

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE**

Technologický vývoj ZEVO Malešice z hlediska životního  
prostředí

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Vedoucí práce: RNDr. Vlastimila Mikulová

Bakalant: Jan Mareš

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra aplikované ekologie

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Mareš Jan

Územní technická a správní služba - kombinované Praha

Název práce

**Technologický vývoj ZEVO Malešice z hlediska ochrany životního prostředí**

Anglický název

**Technological development ZEVO Malešice of environmental**

---

### Cíle práce

Cílem práce je pochytit vývojové změny výrobní technologie ZEVO Malešice s ohledem na snižování emisí a zvýšení efektivity energetického využití.

### Metodika

Bakalářská práce bude zpracována formou studie, členění kapitol dle "Metodických pokynů pro zpracování bakalářské práce FŽP ČZU". Rešeršní část bude zaměřena na energetické využití komunálních odpadů v ČR a zahraničí a zpracována z dostupných odborných publikací, internetových zdrojů tuzemských i zahraničních. Přehled použitých metod vč. zařízení a jejich charakteristika bude zpracována z provozního řádu, interních materiálů ZEVO Malešice a vlastního průzkumu.

### Harmonogram zpracování

do 20. 7. 2012 konzultace k zadání - zápočet za letní semestr

do 15. 10. 2012 konzultace k postupu zpracování, předat 1. verzi rešeršní části BP

do 15. 1. 2013 konzultace ke zpracované rešeršní části, charakteristiky studijního území a současného stavu řešené problematiky a k dosaženým výsledkům

do 31. 1. 2013 předání 1. verze BP

do 15. 2. 2013 konzultace k 1. verzi BP - zápočet za zimní semestr

do 15. 3. 2013 předložit k poslední konzultaci BP

do 15. 4. 2013 předat výslednou verzi - zápočet za letní semestr



### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Vlastimily Mikulové, a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze 15. 4. 2013





## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi svými radami, poznatky a zkušenostmi pomohli s vytvářením této práce. Můj dík především patří vedoucímu mé bakalářské práce RNDr. Vlastimile Mikulové.

V Praze 15. 4. 2013



## **ABSTRAKT**

Obsahem a cílem práce je popis vzniku komunálních odpadů při lidské činnosti v historii i současnosti, způsoby nakládání s nimi, jejich složení a především možnost energetického využití. Práce se zabývá vývojem technologických opatření, postupů a metod čištění spalin v ZEVO Malešice, které mají význam z hlediska životního prostředí. ZEVO Malešice postupně zavádělo techniky vedoucí ke snižování emisí a řízení spalovacího procesu. Tato práce se zabývá konkrétně redukcí oxidů dusíku a látek PCDD/F. Výsledkem práce je porovnání použitých metod redukce od roku 2000 do roku 2013 a zdokumentování měření emisí v časové řadě, které jsou porovnány s platnými limity znečištění ovzduší pro spalovny odpadů. Při zpracování bakalářské práce byly využity osobní zkušenosti, poznatky s uváděním technologií do provozu a konzultace s jejich dodavateli, interní materiály ZEVO Malešice a související semináře k problematice zaváděných technologií. Přínosem práce je zdokumentování a vyhodnocení efektivity metod redukcí oxidu dusíku a látek PCDD/F v podmínkách ZEVO Malešice z hlediska ekonomického, především však environmentálního. V práci jsou diskutovány výrobní technologie spaloven v Liberci a Brně a dosažené výsledky redukcí emisí oxidů dusíku a látek PCDD/F při použití metod SCR – selektivní katalytická redukce a SNCR – selektivní nekatalytická redukce. Vyšší ekonomické náklady na technologický vývoj se projeví příznivě.

Dosažené výsledky měření při použití metody redukce oxidů dusíku a látek PCDD/F SCR v kombinaci s katalyzátorem DeNOx a DeDiox v ZEVO Malešice jsou srovnatelné s výsledky měření emisí zařízení stejného typu v zahraničí.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Energetická účinnost, emise, komunální odpad, kogenerace, PCDD/F, redukce oxidů dusíku, vyhrazená technická zařízení.

## **ABSTRACT**

The content and aim of the thesis is the description of the generation of municipal waste from human activities in the past and present ways of dealing with them, their composition, and in particular the possibility of energy recovery. The work deals with the development of technological measures, procedures and methods for cleaning flue ZEVO Malešice that are important from an environmental perspective. ZEVO Malešice gradually introduced to result in emission reduction and control of the combustion process. This paper specifically examines the reduction of nitrogen oxides and PCDD/F. Result of the thesis is the comparison of the methods reduction from 2000 to 2013 and documentation of emission time series, which are compared with the limits for air pollution incinerators while processing thesis was used personal experience, knowledge in putting technology into operation and consultation with their suppliers, internal materials ZEVO Malešice and seminars related to the issue of introduced technologies. Contribution of this thesis is the documentation and evaluation of the effectiveness of methods for reducing nitrogen oxide and PCDD/F in terms ZEVO Malešice in economic terms, but primarily environmental. In the thesis is discussed the production technology incinerator in Liberec, Brno and the results achieved by reducing emissions of nitrogen oxides and PCDD/ F using the methods SCR - Selective Catalytic Reduction and SNCR - selective non-catalytic reduction higher economic costs of technological development has resulted favorably.

The achieved results using the measurement methods and nitrogen oxide reduction of PCDD/F in combination with SCR DeNOx catalyst and DeDiox in ZEVO Malešice are comparable with results from the same type of emissions abroad.

## **KEYWORDS**

Cogeneration, dedicated technical equipment, energy efficiency, emissions, municipal waste, PCDD/F, reduction of nitrogen oxides.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>15</b>
3.1	Evropa.....	15
3.2	Rakousko – Uhersko a Československá republika .....	16
3.3	Řešení problematiky komunálního odpadu a jeho využívání v Praze .....	17
3.4	Období po II. světové válce - ČSR .....	20
3.5	Současnost.....	21
<b>4</b>	<b>ODPAD, JEHO OZNAČENÍ, SLOŽENÍ A VYUŽITÍ</b> .....	<b>22</b>
4.1	Co je komunální odpad? .....	22
4.1.1	Porovnání trendů zastoupení jednotlivých frakcí odpadu analýzou dat .....	25
4.1.2	Využití komunálního odpadu.....	25
4.2	Kompostování odpadu, co lze kompostovat a dále využívat z komunálního odpadu? .....	26
<b>5</b>	<b>SPALOVÁNÍ ODPADU, JEHO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ A OCHRANA OVZDUŠÍ</b> .....	<b>28</b>
5.1	Legislativa zabývající se ochranou ovzduší:.....	29
5.2	Úvod do problematiky snižování emisí vzniklých při spalování – tepelném využití odpadu.....	32
5.3	Charakteristika studijního území .....	33
<b>6</b>	<b>METODIKA</b> .....	<b>39</b>
6.1	Současný stav řešené problematiky .....	40
6.2	Metody na snižování obsahu oxidů dusíku látek a PCDD/F ve spalinách ZEVO Malešice .....	40
6.3	Mechanismus vzniku oxidů dusíků.....	42

<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>58</b>
7.1	Porovnání sekundárních metod snižování emisí NO <sub>x</sub> a PCDD/F v ZEVO Malešice .....	58
<b>8</b>	<b>DISKUSE.....</b>	<b>62</b>
8.1	Zařízení na energetické využití odpadu v České republice .....	65
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>74</b>
	<b>PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>76</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A PROTOKOLŮ .....</b>	<b>80</b>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BAT (Best Available Techniques) .....	nejlepší dostupné techniky
CENIA .....	Česká informační agentura životního prostředí
CO .....	oxid uhelnatý
DeDiO .....	označení zařízení pro redukci PCDD/F
DeNO <sub>x</sub> .....	označení zařízení pro redukci NO <sub>x</sub>
ERC.....	ERC Emise Redukce Concepty s.r.o.
ES .....	Evropské společenství
EU .....	Evropská unie
HCl.....	chlorovodíky
HVO .....	horkovodní okruh
ISNO .....	Integrovaný systém nakládání s odpady
KO.....	komunální odpad
NO <sub>x</sub> .....	oxidy dusíku
O <sub>2</sub> .....	kyslík
PCDD/F.....	perzistentní organické polutanty
SCR.....	selektivní katalytická redukce
SNCR .....	selektivní nekatalytická redukce
SO <sub>x</sub> .....	oxidy síry
STEO.....	Sdružení provozovatelů technologií pro ekologické využívání odpadů
TG .....	turbogenerátor
TOC.....	celkový organický uhlík
TZL .....	tuhé znečišťující látky
ZEVO .....	Zařízení na energetické využití odpadu

# 1 ÚVOD

Zdravé a vyvážené přírodní systémy a kvalita životního prostředí, kde znečišťování způsobené činností člověka nevyvolá negativní dopad na lidské zdraví, přírodní procesy a estetiku prostředí, jsou předpoklady dlouhodobé prosperity a kvality života. Tyto cíle jsou součástí strategie pro udržitelný rozvoj a priorit politiky životního prostředí. Cílem je i podpořit více udržitelné nakládání s odpady na základě třech pilířů v podobě environmentálních, ekonomických a sociálních faktorů. Optimální strategie nakládání s odpady je kombinací potenciálu prevence, opětovného použití, recyklace, využití energie a odstraňování odpadů způsobem šetrným k životnímu prostředí. Evropská hierarchie způsobů nakládání s odpady musí být v zásadě chápána jako nejvíce udržitelná varianta nebo kombinace. Za důležitou se považuje obnova energie při udržitelném nakládání s odpady.

Evropská hierarchie způsobů nakládání s odpady:

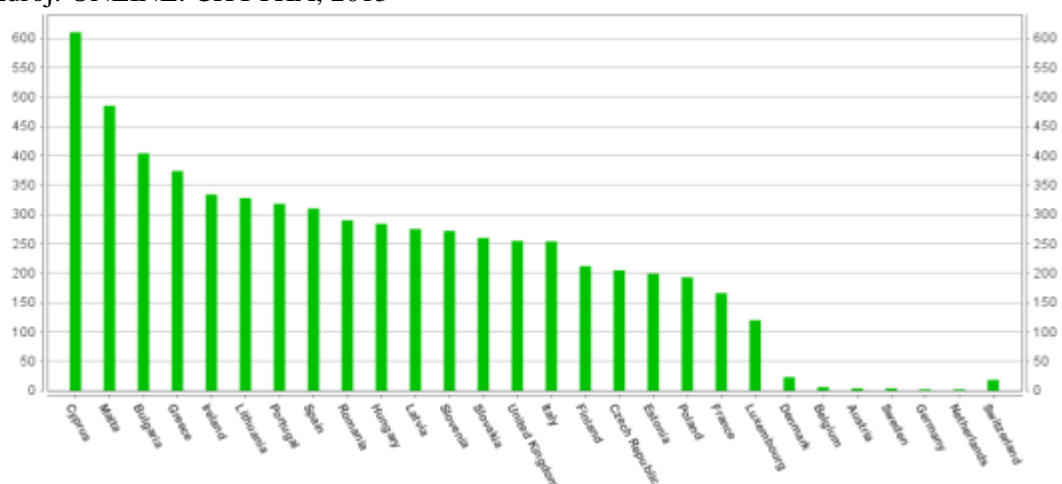
- předcházení vzniku odpadů (prevence),
- opětovné využití (materiálové),
- recyklace,
- jiné využití (energetické využití),
- odstranění (skládkování).

tab. č. 1 Nakládání s komunálními odpady v České republice  
Zdroj: ONLINE: CHYTKA, 2013

Nakládání komunální odpad	Mil. tun	Využito	Využito	Odstraněno
		<i>materiálově</i> (%)	<i>energeticky</i> (%)	<i>skládkováním</i> (%)
<b>2009</b>	5,32	23	6	64
<b>2010</b>	5,36	24	9	59
<b>2011</b>	5,39	31	11	55

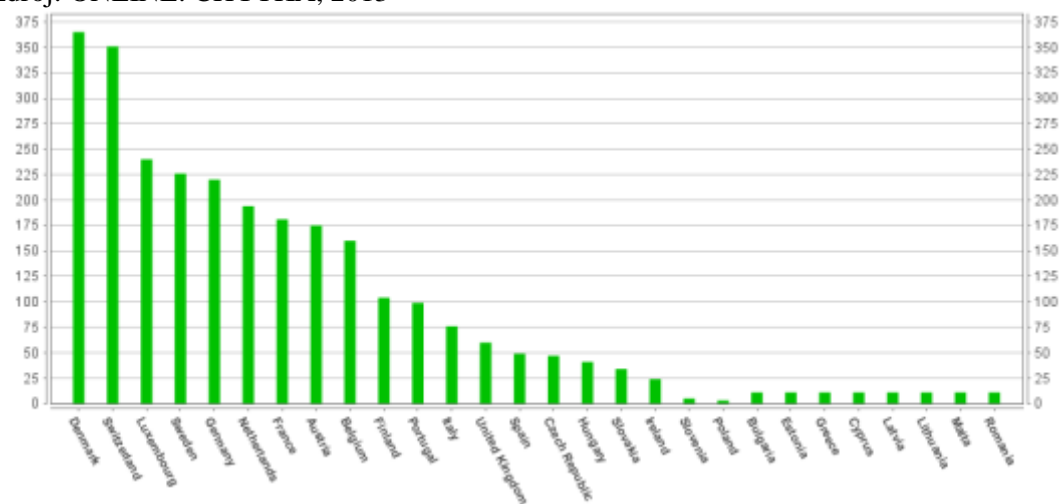
Trvale se zvyšuje množství odděleně sebraných využitelných komunálních odpadů a rovněž nebezpečných složek komunálních odpadů. Zařízení na odstraňování odpadů mají dostatečnou kapacitu, zejména zařízení pro skládkování odpadů, které je stále nejběžnějším způsobem odstraňování zejména komunálních odpadů. Porovnání jak je skládkování využíváno je uvedeno v tab. č. 1 a na obr. č. 1.

