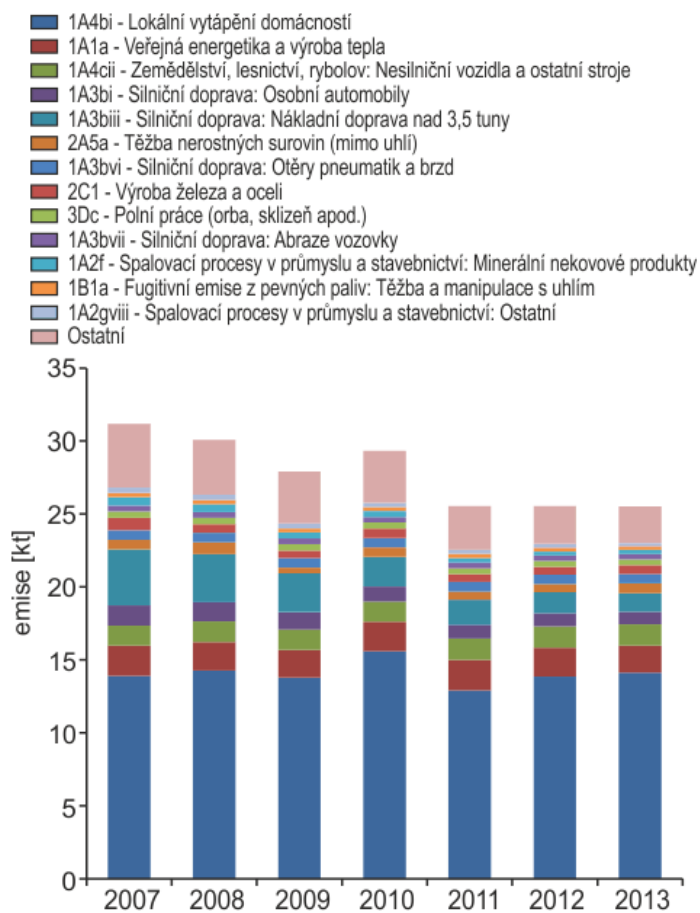
**Příloha č. 2** – Vývoj emisí z let 2002 – 2013 (zdroj: <http://portal.chmi.cz>)

Kategorie zdrojů	TZL		SO <sub>2</sub>		NO <sub>x</sub>		CO		VOC		NH <sub>3</sub>	
	kt.rok <sup>-1</sup>											
Rok	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
REZZO 1	9,7	9,4	118,8	111,6	94,2	90,9	152,2	144,4	14,2	14,2	0,4	0,3
REZZO 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,2	0,2	0,3	0,0	0,1		
REZZO 3	30,2	27,4	18,8	13,6	8,1	6,7	278,2	231,8	104,8	98,7	66,1	66,3
CELKEM stac. zdroje	39,9	36,8	137,6	125,2	102,9	98,8	430,6	376,4	119,0	113,0	66,4	66,6
REZZO 4	6,9	6,7	0,1	0,1	77,0	75,2	92,7	89,1	23,7	23,9	2,1	2,1
CELKEM	46,8	43,6	137,8	125,3	180,0	174,0	523,2	465,5	142,8	136,9	68,5	68,7

**Příloha č. 3** – Vývoj emisí z let 2013 – 2014 (zdroj: <http://portal.chmi.cz>)

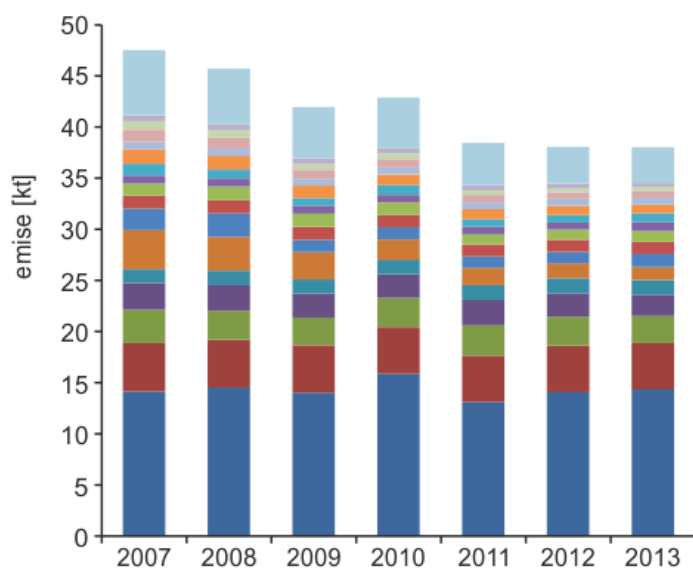


**Příloha č. 4** – Spotřeba paliv zdrojů REZZO 3 v letech 1990 – 2014 (zdroj: <http://portal.chmi.cz>)



Příloha č. 5 – Vývoj emisí PM<sub>2,5</sub> v letech 2007 – 2013 (zdroj: <http://portal.chmi.cz>)

- 1A4bi - Lokální vytápění domácností
- 3Dc - Polní práce (orba, sklizeň apod.)
- 1A1a - Veřejná energetika a výroba tepla
- 1B1a - Fugitivní emise z pevných paliv: Těžba a manipulace s uhlím
- 1A4cii - Zemědělství, lesnictví, rybolov: Nesilniční vozidla a ostatní stroje
- 1A3biii - Silniční doprava: Nákladní doprava nad 3,5 tuny
- 2A5a - Těžba nerostných surovin (mimo uhlí)
- 1A3bvi - Silniční doprava: Otěry pneumatik a brzdy
- 3B4gii - Chovy hospodářských zvířat - Chov broilerů
- 3B4gi - Chovy hospodářských zvířat - Nosnice
- 2C1 - Výroba železa a oceli
- 1A3bi - Silniční doprava: Osobní automobily
- 1A3bvii - Silniční doprava: Abráže vozovky
- 3B3 - Chovy hospodářských zvířat - Chov prasat
- 1A2f - Spalovací procesy v průmyslu a stavebnictví: Minerální nekovové produkty
- 2A5b - Výstavba a demolice
- Ostatní



**Příloha č. 6** – vývoj emisí PM<sub>10</sub> v letech 2007 – 2013 (zdroj: <http://portal.chmi.cz>)



**Příloha č. 7** – areál kompresní stanice Kouřim (zdroj: Ladislav Grössl)



**Příloha č. 8 – měřící otvor se sondou (zdroj: Ladislav Grössl)**