obr. č. 1 Skládkování komunálních odpadů (kg/obyv.)  
Zdroj: ONLINE: CHYTKA, 2013



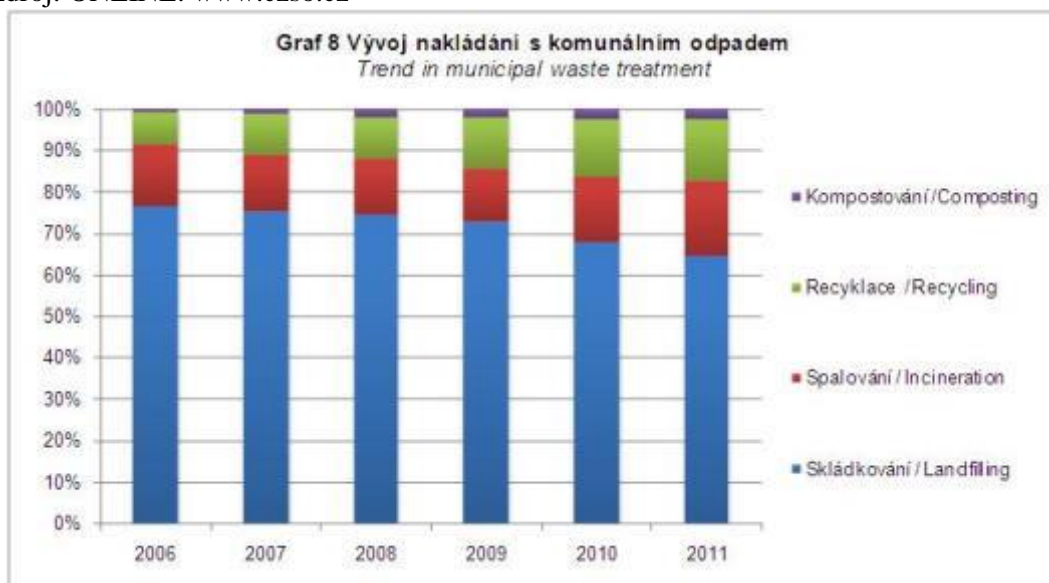
Stále malé procento odpadů je v ČR však energeticky využíváno (obr. č. 2 a obr. č. 3). V České republice je stále malý podíl odpadů je spalován a energeticky využíván. V roce 2005 bylo energeticky využito celkem 748,5 tis. t odpadů, jsou provozovány tři spalovny komunálních odpadů v Praze, Brně a Liberci. Počet spaloven nebezpečných odpadů je vyšší, většinou s malou kapacitou, ale řada z nich je postupně uzavírána.

obr. č. 2 Spalování (včetně energetického využití) komunálních odpadů (kg/obyv.)  
Zdroj: ONLINE: CHYTKA, 2013





obr. č. 3 Vývoj nakládání s komunálním odpadem v ČR v letech 2006-2011  
Zdroj: ONLINE: www.czso.cz



Spalování odpadu a využívání vzniklé energie je ve výše uvedených spalovnách realizováno s pomocí nejmodernějších dostupných technik při použití některých shodných technologických postupů a metod. Specifické limity spalin jednotlivá zařízení dle dosažených měření dodržují.

V Zařízení na energetické využití odpadu Praha - Malešice bylo od roku 1998, kdy byla spalovna uvedena do trvalého provozu, do dnešní doby instalováno množství moderních metod řízení spalovacího režimu, moderních metod čištění spalin od jednotlivých škodlivin i dalších technických opatření a vylepšení. Změnila se i struktura vyráběných produktů. Nejdůležitějšími změnami proti minulosti je výroba a dodávka elektrické energie a tepla v podobě horké vody v rámci jednotky kogenerace a v malé míře dodávka odběratelům teplo v podobě technologické páry. Před výstavbou jednotky kombinované výroby tepla a energetické energie bylo hlavním produktem teplo v podobě páry. ZEVO Malešice v posledním desetiletí prošlo významnými modernizacemi technologie s cílem nejen zefektivnění výroby ale především k její ekologizaci. Při spalování odpadu je nutno věnovat velkou pozornost vzniklým spalinám a klást důraz na jejich důsledné čištění tak, aby dále neznečišťovaly ovzduší.

V ZEVO Malešice jsem se zajímal o moderní metody čištění spalin, konkrétně metody redukce oxidů dusíku a látek PCDD/F. Porovnat tyto metody a jejich efektivitu zejména z hlediska environmentálního i s ohledem i na ekonomickou stránku jsem si zvolil jako téma své bakalářské práce.

## 2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je vedle rešerše k problematice nakládání komunálním odpadem.

- Zdokumentování vývoje technologických opatření, postupů a metod čištění spalin v ZEVO Malešice.
- Zdokumentování technologie energetických zařízení v Liberci, Brně a použitých metod snižování emisí.
- Zdokumentování měření emisí a porovnání s platnými limity znečištění ovzduší pro spalovny odpadů.
- Zdokumentování a porovnání použitých metod redukce od roku 2000 do roku 2013.
- Vyhodnocení efektivity metod redukcí oxidu dusíku a látek PCDD/F v podmínkách ZEVO Malešice.

K dosažení daných cílů byly po prostudování odborných materiálů k dané problematice využity konzultace s příslušnými pracovníky ZEVO Malešice (dále jen ZEVO), vedoucím odboru provozu Ing. Pavlem Beranem, vedoucím ekologem ZEVO Ing. Tomášem Balochem; zástupcem společnosti Emise Redukce Concepty s.r.o. (dále jen ERC) Ing. Františkem Pincem a se zástupci společnosti ZAUNER Anlagenbau G.m.b.H., Dále jsem využil osobních zkušeností a poznatků s uváděním technologií čištění spalin do provozu a interní materiály ZEVO.

Přínosem práce je zdokumentování a vyhodnocení efektivity metod redukcí oxidu dusíku a látek PCDD/F v podmínkách ZEVO Malešice z hlediska ekonomického, především však environmentálního a může být použita jako interní materiál pro public relations.

### 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Historie spalování odpadů, skládkování a energetického využití komunálních odpadů v Evropě, Rakousku – Uhersku, v Československé republice a po roce 1992 v ČR.

#### 3.1 Evropa

Koncem 19 století se všechna velká evropská města potýkala s problémem odpadů z domácností, tržišť a ulic. Na předměstí (obr. č. 4) vybíhaly některé ulice přímo do středu divokých skládek, které byly ohniskem a zdrojem všech možných nemocí.

obr. č. 4 Odvoz komunálních odpadů svozovými vozy z centra měst  
Zdroj: ONLINE: ANONYMUS 1, 2013



Hromadění odpadu v blízkosti běžného života obyvatel, hmyz, hlodavci a prach hygienickou situaci života obyvatel měst zhoršovaly. V polovině 19. století vypukla epidemie cholery, která se stala pravděpodobným důsledkem nedostatečné hygieny a úmrtností. V Anglii probíhaly hygienické průzkumy ve větších městech s hlediska hygieny, zacházení s odpady apod. Výsledky byly neuspokojivé

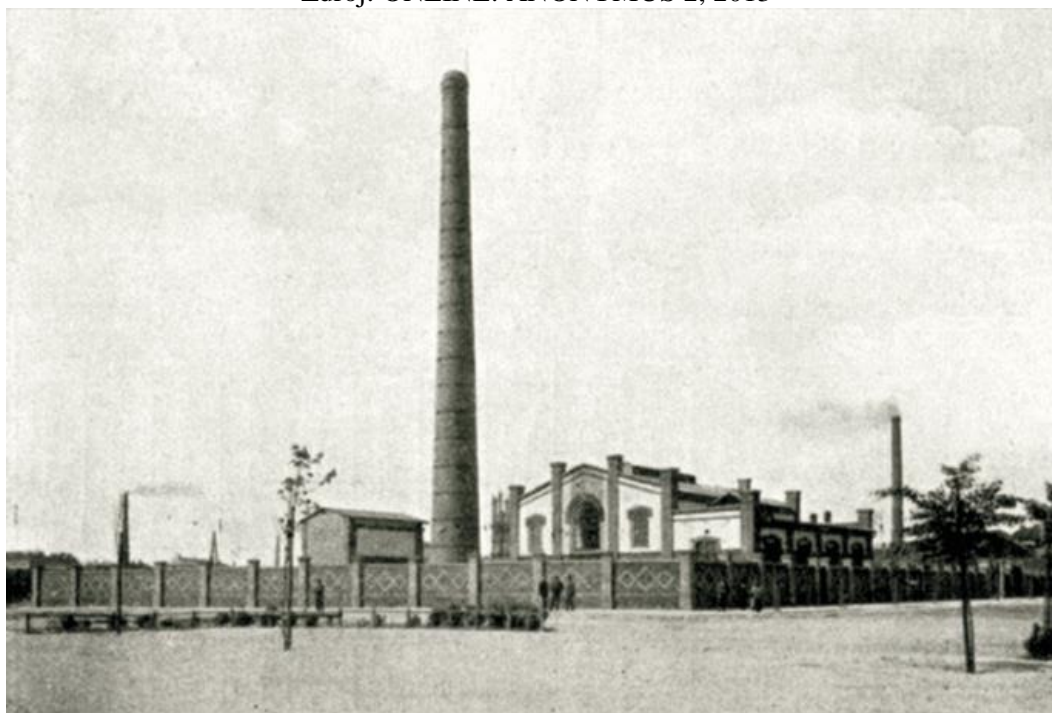
a z dnešního pohledu nevyhovující. Náprava nastala až s postupným budováním efektivního systému nakládání s odpady. Tuhé odpady byly odváženy na skládku, začala se budovat centrální jednotná kanalizace. Kapacita skládek se ale rychlým tempem snižovala. Vyřešení představovalo pálení odpadu radikálně snižující jeho objem. Vznikaly první spalovací místa vybavená rošty, kam byl odpad manuálně dávkován. První velké spalovny vznikly zanedlouho – v letech 1876 a 1877 začaly pracovat ve Velké Británii jako v té době nejrozvinutější průmyslové zemi moderního světa ve Skotsku a severní Anglii. V roce 1892 bylo v Británii už na padesát spalovacích zařízení. Rozvoj spalovacích zařízení nastal i v Německu, kde byly spalovny budovány německými firmami. Ve Švýcarsku byla zprovozněna první spalovna v roce 1904 v Curychu, dodavatelem byla anglická firma Horsfall. Spalovna měla dvanáct spalovacích jednotek s roštem o kapacitě 11 tun odpadu za den (PETZOLD, 1967).

### **3.2 Rakousko – Uhersko a Československá republika**

Pokrok byl dosažen i v českých zemích Rakouska – Uherska. Bylo postaveno první spalovací zařízení na odpady v roce 1905 v Brně (obr. č. 5).

Pro spalovnu byl využit systém firmy Alfons Custodis z Vídně, použitý ve spalovnách

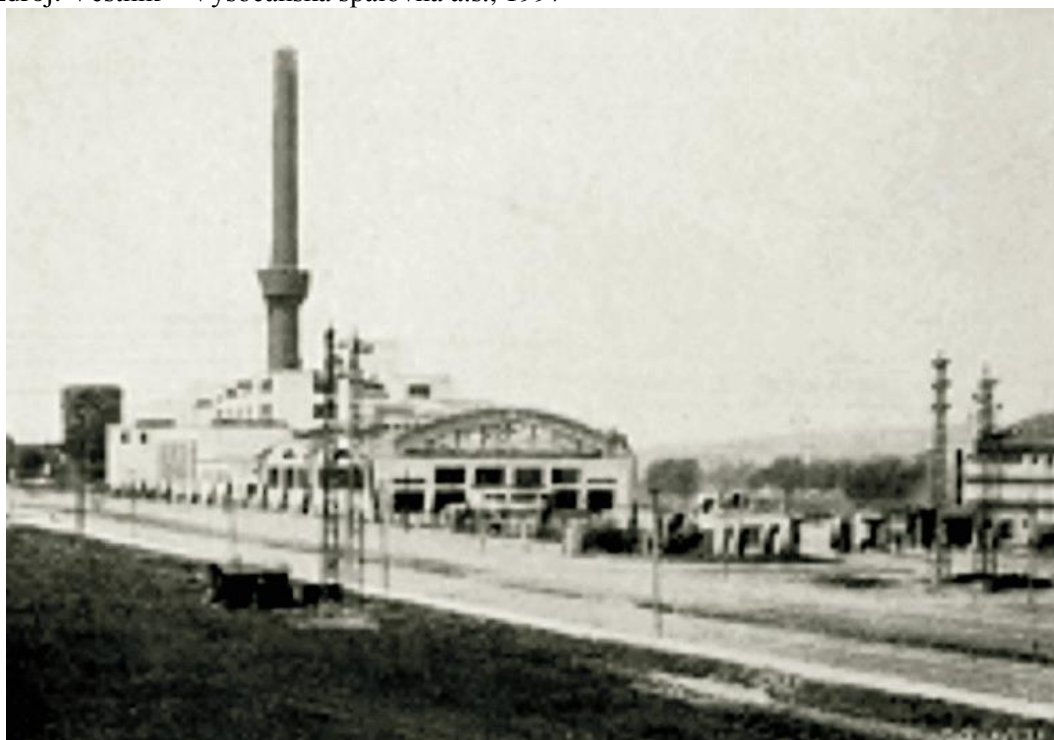
v Německu. Spalovací pec měla sedm spalovacích komor ve spojení s parním kotlem Babcock-Wilcox, Parsonovou turbínou o výkonu 300 kW, a napojením na třífázový generátor střídavého proudu o výkonu 220 kW. Vyrobená energie se používala pro veřejné osvětlení a začínající veřejnou dopravu. Spalovna pracovala v denním 11hodinovém cyklu a zpracovávala průměrně 27,45 tuny odpadu za den. Ve 30. letech minulého století došlo k dostavbě a rozšíření spalovny. Spalovna v Brně sloužila svému účelu až do roku 1941. V posledních dnech 2. světové války byla městská spalovna včetně blízké plynárny a elektrárny při leteckém náletu zničena.



### 3.3 Řešení problematiky komunálního odpadu a jeho využívání v Praze

Počátkem 20. století již zastává v Praze funkci městského inženýra (Ing. Eduard Zika), do jehož kompetence patří i čištění města. Ten konstatuje, že (cit.) „...zužitkování smetků děje se způsobem hospodářským; smetky odvázejí se buď na smetiště, kde se prodávají anebo na nádraží a rozvázejí se na venek; dnes (1908) však poptávka je malá, cena klesá a smetky se hromadí na smetištích, což může vésti ke kalamitě. Je tedy nutno uvažovati o různých způsobech zužitkování smetků a tu jest u nás výhodné buď: třídění nebo spalování...“ (PETZOLD, 1967). Následně, již v samostatné Československé republice, byl vypracován Škodovými závody projekt pražské spalovny. Projekt umístil stavbu budoucí spalovny do prostoru bývalé plynárny v Praze Holešovicích a zahrnoval pouze spalování odpadu. Rozhodnutím magistrátu města ale nakonec realizován nebyl a byl nahrazen. Nový projekt zahrnoval nejen spalování odpadu v parních kotlích, ale řešil problém odpadu kombinací s výrobou tepla. V dalších instalovaných kotlích na uhlí pokryl i potřebu tepla v oblasti pražských Vysočan (obr. č. 6).

obr. č. 6 Vysočanská spalovna z roku 1933  
Zdroj: Věstník – Vysočanská spalovna a.s., 1997



Dalším technickým přínosem Spalovny Praha – Vysočany na světovou špičku bylo využití tepla i pro výrobu elektrické energie v instalovaných kondenzačních turbosoustrojích (obr. č. 7). Samotná výstavba pražské spalovny probíhala v letech 1930 – 33 a do trvalého provozu byla uvedena v 3. čtvrtletí roku 1933. V roce 1936 byla její výroba maximální a bylo v ní spáleno přes 95 000 tun odpadu. Spalovna Vysočany postupem doby prošla dílčími rekonstrukcemi. Její činnost v období druhé světové války byla zaměřena především na výrobu elektrické energie. V poválečné době opět začalo narůstat množství odpadu spáleného ve spalovně, ale výše uvedené množství už dosaženo nebylo. Spalovna se v té době už potýkala s nejrůznějšími technickými a technologickými problémy provozu a i když množství odpadu vyprodukovaného občany hlavního města přibývalo a současně byly prováděny další rekonstrukce zařízení, k dalšímu navýšení výroby nedošlo. Ani generální rekonstrukce zahájená v roce 1959 a dokončená v roce 1978 nepřinesla splnění investičního záměru spálení 150 000 tun odpadu za rok. V rámci generální rekonstrukce ale byly již nově budované kotle vybaveny elektrostatickými odlučovači a tím způsobem byly spaliny zbavovány tuhých částí do té doby volně vypouštěných do ovzduší. Činnost Spalovny Vysočany byla ukončena v roce 1997 (Věstník Spalovna Vysočany a.s., 1997).





### 3.4 Období po II. světové válce - ČSR

Po roce 1948 byl vybudován velmi efektivní systém sběru a využití druhotných surovin (krajské podniky Sběrných surovin); počátkem 50. let existoval i samostatný Výzkumný ústav sběrných surovin. V 60. letech řídí tyto veřejně prospěšné služby civilně správní úsek Ministerstva vnitra ČR, prostřednictvím Výzkumného ústavu místního hospodářství. V roce 1972 se stává ČSSR zakládajícím členem mezinárodní odpadové organizace International Solid Waste Association. Postupně rozšiřovaná síť provozoven Sběrných surovin (6000 obyvatel na jednu provozovnu v polovině 80. let) zajišťovala vysokou míru sběru a využití druhotných surovin, která byla překonána až po roce 2000 zásluhou činnosti Autorizované obalové společnosti. Například v roce 1986 bylo vykoupeno provozovny Sběrných surovin na jednoho obyvatele ČSSR (včetně průmyslových zdrojů) 31,3 kg sběrového papíru, 0,84 kg plastů, 1,64 kg pryže a pneumatik, 4,54 kg skleněných střepek. Celkově bylo využíváno kolem 5 % hmotnosti komunálních odpadů z jejich tehdejší celkové odhadované produkce cca 3 až 3,5 mil. tun. V polovině 80. let zavádí první města (např. Hradec Králové, Vsetín, Plzeň) separovaný sběr do kontejnerových nádob (sklo a později i plasty).

Tradice výroby průmyslových kompostů na území České republiky sahají až do roku 1915, kdy bylo u pražské kanalizační stanice vybudováno zařízení na kompostování čistírenských kalů, popela, uličních smetků a rašeliny, a to na základě projektu docentů pražské německé techniky (Ernesta a Kroulíka). Tato technologie byla úspěšná a od této doby probíhal rozvoj kompostování, a to až do roku 1987, kdy byla zaevidována maximální produkce kompostu 2,8 mil. tun (v českých zemích). Státní podpora kompostování byla intenzivní od roku 1955 až do roku 1989 se snahou o zabezpečení půdní úrodnosti přispívající k soběstačnosti státu při výrobě potravin. V období restrukturalizace zemědělství po roce 1990 klesala výroba průmyslových kompostů a komposty byly využívány pouze k rekultivacím důlních výsypek a skládek odpadů a k zakládání veřejné zeleně. Technologií získání frakcí pro výrobu průmyslových kompostů z komunálních odpadů jsou moderní technologie zpracování, které spočívají v drcení směsných komunálních odpadů a jejich následném prosévání. Vybrané frakce se pak stanou součástmi základky průmyslových kompostů.



### 3.5 Současnost

Po roce 1989 bylo jedním z prvních úkolů v oblasti nakládání s odpadem vytvoření pravidel a zavedení pořádku. Logickým prvním krokem byl zákon o odpadech. Přísným pravidlům byly podřízeny výstavba a provoz skládek odpadů, což způsobilo redukci původního počtu 8600 skládek na území České republiky na stávajících 203 v 179 lokalitách (z toho 143 roce 2010 určených pro odpad kategorie „ostatní“), které již svým provozem a provedením vyhovují platným předpisům. Tržní podmínky umožnily založení soukromých společností pro svoz a skládkování odpadů, modernizaci sběrných systémů i systémů pro svoz odpadů a rozvoj podnikání ve sběru a zpracování druhotných surovin. Nadnárodní společnosti přinesly do ČR nejen dostatek kapitálu k modernizaci technické vybavenosti (svoz a skládkování), ale i moderní know-how. Negativní stránkou vývoje byla „demontáž“ jednotně technicky i odbytově řízených podniků Sběrné suroviny. V roce 1994, kdy byla přijata Evropská směrnice o obalech a obalových odpadech, bylo již jasné, že Česká republika jako tehdy přidružený člen EU bude muset řešit zpětný odběr a využití obalových odpadů na principu odpovědnosti původců obalům. S přípravou na vstup ČR do EU a s potřebou budoucí transpozice směrnice o obalech a obalových odpadech byla v roce 1997 založena společnost EKO-KOM, a. s., s cílem vytvořit systém Zeleného bodu v ČR – v následujících letech byla vydána vládou ČR jako zákon č. 477/2001 Sb., v platném znění o obalech. Společnost zahájila pilotní projekty na ověření různých způsobů tříděného sběru odpadů a zajišťovala dobrovolně i výchovné a osvětové aktivity s cílem podporovat třídění využitelných složek komunálního odpadu. České průmyslové sdružení pro obaly a životní prostředí a Ministerstvo životního prostředí uzavřely v roce 1999 dobrovolnou dohodu o uplatňování směrnice č. 94/62/ES, o obalech. Ve své práci uvádím údaje společnosti EKO-KOM o přibližném složení komunálního odpadu ve městech i na venkově v několika časových obdobích pro ilustraci trendů jednotlivých komodit odpadu, tak jak spotřebitelé odpad produkují.

## 4 ODPAD, JEHO OZNAČENÍ, SLOŽENÍ A VYUŽITÍ

### 4.1 Co je komunální odpad?

V Katalogu odpadů (dle vyhlášky č. 381/2001 Sb., v platném znění) jsou komunální odpady uvedeny ve skupině 20 „Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů), včetně složek z odděleného sběru“. Odpadem podobným komunálnímu odpadu se rozumí odpad podobného složení jako komunální odpad zařazený do skupiny 20 vznikající při nevýrobní činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. Do skupiny 20 se zařadí odpady pouze v tom případě, jedná-li se o odpady komunální nebo o odpady charakteru komunálního odpadu vznikající při nevýrobní činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání (např. v kancelářích, školách),

Komunální odpad se dále zařazuje do 3 podskupin:

- 20 01 ..... Složky z odděleného sběru  
(kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01)
- 20 02 ..... Odpady ze zahrad a parků  
(včetně hřbitovního odpadu)
- 20 03 ..... Ostatní komunální odpady

tab. č. 2 Složení komunálního odpadu  
Zdroj: ONLINE: EKO-KOM a., 2012

Látková skupina	Průměrná podíl látkových skupin v komunálních odpadech z domácností (% hmotností)		
	<i>Sídlištní zástavba</i>	<i>Smíšená zástavba</i>	<i>Venkovská zástavba</i>
<b>Papír / lepenka</b>	25,7	22,58	7,79
<b>Plasty</b>	16,76	17,58	9,75
<b>Sklo</b>	11,7	7,82	4,87
<b>Kovy</b>	1,58	2,13	2,6
<b>Bioodpad</b>	15,64	21,84	11,69
<b>Textil</b>	4,47	3,98	2,27
<b>Minerální odpad</b>	2,24	0,71	6,82
<b>Nebezpečný odpad</b>	0,56	0,31	0,32
<b>Spalitelný odpad</b>	10,61	12,37	9,42
<b>Elektro</b>	0,56	0,46	0,32
<b>Zbytek 20 - 40 mm</b>	5,03	4,68	4,87
<b>Zbytek 8 - 20mm</b>	2,79	3,22	7,79
<b>Frakce do 8 mm</b>	2,79	2,54	31,49
<b>Celkem</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

tab. č. 3. Složení komunálního odpadu  
Zdroj: ONLINE: EKO-KOM b., 2012

Složka	Průměrné složení [w%]
<b>Papír</b>	13
<b>Plasty</b>	12
<b>Textilie</b>	7
<b>Biologicky rozložitelný odpad</b>	25
<b>Sklo</b>	4
<b>Kovy</b>	2
<b>Nápojový karton</b>	2
<b>Ostatní</b>	35

tab. č. 4 Produkce komunálního odpadu v jednotlivých zástavbách v %  
Zdroj: ONLINE: EKO-KOM c., 2012

Látková skupina	Byt. domy (CZT)	Venkovská zástavba	Průměr ČR
Papír/Lepenka	6,4	13,2	11,8
Plasty	8,6	12,3	11,5
Sklo	4,1	5,5	5,2
NK	0,7	0,9	0,9
Kovy	2,9	2,4	2,5
Vytříditelný BIOODPAD	21,0	24,6	23,8
Textil	3,9	6,0	5,6
Minerální odpad	6,1	2,9	3,6
Nebezpečný odpad	0,3	0,7	0,6
Spalitelný odpad	10,0	10,3	10,2
Elektrošrot	0,7	1,1	1,0
Frakce do 40mm	7,2	13,8	12,4
Frakce 8-20mm	7,9	3,3	4,2
Frakce do 8mm	20,1	3,1	6,7
<b>Celkem</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

tab. č. 5 Produkce komunálního odpadu v kg/obyvatel/rok  
Zdroj: ONLINE: EKO-KOM d., 2012

Látková skupina	Byt. domy (CZT)	Venkovská zástavba	Průměr ČR
Papír/Lepenka	35,4	42,8	41,3
Plasty	31,6	31,3	31,4
Sklo	21,7	20,9	21,1
NK	2,3	2,0	2,0
Kovy	8,2	4,6	5,3
Vytříditelný BIOODPAD	58,3	47,2	49,6
Textil	10,8	11,5	11,6
Nebezpečný odpad	1,4	1,7	1,6
<b>Ostatní odpad</b>	<b>144,5</b>	<b>66,2</b>	<b>82,6</b>

tab. č. 6 Objemová hmotnost-hustota odpadů při sběru v jednotlivých zástavbách v kg/obyvatel/rok

Zdroj: ONLINE: EKO-KOM e, 2012)

<b>Průměrná produkce komunálních odpadů</b>	350-400kg/oby/rok
<b>Průměrná produkce domovních odpadů</b>	220-320kg/oby/rok
<b>Průměrná produkce využitelných složek - papír, sklo, kovy</b>	90-120kg/oby/rok
<b>Průměrná produkce nebezpečného odpadu</b>	0,3-2kg/oby/rok
<b>Průměrná produkce objemného odpadu</b>	25-60kg/oby/rok
<b>Průměrná produkce uličních smetků</b>	10-15kg/oby/rok
<b>Průměrná produkce živnostenských odpadů</b>	70-120kg/oby/rok
<b>Průměrná produkce kompost. odpadů</b>	15-30kg/oby/rok

#### 4.1.1 Porovnání trendů zastoupení jednotlivých frakcí odpadu analýzou dat

V sídlištní zástavbě vzrůstá podíl papíru, plastů i skla. Podíly ostatních látkových skupin včetně bioodpadů mírně klesají. Pokles bioodpadů je přirozeným projevem nárůstu ostatních využitelných složek v látkové bilanci komunálních odpadů z domácností. Ve smíšené městské zástavbě dochází k poklesu jemných podílů. Vzrůstá podíl spalitelných materiálově nevyužitelných odpadů a podíl bioodpadů. Výskyt papíru, plastů a skla zůstává téměř beze změny. Ve venkovské zástavbě, obdobně jako ve smíšené zástavbě, byl zaznamenán pokles jemných podílů a nárůst spalitelných odpadů a bioodpadů. Významně však také vzrostl podíl plastů a poklesl podíl skla.

#### 4.1.2 Využití komunálního odpadu

V Evropě existuje řada zákonů, nařízení a směrnic v oblasti odpadů – (ISNO – Integrovaný systém nakládání s odpady - EU, Směrnice Rady č. 2000/76/EC o spalování odpadu aj.), které ukládají za povinnost členským zemím Unie implementovat systémy s nakládáním a využitím odpadu do jejich legislativ. Evropská unie požaduje po svých členských státech, aby skládkování odpadů radikálně omezily, výrazně zvýšily podíl recyklovatelných prvků a teprve prvky nerecyklovatelné zpracovaly termicky. Ukládá nám to evropská směrnice č. 99/31/ES. Směrnice o spalování odpadů EU stanovuje termíny týkající se redukování množství odpadu určeného ke skládkování:

- 2010 o 25 % méně biologicky rozložitelných odpadů než v roce 1995,
- 2013 o 50 % méně biologicky rozložitelných odpadů než v roce 1995,
- 2020 o 65 % méně biologicky rozložitelných odpadů než v roce 1995.

Způsob, jakým je odpadové hospodářství organizováno v ČR, určuje zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., v platném znění. V České republice jako průmyslově vyspělé zemi středoevropského regionu musel stát řešit problematiku nakládání s komunálním odpadem (VRBOVÁ, 2009). V první řadě snahou o omezení jeho tvorby (dle zákona), primárním hrubým tříděním odpadu občany (v roce 2010 vytrídil každý Čech průměrně 38,9 kg odpadů, 68 % obyvatel ČR aktivně třídí odpady, bylo 72 % obalů využito a recyklováno dle údajů EKO-KOM (2011), dále recyklací recyklovatelných frakcí odpadu a např. i povinností výrobců odebrat zpět k využití obaly apod.), využitím vhodných částic ke kompostaci a konečně energetickým využitím a konečným odstraněním nevyužitelných zbytků z procesu spalování. Jako se třídí využitelné složky odpadů – papír, sklo, kovy, textil, jiné části odpadu – biologicky rozložitelné se kompostují v kompostárnách. Použití odpadu resp. jeho specifických částí vhodné (uvedené níže) pro kompostování se stává skutečností a jeho podíl na celkovém objemu nakládání s odpady stále vzrůstá.

#### **4.2 Kompostování odpadu, co lze kompostovat a dále využívat z komunálního odpadu?**

Biologický odpad přijímají kompostárny. Ty slouží také k odkládání a zpracování bioodpadu z údržby zeleně.

V kompostárně se přijímá tento bioodpad:

- odpad z rostlin (rostlinných pletiv): zejména tráva, listí,
- zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy),
- odpad ze zahrad a lesnictví: především dřevo (nelakované, neimpregnované) a kůra, větve, pařezy, kořeny,
- organické hmoty z přírodních produktů: například tuk, vosk,
- produkty vyhnívání z anaerobního zpracování živočišného a rostlinného odpadu,
- odpady z destilace lihovin,
- kompost nevyhovující jakosti,
- biologicky rozložitelný odpad,
- zemina,
- kameny.

V Praze byl problém ukládání a využití komunálního odpadu řešen nejdříve z důvodu značných nákladů na stavbu nové spalovny zřízením skládky inertních a komunálního odpadů v Ďáblicích. Dne 30. 6. 1992 bylo vydáno Rozhodnutí o umístění stavby a 19. 3. 1993 Stavební rozhodnutí. Skládka byla uvedena do trvalého provozu kolaudačním Rozhodnutím 8. 10. 1993 a je funkční dodnes. Kapacita skládky musela být postupem času na základě dalších rozhodnutí rozšiřována, jednotlivé části byly rekultivovány, ale toto řešení ale nemohlo zůstat konečným.

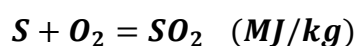
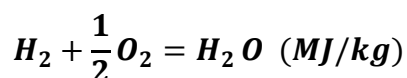
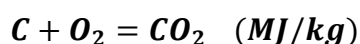
Legislativa zabývající se problematikou odpadu v České republice:

- Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech a některých změnách dalších zákonů, v platném znění (dále jen zákon o odpadech).
- Vyhláška č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání s odpady.
- Vyhláška č. 381/2001 Sb. kterou se stanoví Katalog odpadů.
- Vyhláška č. 376/2001 Sb. o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů.
- Zákon č. 477/ 2001Sb. o obalech a změně některých zákonů, v platném znění.
- Směrnice Rady 99/31/EC o skládkách odpadu.
- Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu.
- Směrnice Rady 99/31/EC o skládkách odpadu.

## 5 SPALOVÁNÍ ODPADU, JEHO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ A OCHRANA OVZDUŠÍ

Významným způsobem zpracování komunálního odpadu se v současnosti i s výhledem do budoucnosti jeví jeho energetické využití. V ČR je v současnosti provozováno přes 340 větších i menších (co se týče výše objemu přijímaného odpadu) zařízení na energetické využití komunálního odpadu termickým zpracováním – spálením, využitím vzniklého tepla pro technologické potřeby a následně i energie elektrické v různém stupni poměru výroby jednotlivých energií (ANONYMUS 3, 2013). Tepelný způsob využití komunálního odpadu je spolu s látkovým využitím nejvýznamnějším způsobem využití těchto druhů odpadů a svým dosahem je tak schopen zajistit v reálném čase a místě i minimalizaci jeho objemu.

Spalování odpadu (DAMGAARD, A., et al., 2010) je složitým procesem už vzhledem k jeho nehomogennímu složení. V jednotce odpadu jsou obsaženy nejrůznější organické a anorganické látky). Složení odpadu se neustále mění jak podle ročního období, podle lokality, kde byl odpad odebrán, tak také nekázní spotřebitele, který ukládá do svozových nádob i odpady, které do kategorie “komunální odpad” nepatří. Spalovací proces, jehož účelem je uvolnění energie chemicky vázané ve spalovaném odpadu, není absolutně dokonalý a jako u každého technologického procesu uniká část vstupujících surovin, meziproductů, dalších odpadů i energie do ovzduší. Spalování je chemická řetězová reakce, probíhající v několika stupních za sebou, kdy dochází ke slučování chemických látek za intenzivního vývinu tepla, které způsobuje rychlé zvýšení teploty reagujících příměsí v odpadu. K uvolnění energie chemicky vázané v odpadu, jestliže ho chápeme pro jeho využití jako palivo, se využívá chemických reakcí uhlíku, vodíku a síry s kyslíkem dle těchto základních energetických bilancí:





Zdrojem hořlavých prvků jsou organické prvky v odpadu obsažené, zdrojem kyslíku je vzduch. Odpad je tedy tvořen hořlavými látkami i látkami nehořlavými. Kyslík můžeme určitě chápat jako hořlavinu. Přítěž představují látky nehořlavého původu – voda, popel aj. vznikající plyny a vznikající vodní pára. Při dokonalém spalování se všechny hořlavé složky paliva okysličují na konečné produkty ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ), při nedokonalém spalování zůstávají v plynných spalinách nespálené složky ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}$  a  $\text{NO}_2$ ,  $\text{C}_x\text{H}_x$ ) a nespálený uhlík. (STEHLÍK, 2008)

Značný důraz při provozu spaloven je kladen na funkční moderní technologie čištění spalin. Každé zařízení, které něco spaluje, má ve spalinách látky pro životní prostředí škodlivé – škodliviny. Pro energetická zařízení stanovuje naše legislativa obecné a specifické emisní limity znečišťujících látek, odcházejících do ovzduší. Pro spalovny komunálních odpadů stanovuje tyto limity vyhláška č. 415/2012 Sb., v platném znění o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně životního prostředí.

### **5.1 Legislativa zabývající se ochranou ovzduší:**

- Zákon č.201/2012 Sb. o ochraně ovzduší v platném znění (dále jen zákon o ochraně ovzduší).
- Vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně životního prostředí (dále jen vyhláška o přípustné úrovni znečišťování).
- Zákon o integrované prevenci a omezení znečištění č. 76/2002 Sb., v platném znění.
- Směrnice EU č. 96/61/ES o integrované prevenci znečištění.

Specifické emisní limity pro stacionární zdroje spalující komunální odpad – dle vyhlášky o přípustné úrovni znečišťování, příloha č. 4, část 1, bod 1 – tab. č. 7. Emisní limity pro spalovny odpadu jsou vztaženy k celkové jmenovité kapacitě, na normální stavové podmínky (teplota 273,15 K, tlak 101,325 kPa a referenční obsah kyslíku 11 %).

tab. č. 7 Emisní limity pro znečišťující látky zjišťované primárně jednorázovým měřením:  
PCCD,F – 0,1ng TEQ/m<sup>3</sup>

Zdroj: Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování

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

Emisní limit při kontinuálním měření emisí na stacionárních zdrojích tepelně zpracovávajících odpad je považován za splněný, pokud jsou splněny tyto podmínky (dle vyhlášky o přípustné úrovni znečišťování).

- Žádná z platných denních průměrných hodnot nepřekročí hodnoty specifických emisních limitů.
- Žádná z platných půlhodinových průměrných hodnot nebo v případech, kdy je to relevantní, 97 % ze všech půlhodinových průměrných hodnot v kalendářním roce nepřekročí žádnou hodnotu specifických emisních limitů.
- 97 % všech denních průměrných hodnot koncentrací oxidu uhelnatého v kalendářním roce nepřekročí hodnotu specifického emisního limitu.
- 95 % desetiminutových průměrných hodnot nebo všechny půlhodinové průměrné hodnoty koncentrací oxidu uhelnatého za období 24 hodin nepřekročí specifické emisní limity, u zdrojů u nichž je teplota spalin minimálně 1100 °C po dobu aspoň 2 sekund, může být použito pro vyhodnocení desetiminutových průměrů sedmidenní hodnotící období.
- Za kalendářní rok není z důvodu poruchy nebo údržby systému kontinuálního měření vypuštěno více než 10 platných denních průměrných hodnot.

Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování dále v příloze č. 4, část II o technických podmínkách provozu stanovuje:

1. V zásobníku odpadu stacionárních zdrojů tepelně zpracovávajících komunální odpad je trvale udržován podtlak a odsávaný vzduch je přiváděn do ohniště.

Pokud neprobíhá spalování, vzduch odsávaný ze zásobníku odpadu se odvádí do výduchu v rámci povolení provozu.

2. Stacionární zdroje zpracovávající odpad se konstruují způsobem, který zaručuje, že:
  - Spalovny odpadu je zajištěna dostatečná doba setrvání tepelně zpracovávaného odpadu v prostoru, kde dochází k tepelnému zpracování, za účelem dokonalého vyhoření nebo tepelného rozkladu tak, aby struska a popel obsahovaly méně než 3 % celkového organického uhlíku nebo aby ztráta žíháním byla menší než 5 % hmotnosti suchého materiálu.
  - Odpadní plyn je za posledním přívodem spalovacího vzduchu řízeným způsobem ohřát na ve všech místech profilu toku odpadního plynu, a to i za nejméně příznivých podmínek, na teplotu min. 850 ° C po dobu nejméně dvou sekund, měřeno v blízkosti vnitřní stěny nebo v jiném reprezentativním místě spalovací komory schváleném v rámci Povolení k provozu, pokud se spaluje nebezpečný odpad s obsahem organických sloučenin chlóru vyjádřených jako chlór s vyšším obsahem 1 %, musí tato teplota dosáhnout nejméně 1 100 °C po dobu nejméně dvou sekund.
- Ve spalovací komoře odpadu se automaticky zapne nejméně jeden pomocný plynový hořák v každé spalovací komoře, který nesmí spalovat odpad, jehož spálením by vznikly vyšší emise než ze spalování plynového oleje, zkapalněného plynu nebo zemního plynu v těchto případech:
  - Během uvádění stacionárního zdroje tepelně zpracovávajícího odpad do provozu a za jeho odstavování s cílem zajistit, že stanovená teplota bude v prostoru, v němž dochází k tepelnému zpracování, udržena po celou tuto dobu, dokud je v daném prostoru nějaký nespálený odpad.
  - Pokud teplota odpadního plynu po posledním vstřiku spalovacího vzduchu poklesne pod stanovenou teplotu 850 °C nebo 1100 °C podle tepelně zpracovávaného odpadu nebo

- Pokud kontinuální měření emisí prokáže překročení některého ze specifických emisních limitů
- Při uvádění stacionárního zdroje do provozu a při jeho odstavování, v případě poklesu teploty pod stanovenou minimální mez pod 850 °C nebo v případě překročení některého ze specifických emisních limitů bude automaticky zabráněno přívodu odpadu do prostoru, kde dochází k tepelnému zpracování přímou oxidací.

## **5.2 Úvod do problematiky snižování emisí vzniklých při spalování – tepelném využití odpadu**

Vědní obory zabývající se spalovacími procesy odvíjejí svou historii od průmyslového rozšíření spalovacího procesu jako zdroje páry – ušlechtilé formy energie v období vynálezu parního stroje. Po rozšíření spalovacích režimů vůbec na konci 19. století se veškerá snaha o zdokonalení a zefektivnění spalování orientovala na hledání dostupného a levného paliva (ONLINE: KÓL, 2011). Byla spalována především pevná paliva, nacházející se v příslušné lokalitě nebo v minimální dosažitelnosti. Kvalita paliv byla velice různorodá, a proto vzrůstaly požadavky na technickou konstrukci spalovacích zařízení. Tento stav byl vyvolán současně i tlakem z druhé strany – technickým vývojem na straně odběru vyrobené energie, vyžadujícím nárůst a kvalitu parametrů vyráběného média. Toto období je charakteristické pro první polovinu 20.století, kdy dochází i především k zefektivnění záchytu tuhých látek ze spalin kotlů a pecí. Hledání alternativních paliv za dosud nejrozšířenější pevná paliva bylo vynuceno také hospodářskou krizí z 30. let minulého století, světovými válkami. Veškeré kvalitnější a ušlechtlejší palivo bylo totiž využíváno pro zvýšení i výroby oceli pro potřeby zbrojního průmyslu. Hořlavé zbytkové plyny z technologických procesů – např. svítíplyn z oblasti plyných paliv a některé vybrané druhy ropných derivátů na straně kapalných paliv byly přínosem, ale samy o sobě nemohly výrazněji situaci na trhu s palivy zásadně ovlivnit. Snahu o určitou náhradu pevných paliv současně s montáží přídavných odprašovacích technologií na stávající zařízení spalující pevná paliva můžeme považovat za první výrazně ekologizační prvky v oblasti spalovacích procesů (ADECOTT et NOTT, 2008). Tento trend pokračoval zvýšeným tempem i v poválečné období, kdy došlo k výraznému rozšíření spalování kapalných paliv. Tímto způsobem byla řešena potřeba zlepšit zhoršující se situaci s kvalitou ovzduší

zejména ve velkých průmyslových oblastech s velkými energetickými zdroji spalujícími pevná paliva. Nastoupené ekologizační trendy byly v závěru 70. let podpořeny znepokojujícím stavem ovzduší. Díky probíhajícímu technickému rozvoji i v oblasti měřicí a přístrojové techniky byly záležitosti složení spalin a toxicity jednotlivých, v nich obsažených složek identifikovány (PACHALY, 1991). Vzhledem ke stále častějším a dlouhodobým stavům těžkých smogových situací a rychle postupujícímu odumírání lesních porostů dochází v USA a Japonsku k tvorbě příslušné legislativy a stanovení emisních limitů pro nejvíce škodlivé látky (BROWER, 1996). V krátké době přebírají tuto zkušenost i země západní Evropy. Stanovení emisních limitů a povinnost jejich striktního dodržování umožnilo zejména formou zvýšeného objemu finančních prostředků urychlit další postup ekologizace spalovacích procesů, který sestával i nadále z následujících trendů (PINC, 1998):

1. Zdokonalení technologie spalování i vlastního konstrukčního řešení spalovacích zařízení.
2. Výstavba dodatkových technologií omezující výskyt škodlivin ve spalinách.
3. Náhrada fosilních paliv palivy ušlechtilými.
4. Přechod na alternativní druhy energií.

Hodnotíme-li tato prováděná opatření z hlediska vzniku a místa řešení problému v průběhu spalovacího režimu můžeme o řešeních obsaženými pod body 1. a 3. říci, že svým charakterem brání vzniku škodlivin při vlastním průběhu spalování. Zatím co řešení pod bodem 2. se snaží odstranit škodliviny ze spalin (KUKON, 1977). Z tohoto důvodu nazýváme první skupinu opatření jako opatření primární a skupinu druhou jako opatření sekundární (PINC, 1998). Spolu s růstem našich znalostí o škodlivosti dalších a dalších prvků a sloučenin přecházejících ze zplodin hoření do ovzduší se rozšiřují obě skupiny o další konstrukční řešení a technologie, které se snaží negativní působení spalovacích procesů na blízké a i vzdálené okolí těchto energetických provozů omezit.

### **5.3 Charakteristika studijního území**

Zařízení na energetické využití odpadu Malešice v Praze 10, Průmyslová ulice 615/32 (obr. č. 8).

obr. č. 8 Mapa – Malešice, Praha 10  
Zdroj: ONLINE: MAPY, 2013

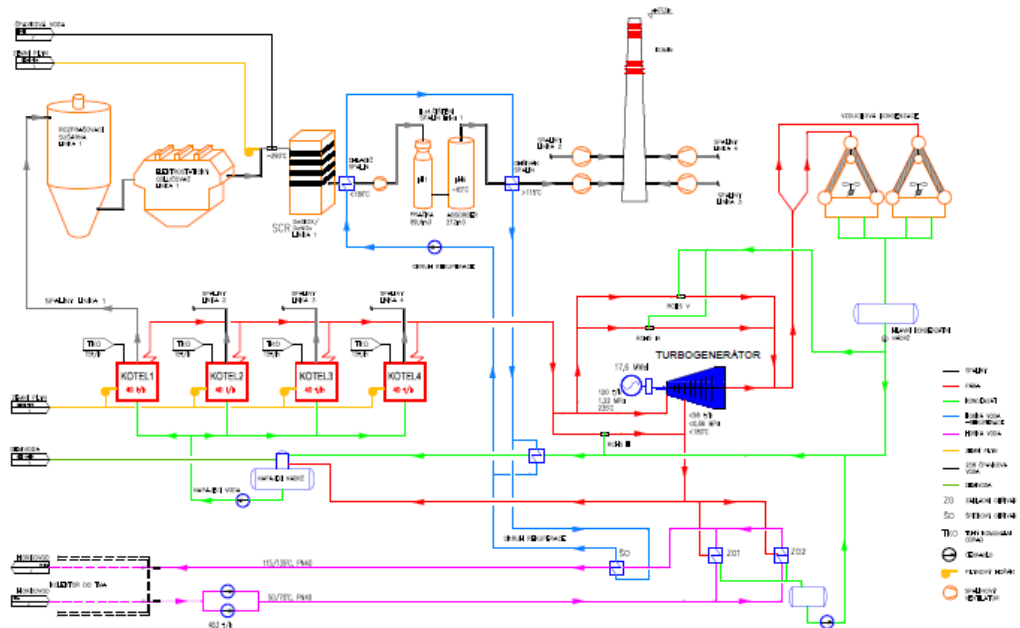


ZEVO Malešice je jedním ze závodů společnosti Pražské služby a.s. Nalézá se v průmyslové oblasti Prahy 10 v blízkosti velkých silničních tahů směrem na Kolín a komunikací pražského silničního okruhu. Ovzduší v této lokalitě je negativně ovlivňováno výfukovými zplodinami z automobilové dopravy především oxidy dusíku (ONLINE: ENVIS, 2013). Obydlenost území je poměrně nízká.

obr. č. 9 Zařízení pro energetické využití odpadu Malešice Praha - Pražské služby a.s.  
Zdroj: autor práce, 2012



obr. č. 10 Schéma výrobního procesu ZEVO Malešice  
Zdroj: Provozní řád ZEVO Malešice, 2012



### ZEVO Malešice – vývoj

- položení základního kamene – rok 1988,
- zkušební provoz – rok 1997,
- uvedení do trvalého provozu – rok 1998.

### Roční bilance odpadů

- projektovaná kapacita – 310 000 t/h,
- objemová kapacita zásobníku odpadu 11.000 m<sup>3</sup>,
- pro ekv. obyvatel – 1 187 739,
- uvažovaná výhřevnost 1 kg odpadu 9,8 MJ/kg.,
- produkce škváry – 75 000t,
- produkce popílku – 6000t,
- produkce kovů – 4000t.

### Instalovaná technologie – základní výbava (z doby výstavby)

- systém řízení – řídicí systém NS 905 ( mozaika ) – od roku 1997.
- čtyři spalovací linky o kapacitě každé 15t odpadu /h.
- parní kotel o parametrech: Q = 40t/h, T = 235<sup>0</sup> C, P = 1,37Mpa ).
- uvažovaná výhřevnost 1 kg odpadu 9,8Mj/kg.
- Instalován statický elektroodlučovač (EO):

- odlučované látky – TZL,
  - počet sekcí – 3,
  - teplota spalin – 220<sup>0</sup> C,
  - účinnost odloučení – 99,99 %.
- dvoustupňová mokrá vypírka spalin – předpračka a absorbér s cca 12% vápenným mlékem:
    - I. stupeň – předpračka s vypírací suspenzí Ca(OH)<sub>2</sub> v prostředí PH < 1, pro odloučení HCL,těžké kovy,PCDD/F - účinnost odloučení HCL - > 90 %
    - II. stupeň – absorbér s vypírací suspenzí Ca(OH)<sub>2</sub> v prostředí PH 6, - pro odloučení: SO<sub>x</sub> , těžké kovy, PCDD/F ,účinnost odloučení > 99%

### Modernizace technologie

- Implementace metody SNCR DeNO<sub>x</sub> – rok 2000, Instalována technologie selektivní nekatalytické redukce s nástřikem 40% roztoku vody a močoviny do spalin kotle při teplotě 850 – 1 000 °C.
- Aplikace aktivního uhlí do vápenné suspenze (směs Sorbalit) – rok 2000 – adsorpcí s dosažením účinnosti snižování PCDD/F v hodnotě 80 – 90 % emisního limitu.
  - **I. stupeň** – předpračka s vypírací suspenzí Ca(OH)<sub>2</sub> + 10% aktivní uhlí v 15 – 20 % vodné suspenzi v prostředí PH < 1, pro odloučení HCL, těžké kovy, PCDD/F s účinnost odloučení HCL > 90%.
  - **II. stupeň** – absorbér s vypírací suspenzí Ca(OH)<sub>2</sub> + 10% aktivní uhlí v 15 – 20 % vodné suspenzi v prostředí PH 6, - pro odloučení: SO<sub>x</sub> , těžké kovy, PCDD/F ,účinnost odloučení > 99 % .
  - Řídící systém ŘS Delta V – náhrada mozaikového systému počítačového systému NS 905 počítači s možnou dálkovou a přímou obsluhou zařízení s ukládáním a historizací dat na serverech včetně jejich exportu rok2000.
- SCR DeDiox technologie – rok 2007.



- Kogenerační jednotka – Parní turbogenerátor o výkonu 17,1MW s neregulovaným odběrem páry – rok 2010
- Kogenerační jednotka:
  - max. tepelný výkon 24MW,
  - teplo do veřejné sítě 850TJ / rok,
  - spotřeba tepla 60TJ,
  - vyrobená elektřina 70 000MWh,
  - elektřina do veřejné sítě 35 000MWh,
  - turbogenerátor,
  - typ turbíny – kondenzační, odběrová,
  - max. el. výkon 17,1MW,
  - jm. tlak 1,12MPa,
  - jm. teplota admisní páry 235<sup>0</sup> C,
  - hltnost při max. výkonu 119t.h<sup>-1</sup>.
- SCR DeNOx technologie – 2010, selektivní katalytická redukce (SCR) s nástřikem NH<sub>3</sub> – 25 % roztoku do horkých spalin o teplotě cca 280 °C před keramickým katalyzátorem s účinnými složkami oxidů Vanadu (V) a Wolframu (W).

### **Emise vyprodukované ve spalinách ZEVO**

Znečištěním se rozumí jak úniky vybraných chemických látek do ovzduší, vody a půdy, tak přenosy znečišťujících látek v odpadních vodách a v odpadech, a přenosy množství odpadů, a to nebezpečných i ostatních (ONLINE:CENIA, 2013)

Proč někdy používáme označení spalovna a někdy zařízení na energetické využití odpadu? Spalovna je technické zařízení odstraňující odpad tepelným zpracováním. ZEVO znamená zařízení na energetické využití odpadu zpracováním za vzniku energií, které lze dále využívat dle zákona o odpadech. Označení určuje hodnota energetické náročnosti dle koeficientu R1 dle zákona o odpadech. Tento koeficient nesmí být nižší než hodnota 0,6. Pro výpočet jsou zahrnuta veškerá dostupná data o spotřebách a produkcích energií v závislosti na přijatých palivech a využitém odpadu. Vypočítaný koeficient R1 je výpočtem z produkcí a spotřeb a vychází 0,67. Provoz ZEVO je z hlediska energetické náročnosti neustále optimalizován, přičemž vliv na účinnost má zejména vlhkost obsažená v odpadu v závislosti na účinnosti kotlů.

tab. č. 8 Výpočet koeficientu R1  
 Zdroj: Zákon. č. 185/2001 Sb., o odpadech

<b>Teoretický výpočet koeficientu R1</b>			
<b>E<sub>p</sub></b>	teplo a elektřina pro komerční účely	GJ/rok	2 099 200
	vyrobené teplo	GJ/rok	1 100 000
	vyrobená elektřina	MW/rok	95 000
<b>E<sub>f</sub></b>	import. palivo	GJ/rok	36 000
	spotřeba ZP	MWh/rok	10 000
<b>E<sub>i</sub></b>	import. energie	GJ/rok	340 000
	spotřebované teplo	GJ/rok	250 000
	spotřebovaná elektřina	MWh/rok	25 000
<b>E<sub>w</sub></b>	energie v odpadu	GJ/rok	294 000
	množství odpadu	t/rok	300 000
	prům. výhřevnost	GJ/t	9,8
<b><math>R1 (E_p - (E_f + E_i)) / (0,97(E_w + E_f)) = 0,67</math></b>			

## 6 METODIKA

Základem pro vypracování mé bakalářské práce bylo studium zákonů, vyhlášek a nařízení vlády, zabývajících se ochranou ovzduší, vznikem a nakládání s odpady. Prostudoval jsem literaturu domácích i zahraničních autorů zabývajících se čištěním spalin, spolupracoval jsem a konzultoval problematiku s hlavním ekologem ZEVO Malešice.

Údaje o složení odpadu jsem zjistil konzultací s pracovníky společnosti EKO-KOM. Prostudoval jsem i dostupné internetové zdroje, týkající se historie nakládání s odpady z přelomu 19. a 20. století až do doby po II. světové válce v Evropě i Čechách a další dostupnou literaturu.

ZEVO Malešice jako zdroj znečištění ovzduší se řídí specifickými emisními limity. Technický vývoj ZEVO Malešice se z hlediska ochrany životního prostředí jeví jako dynamický, vlivem zavádění nových moderních technologií na snižování emisí oxidů dusíku a látek PCDD/F plní legislativní požadavky na čištění spalin. Do nově zavedených moderních technologií jsem zahrnul i nový řídicí systém spalování, díky němuž lze efektivněji plánovat výrobu, předcházet závadám, sledovat nejrůznější trendy, archivovat a exportovat data, údaje aj. V minulých dvou letech jsem se aktivně podílel na uvedení do provozu kogenerační jednotky pro kombinovanou výrobu elektrické energie a tepla. Při té příležitosti jsem konzultoval možné způsoby snižování emisí vzniklých při spalování odpadu se zástupci dodavatelských firem.

Zúčastňoval jsem se odborných seminářů pořádaných státními orgány - Ministerstvem průmyslu, Ministerstvem životního prostředí, odborných seminářů výrobců a dodavatelů energetických zařízení. Dále jsem čerpal z podkladů uveřejněných orgány provozovatelů spaloven – org. STEO (Sdružení provozovatelů technologií pro ekologické využívání odpadů). V oboru tepelného využití odpadu pracuji od roku 1984 dosud nejprve jako vedoucí směny a krátkodobě i jako technik investičního oddělení ve Spalovně Vysočany a od roku 1997 ve funkci technik energetických provozů v ZEVO Malešice a získal jsem mnoho praktických zkušeností. V roce 2007-2009 jsem absolvoval Energetický institut ČVUT se zaměřením na energetiku a ochranu životního prostředí. V ZEVO Malešice jsem se

přímo účastnil instalace a uvedení do provozu níže uvedených metod snižování emisí oxidů dusíku z hlediska provozovatele.

Navštívil jsem spalovny v Brně, Bratislavě a Liberci, kde jsem se zajímal, jaká moderní technologie čištění spalin je zde používána.

Ke zdokumentování výsledků měření jsem využil interní materiály ZEVO, dále jsem porovnal dosažené výsledky redukcí škodlivin při použití metody SCR a SNCR, zdokumentované z období od roku 1999 do roku 2013.

## **6.1 Současný stav řešené problematiky**

Hlavní plynnou složkou vyprodukovanou spálením odpadu jsou oxidy uhlíku. Z dlouhodobých výsledků měření CO vyplývá, že z 1 tuny využitého odpadu vznikne 750 – 850 kg CO<sub>2</sub> tj. na 240 000 t CO ročně. Z dalších plynných emisí jsou produkovány oxidy dusíku 0,592 kg/t odpadu, SO<sub>2</sub> 0,0029kg/t odpadu, CO 0,098 kg/t odpadu, HCL 0,000175 kg /t odpadu a TZL 0,0155 kg/t odpadu. Emise těžkých kovů jsou prokázány v řádech desítek kg/rok celkového objemu spalin a organické perzistentní polutanty (PCDD/F) v řádech desítek gramů za rok (BALOCH, 2012). Z uvedeného jasně vyplývá, že tvorba CO je záležitostí správně nastaveného spalovacího režimu kotle a lze tak přímo tvorbu CO ovlivňovat. Emise SO<sub>2</sub>, těžkých kovů a HCL nám ovlivňuje činnost absorberů, TZL nám zachytávají elektroodlučovače. PCDD/F jsou chemicky rozkládány v celém procesu výroby:

- Dodržováním minimální teploty ve spalovací komoře 850 °C po dobu dvou sekund.
- Při styku s aktivním uhlím v odpadní vodě na rozprašovací sušárně.
- Mokrou vypírkou spalin v pracovních suspenzích s aktivním uhlím v nádobách předpračky a absorberu.
- Rozkládáním na aktivních plochách katalyzátoru DeDiO<sub>x</sub>.

## **6.2 Metody na snižování obsahu oxidů dusíku látek a PCDD/F ve spalinách ZEVO Malešice**

Aplikace aktivního uhlí jako aditiva do okruhu prací suspenze pro snižování PCDD/F prováděné v roce 2000 (protokol č. 3).

Toto dovybavení stávajícího systému čištění spalin v roce 2000 bylo nutné pro dodržení platného emisního limitu obsahu PCDD/F 0,1ng/Nm<sup>-3</sup>. Metoda

snižování PCDD/F v ZEVO Malešice spočívala (mimořádně je používána dodnes) v dávkování jemně rozemletého aktivního uhlí přímo do okruhu vypírací suspenze praček. Póry uhlí, které by měly absorbovat organické sloučeniny a PCDD/F jsou ale zčásti už obsazené molekulami vody. Vyreagované uhlí se společně s prací suspenzí odtahuje.

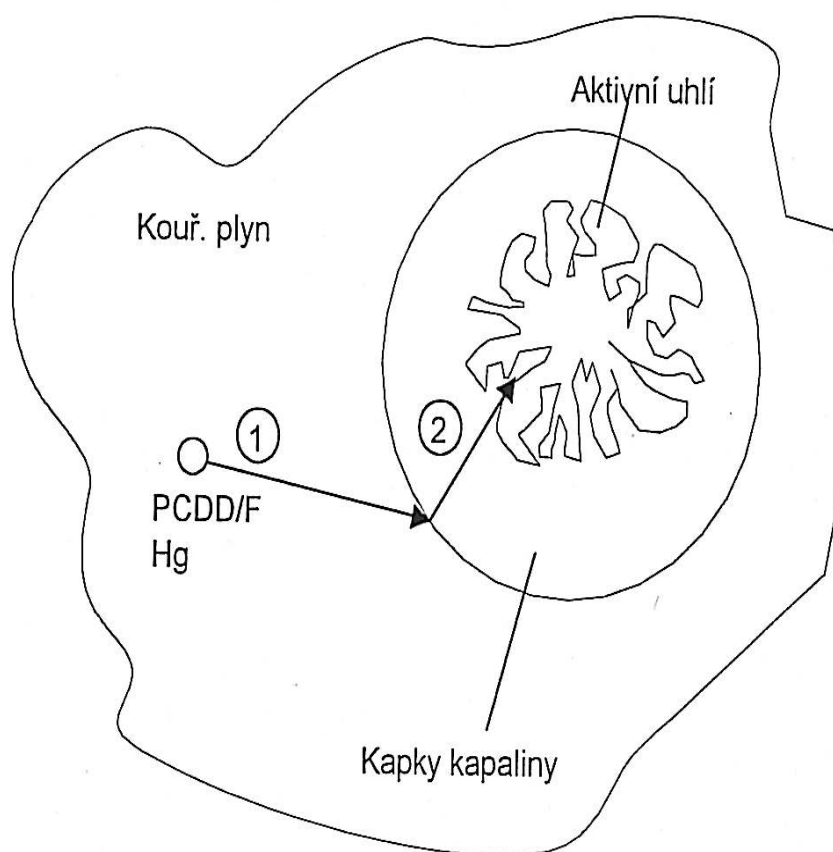
***Výhody této metody:***

- nákladově výhodné,
- je možno jednoduše dovybavit stávající systém čištění,
- u mokré vypírky nehrozí samovznícení aktivního uhlí.

***Nevýhody:***

- vyšší opotřebení oběhových čerpadel a trysek abrazí.

obr. č. 11 Reakce molekul PCDD/F a Hg s aktivním uhlím v předpračce a absorbéru ZEVO  
Zdroj: EIC, 2000



Znázorněna je částice kapaliny ve spjitém prostředí, naplněném spalinami. Kapka uzavřela částčku aktivního uhlí. Odlučování PCDD/F probíhá ve dvou fázích:

- molekuly přecházejí absorpcí z plynné fáze do kapalné,
- pohyb uvolněné molekuly od hranice kapky k aktivní zóně částic aktivního uhlí – difuzní proces (EIC, 2000).

Velikou pozornost při nastavování provozního režimu pracích suspenzí s aktivním uhlím jsme kladli podle odborníků z firmy zařízení instalující na koncentraci aktivního uhlí v suspenzi, tak aby byly pokryty maximální počet uvolněných molekul škodlivin. Další podmínkou správně probíhající reakce je dostatečná reakční doba kapek prací suspenze obsahující aktivní uhlí při kontaktu se spalinami již v rozprašovací sušárně, pak předpračce a následně v absorbéru – viz schéma technologie výroby ZEVO Malešice – obr. č. 10. Hlavní proces adsorpce molekul PCDD/F probíhá v pračkách. Výsledky použití aktivního uhlí v prací suspenzi pro snížení látek PCDD/F dokumentuje Protokol jednorázového měření emisí PCDD/F 7.

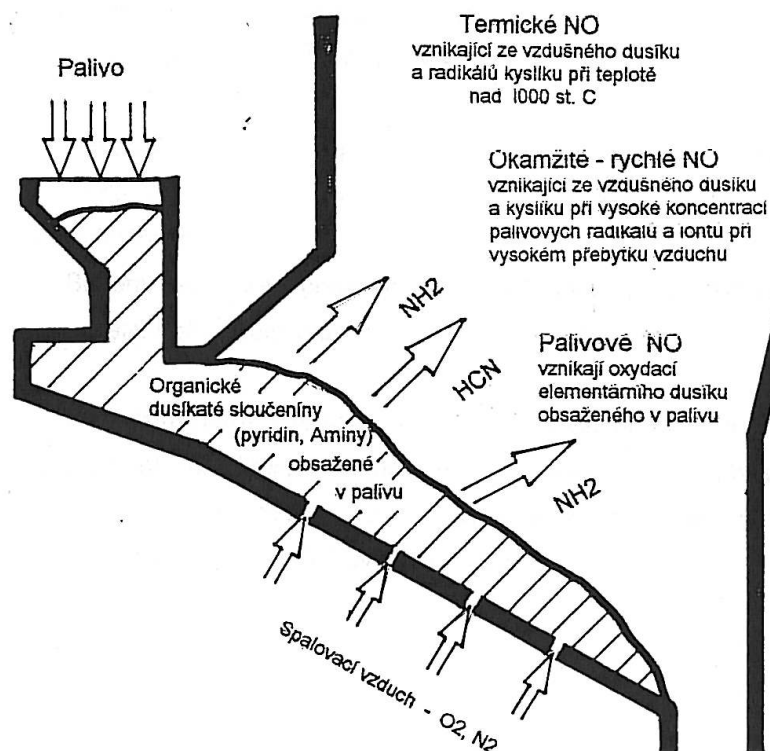
### **6.3 Mechanismus vzniku oxidů dusíků**

Při spalovacích procesech s palivy jako jsou uhlí, plyn, oleje ale i komunální odpady, vznikají oxidy dusíku podle WESTA a RYANA (2005) a RADOJEVIČE (2008) následujícími formami:

- Oxidací při hoření z dusíku chemicky vázaného v palivu přes řadu mezifází. Takto vzniklý oxid dusíku je nazýván jako palivový.
- Při vysokých teplotách spolu kyslík a dusík obsažené ve spalovacím vzduchu vzájemně reagují, takto vzniklý oxid dusíku se nazývá termický
- Ve zvláštních případech umějí palivové radikály rozštěpit molekuly vzdušného dusíku. Oxidace těchto atomů probíhá za tvorby rychlého tzv. pohotového dusíku.

Tyto tři mechanismy se odlišují původem dusíku vstupujícího do reakce (palivový nebo vzdušný) ale také co se týče oblasti, kde v topeništi vznikají (obr. č. 12).

obr. č. 12 Oblasti vzniku oxidů dusíku podle  
Zdroj: PINC, 2007

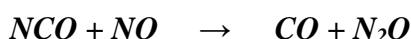
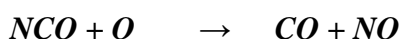
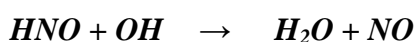
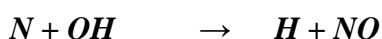
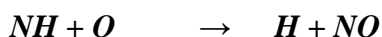
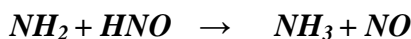


Vznik palivových oxidů dusíku – komunální odpad stejně jako černé a hnědé uhlí, olej nebo dřevo obsahují dusík v chemicky vázané formě. Důležité, dusík obsahující sloučeniny jsou aminy, které se v přírodě vyskytují jako stavební část proteinů. Dále to jsou pyridiny, které tvoří základ různých přírodních látek jako např. vitamín B6 a konečně Pyrol, který je v přírodě základním stavebním kamenem krevního i rostlinného barviva. Spalování samo probíhá v následujících časových úsecích:

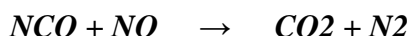
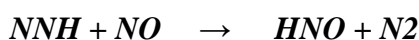
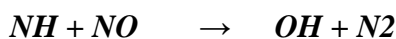
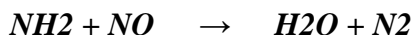
- vysušení paliva,
- odplynění (primární pyrolýza) vlivem teploty okolí,
- zapálení,
- zplynění (sekundární pyrolýza),
- spálení pevných částí (vznik škváry),

Palivo se při teplotě cca 100 °C nejprve vysuší, od teploty cca 300 °C (pomocí primárního vzduchu) odchází vedle zbytkové vlhkosti také oxid uhlíku ve fázi nazývané odplynění. Během této fáze odcházejí krátko řetězové uhlovodíky a následuje fáze zapálení při teplotě vyšší než 600 °C. Při dalším nárůstu teploty

v průběhu spalovacího procesu začíná od cca 700 °C zplynění, při kterém dojde k uvolnění uhlovodíku obsahujícího i dusík. V závěrečné fázi dochází při vysokých teplotách ke spalování pevných zbytkových částí, při kterých je uvolňován zbývající vázaný dusík. Transformace dusíku v palivu na plynný probíhá podle rovnic (KUKON, 1977).



V následující skupině jsou uvedeny příklady reakcí, kde primární dusíkaté sloučeniny fungují jako redukční činidlo pro oxidy dusíku a výsledkem reakce je atmosférický dusík jako základní rovnice denitrifikačních procesů.

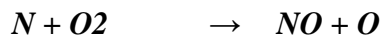


Při vysokých teplotách nad 950 °C probíhá oxidace vázaného palivového dusíku v převažující míře na NO. V teplotním pásmu do 900 °C probíhají oxidace nebo zpětná redukční reakce prakticky stejnou reakcí tak, že přeměna palivového dusíku na N<sub>2</sub> je v širokém pásmu možná. Při nižších teplotách, které jsou při spalování charakteristická pro jiná paliva, než odpad, např. uhlí bude přeměna na přes N<sub>2</sub>O na N<sub>2</sub> složitější. (KUKON, 1977).

Tvorba termických oxidů dusíku bez bezprostřední závislosti na složení paliva ze vzdušného kyslíku a vzdušného dusíku.

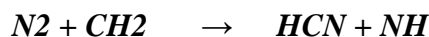
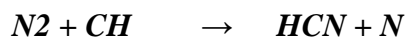
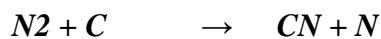


Průběh reakcí je popsán v následujících rovnicích:



Množství vzniklých oxidů dusíku závisí především k endotermnímu charakteru reakce velmi silně na teplotě a na obsahu volného kyslíku ve spalinách (KUKON, 1977).

Při tvorbě tzv. rychlých – pohotových oxidů dusíku vychází reakce stejně jako při tvorbě termických NO z dusíku obsaženého ve spalovacím vzduchu. Reakce však probíhá podle jiného mechanismu, reagují zde uhlovodíkové radikály se vzdušným dusíkem za vzniku atomárního dusíku dle reakcí:



### **Primární technická opatření pro snižování emisí oxidů dusíku obecně**

Termický způsob nakládání s komunálními odpady je spolu s materiálovým využitím významným způsobem využití těchto druhů odpadů, který současně minimalizuje jeho objem. Spalování je termooxidační proces, při kterém se biogenní prvky (C, S, N) oxidují za uvolnění tepla exotermickou reakcí. Energetické využití odpadu představuje využití jeho energetického potenciálu a tím dosažení úspor primárních neobnovitelných zdrojů surovin a energií (fosilních paliv). Zkušenosti ukazují, že pokud je kvalitně navrženo vlastní spalovací zařízení v celém technologickém komplexu na základě sestavy nejlepších dostupných technik BAT (Best Available Techniques), správně veden celý spalovací proces a zařízení je vybaveno moderní odlučovací technikou, můžeme hovořit o ekologicky bezpečné technologii (von der HEIDE, 2008). Cílem technických opatření při spalování je potlačit tvorbu NO<sub>x</sub> co nejvíce už v průběhu spalovacího procesu (TSAMURA, 2003). To může být dosaženo snížením objemu kyslíku potřebného pro spalování. V zóně snižujeme dodávku primárního vzduchu, tedy vzduchu přímo se účastnícího se spalovacího procesu, tím dochází ke snížení teploty ve spalovací komoře kotle. Je

dosaženo obohacení o uhlíkové částice jako nespálené složky, které mají redukční efekt na již vytvořené NO<sub>x</sub> a zabraňují nové tvorbě. V sekundární zóně spalovací komory je spalování dokončeno přivedením sekundárního vzduchu nutného pro zdržení spalin v zóně primární – toto opatření bylo realizováno na typu parního kotle v ZEVO Malešice konstrukcí kotle s tzv. turbulátory, které mají za cíl nejen zabezpečit určitou časovou prodlevu v toku spalin (právě prostřednictvím zaústění sekundárního vzduchu), ale i pomoci v udržení potřebné teploty ve spalovací komoře (min. 850 °C – dle vyhlášky o přípustné úrovni znečišťování). Díky své konstrukci zaústění trysek sekundárního vzduchu se dokonaleji promíchávají spaliny v prostoru nad nimi, kde jsou zaústěna nástřiková kopí močoviny metody SNCR (obr. č. 26 a obr. č. 27). Dalšími důležitými primárními opatřeními jsou:

- Seřízení a optimalizace plynových hořáků (emis), příp. použití nízko emisních hořáků (u velkých elektrárenských a teplárenských zdrojů).
- Redukce přebytku primárního vzduchu dle druhu paliva.
- Rozdělení a zónování přívodu spalovacího vzduchu.
- Snížení teploty spalování recirkulací spalin.
- Stupňované dávkování paliva.
- Další dle konstrukce kotle (von der HEIDE, 1993).
- Omezení lokálních teplotních špiček řízením spalování na základě kontinuálního měření teploty blízko jádra hoření.

Těchto cílů můžeme dosáhnout v podstatě dvěma základními způsoby:

1. Změnou technologie spalování.
2. Úpravou konstrukce spalovacího zařízení.

Řešení vzniklých oxidů dusíku a dalších škodlivin při spalovacích procesech podrobně jsou poměrně obsáhle popsána v odborné literatuře, popisují je ve svých studiích například NORMANN (2008) a TAVYEB (2002).

Primární technická opatření pro snižování emisí NO<sub>x</sub> a jejich možné využití v ZEVO Malešice.

Technologie spalování je dána především konstrukcí kotle a druhem paliva, jeho dávkováním a dalším zpracováním. Při spalování odpadu jsou ale možnosti provádění vyjmenovaných primárních opatření velice omezeny. Spalování odpadu

vyžaduje značný přebytek primárního vzduchu díky své nižší výhřevnosti, vlhkosti, vysoké nehomogenitě, vysokému podílu nehořlavých prvků a jiných faktorech.

- Optimalizace provozu plynových hořáků je jednou z mála metod možného omezení tvorby nejen  $\text{NO}_x$  ale i TOC a CO. Optimalizace bývá dosažena regulací poměru vzduchu a plynu na hořáku. Spalování paliva s malým přebytkem vzduchu na hořáku lze regulovat např. u uhelných hořáků na kotlích s granulační spalovací komorou ( DAOOD et al., 2013). Plynové hořáky s palivem zemní plyn v ZEVO slouží jako stabilizační prvky provozu pro udržení teploty spalin  $850\text{ }^{\circ}\text{C}$  v prostoru spalovací komory za posledním přívodem spalovacího vzduchem. Spaliny jsou v tomto místě zdrženy na 2 sek. Ale i tyto hořáky mohou ovlivnit výši škodlivin v celkovém objemu spalin a musí být odborně seřízeny. Plynové hořáky v ZEVO Malešice při uvádění kotle do provozu případně stabilizaci provozu, nejsou v běžném provozu trvale používány.

Systém rozdělování spalovacího vzduchu spočívá:

- Primární vzduch je smícháván s palivem (např. uhlí u uhelných kotlů) a vytváří oblast bohatou na palivo a deficitní na kyslík, čímž se vytváří omezené množství  $\text{NO}_x$ .
- U spalovenských kotlů je promíchávání odpadu primárním vzduchem obdobné, ale množství primárního vzduchu musí být mnohem větší, aby došlo k vysušení, odplynění a zapálení odpadu. Hrubým odhadem můžeme říci, že (v základním nastavení primárního vzduchu) je nutno přivést 70 – 90 % celkového objemu celkového spalovacího vzduchu pod válcový rošt tak, aby došlo ke kompletnímu vyhoření odpadu.
- Obecně ale platí pravidlo: čím vyšší teplota ve spalovací komoře, tím je nižší obsah CO ve spalinách, ale vyšší obsah  $\text{O}_2$  a vyšší obsah  $\text{NO}_x$ . (DAOOD, et al., 2013).
- V dodatečném zavedení sekundárního vzduchu (objemově 10 – 30 %) nad spalovací oblast, kde je dokončeno vlastní spalování. Nižší teplota v sekundární oblasti limituje tvorbu termických  $\text{NO}_x$  ( PACHALY, 2006). V ZEVO je prováděno rozdělení primárního i sekundárního vzduchu v závislosti na údajích kontinuálního měření teplot ve spalovací komoře

(dle vyhlášky), parním výkonu kotle, obsahu CO a O<sub>2</sub> ve spalinách. V ZEVO je toto opatření v omezené míře využíváno.

- Snížení teploty spalování recirkulací spalin je zde dosaženo zavedením spalin do spalovací komory kotle, u uhelných kotlů přímo do uhelných hořáků, kde slouží, jako nosič paliva příp. jsou spaliny přimíchávány do základního primárního vzduchu a pomocí jejich nižší teploty je dosaženo i nižší teploty plamene proti spékání a nedosažení tavicí teploty paliva. Toto zředění snižuje teplotu v plameni a množství O<sub>2</sub>, čímž se dosáhne i redukce termických NO<sub>x</sub>. V ZEVO není možné toto opatření použít.
- Dávkování paliva na kotli v ZEVO realizováno pohybem zařízení podavače paliva přímo na válcový rošt. Pohyb podavače umožňuje hydraulická stanice a rychlost podavače řídí operátor kotle ručně, příp. je řízena řídicím systémem spalování v závislosti na požadovaném výkonu kotle. Základní podmínkou pro spalovací proces je dostatečné promíchání odpadu – jeho homogenizace, jeho předsušení a rovnoměrné pokrytí roštu v jednotlivých zónách válcového roštu a v neposlední řadě dostatečné množství primárního vzduchu. Nejedná se tedy o stupňované dávkování paliva.

Primární technologie omezující vznik No<sub>x</sub> mají:

- **Výhody:**
  - po instalaci působí trvale po celou dobu životnosti spalovacího zařízení,
  - mají až na výjimky relativně nízké nároky na provoz,
  - mají až na výjimky relativně nízké nároky na zastavěný prostor.
- **Nevýhody:**
  - účinnost těchto opatření je omezena a pohybuje se v rozmezí účinnosti 10 – 30%.

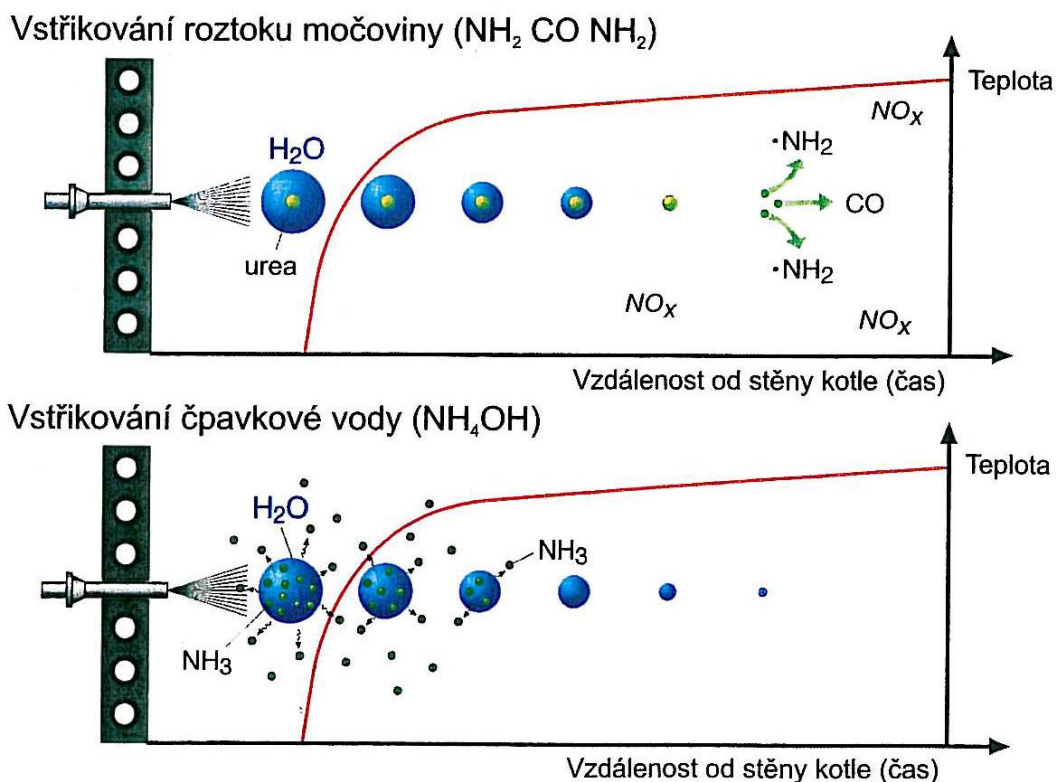
Dle popisu jednotlivých primárních opatření na snížení objemu NO<sub>x</sub> ve spalinách můžeme konstatovat, že jejich použití v ZEVO Malešicích je minimální. Některá opatření nelze realizovat a používat vzhledem ke konstrukci kotle, která je uzpůsobena pro svůj hlavní úkol – co nejekologičtěji a nejekonomičtěji termicky zpracovat a využít tuhý komunální odpad. Výhřevnost odpadu je závislá na jeho

složení, na jeho homogenitě a provoz plynových hořáků výrazně dlouhodobě neovlivňuje celkově provoz kotlů z hlediska ochrany ovzduší.

### Sekundární technická opatření pro snižování emisí oxidů dusíku obecně.

Mezi opatření pro snižování  $\text{NO}_x$  následující pro spalování, která jsou často používána, patří selektivní katalytická redukce SCR a selektivní nekatalytická redukce SNCR, jejíž princip podrobně popisuje von der HEIDE et al.(2008). Mají společné to, že v obou postupech jsou používány redukční prostředky štěpící čpavek, jako jsou čpavková voda nebo močovina, s nimiž  $\text{NO}_x$  reaguje na  $\text{N}_2$  a  $\text{H}_2\text{O}$ . Podstatný rozdíl mezi oběma způsoby je v tom, že se v případě SNCR odpovídající reakce uskutečňuje bez katalyzátoru a v rozmezí teplot spalin  $900 - 1050\text{ }^\circ\text{C}$  v takzvaném teplotním okně a v případě SCR s katalyzátorem mezi  $160 - 350\text{ }^\circ\text{C}$  v toku spalin (KAUFMAN, 2005).

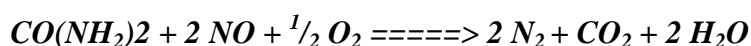
obr. č. 13 Odloučení  $\text{NO}_x$  s močovinou ve srovnání se čpavkovou vodou  
Zdroj: von der HEIDE, 2008



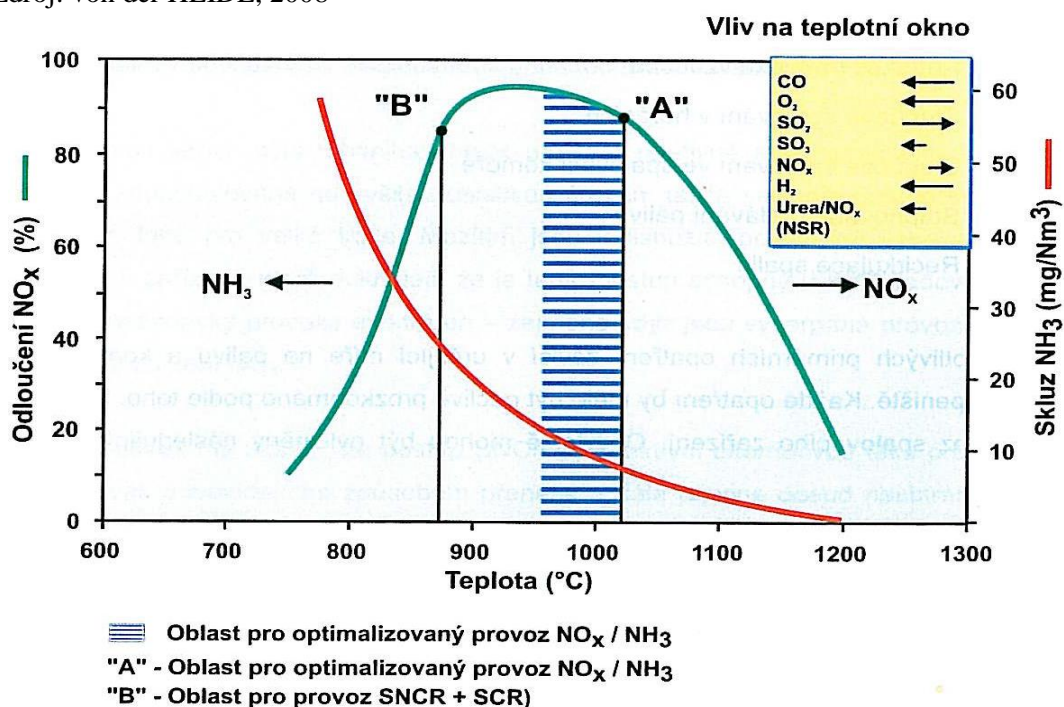
### Metoda SNCR a její použití (BLYDES, 2008)

Při selektivní nekatalytické redukci oxidů dusíku jsou vstřikovány redukční prostředky čpavková voda nebo močovina (obr. č. 13). Močovina rozpuštěná ve vodě se může štěpit na radikály schopné reakce tehdy, když se voda obklopující částičky

močoviny odpaří. Velikosti vodních kapek a z toho plynoucí hloubky proniknutí do proudu spalin může být předem určeno místo, kde reakce mají probíhat. Voda resp. její hmotnost, která je u močoviny využívána jako nosné médium může ale i spaliny ochladit a zároveň je ale velmi korozivní a musí být vhodným nastavením – tlaku nosného média a velikostí trysky zabráněno v kontaktu močoviny s trubkami kotle, upozorňuje KUTLOVSKÝ (1999). Proces selektivního nekatalytického snižování obsahu oxidů dusíku (JUNHUA, 2011), spočívá principiálně v reakci amoniových radikálů, které vznikají štěpením redukčních činidel (např. satamin, čpavková voda) při teplotách v rozmezí 850 – 1 050°C s oxidem dusnatým za vzniku elementárního dusíku a vodní páry. Proces lze popsat souhrnnou rovnicí: (von der HEIDE, 2008)



obr. č. 14 Odlučování NO<sub>x</sub> v závislosti na teplotě spalin  
Zdroj: von der HEIDE, 2008



Výše uvedená reakce ve skutečnosti neprobíhá kvantitativně, co se týká redukce obsahu NO. Reakční rychlost je především závislá na teplotě a pak na složení spalin. Při teplotách nad 1 000 °C se reakční rovnováhy dosahuje za méně než 0,1 s a ve spalinách s vysokým obsahem kyslíku je optimální teplota podstatně nižší než ve spalinách s nízkou koncentrací O<sub>2</sub> (obr. č. 14). S touto koncepcí jsou dodržovány mezní hodnoty od 120 – 180 mg/Nm<sup>3</sup> a skluz 10 – 15mg/Nm<sup>3</sup>

(HASATANI, H.,URAD, J. 2008), v případě vyšších výkyv teplot jsou instalována ve specifických provozech nástřiková kopí na několika zástřikových úrovních (ŠVACHULA, 2007).

### **Metoda SNCR a její použití v ZEVO Malešice v roce 2000**

Instalované zařízení v ZEVO - redukční prostředek se mísí s vodou před reakčním prostorem a vstřikuje se do spalin. Podle typu trysek a vstřikovacích systémů se vytvářejí kapky redukčního prostředku a rozstříkují se rovnoměrně průřezem reakčního pásma. Před reakcí mezi redukčním činidlem a oxidy dusíku se nejprve odpaří voda a rozloží se tuhé částice redukčního prostředku. Vstřikovací systém je navržen tak, aby mohla reakce probíhat v rámci správného teplotního rozsahu. Nerozložený redukční prostředek může vést ke vzniku čpavkového skluzu. Zařízení ke snižování množství oxidů dusíku ve spalinách je instalováno na všech čtyřech kotlích ZEVO. Skládá se ze zásobníkové nádrže pro technologickou přísadu redukčního činidla, dávkovacích jednotek s řídicími jednotkami a s vstřikovacími kopími (obr. č. 26) k rozprašování zředěného redukčního činidla do spalin. Zásobní nádrž na močovinu (obr. č. 25) – plastová zásobníková nádrž o objemu 40 m<sup>3</sup>. Nádrž je vybavena průběžným měřením stavu hladiny v nádrži a blokovacím stavoznakem proti přeplnění nádrže. Je umístěna v ocelové záchytné vaně o objemu 41 m<sup>3</sup>. Elektromagnetický snímač úrovně hladiny je umístěn v levém krytu zásobní nádrže a přenos ze snímače hladiny je veden na digitální ukazatel v řídicí skříni čerpadel. Blokový stavoznak v případě dosažení max. hladiny vysílá vypínací impuls na silový vypínač čerpadla. Celý komplex je situován v prostoru škvárovny ZEVO. Samotné dávkování močoviny je řízeno řídicími jednotkami - V dávkovací skříni jsou umístěny všechny díly výstroje (čerpadla, měřicí přístroje, magnetické a pneumatické ventily atd.). Směšovací modul zabezpečuje přípravu směsi Sataminu 3711 (obchodní jméno močoviny) s procesní vodou (obr. č. 28). Oba objemové proudy jsou měřeny a regulovány regulačními armaturami. Nastavení množství směsi je provedeno regulátorem řízeným v závislosti na výkonu kotle. Množství technologické přísady je nastaveno tak, aby bylo dosaženo redukce oxidů dusíku k dodržení limitních hodnot v celém rozsahu zatížení kotle. Změnou množství vody v závislosti na zatížení kotle je vytvářeno různé spektrum kapek (obr. č. 13), takže redukční prostředek reaguje s oxidy dusíku v optimálním teplotním rozmezí. Při nízkém zatížení kotle jsou vytvářeny kapky, které pronikají velmi daleko

do spalovacího prostoru, při plném zatížení nastává redukce  $\text{NO}_x$  v horní části 1 tahu spalovací komory. Odchyly od normálních provozních hodnot nebo výpadek zařízení jsou opticky signalizovány. Řídicí systém pro denitrifikaci - Řídicí systém procesu denitrifikace pro řízení všech 4 kotlů nezávisle na sobě je součástí Řídicího systému Delta V - ZEVO – dále jen ŘS Delta V. Pro jednotlivé linky resp. kotle je systém spouštěn samostatně na řídicích stanicích operátora kotle – (dále ŘS). Řízení systému denitrifikace spouští operátor daného kotle po jeho zátoku, najetí do provozu a dosažení parametrů kotle nutných pro jeho další ustálený provoz kotle. Stáčení a okruh Sataminu, okruh procesní vody a směšovací moduly jsou tedy ovládány řídicím systémem ŘS Delta V ZEVO. Směšovací moduly automaticky dávkuje aditiva do spalovací komory v závislosti na výkonu kotle a obsahu oxidů dusíku ve spalinách. Regulace  $\text{NO}_x$  denitrifikačního zařízení je v zásadě vždy prováděna automaticky (vypnutím resp. zapnutím Regulace  $\text{NO}_x$ , „Vypnuto resp. Zapnuto“). V případě určitých závad je možné ruční nastavení množství průtoku směsi Sataminu a vody ručně a jeho další provoz do odstranění závady. Tento stav je nutné chápat jako mimořádný. (Provozní řád ZEVO MALEŠICE, 2012)

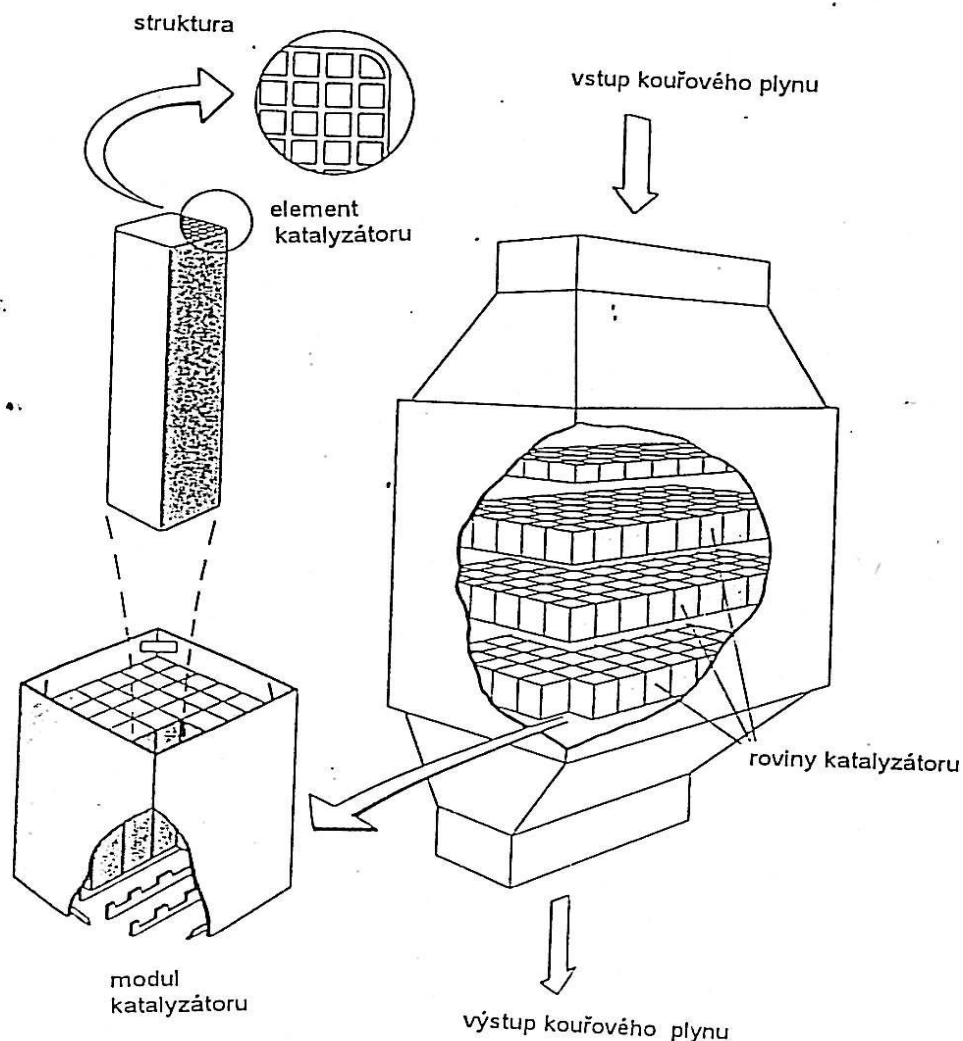
Požadované hodnoty průtoků Sataminu 3711 a procesní vody mohou být v provozním rozsahu nastavovány a jejich maximální a minimální hodnoty jsou signalizovány. Funkce denitrifikačních zařízení u jednotlivých kotlů jsou při ručním - mimořádném provozu nastaveny individuálně s tím, že i v tomto případě platí limitní hodnoty pro Satamin a procesní vodu. Tlaky, případně průtoky v potrubích procesní vody, Sataminu a procesní směsi jsou signalizovány se zpožděním z důvodu zamezení záměny s hlášením poruch vzniklých při kolísání tlaku nebo při najíždění zařízení. Tlak resp. průtok vzduchu je hlášen z bezpečnostních důvodů ihned bez časové prodlevy. V automatickém provozu jsou průtoky Sataminu nastaveny v závislosti na regulaci  $\text{NO}_x$  a výkonů kotlů. Průtoky vody jsou přizpůsobeny množství Sataminu. Nezávisle na módu provozu (ruční, automatický) mohou být denitrifikační zařízení po signálu odblokování uvedena do provozu. Tento stav může nastat v případě většího množství páry u příslušného kotle než  $15 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$  a překročení teploty ve spalovací komoře  $850 \text{ }^\circ\text{C}$  (Provozní řád ZEVO MALEŠICE, 2012).



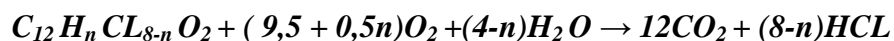
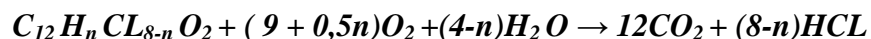
### **Metoda SCR a její použití: snižování obsahu látek PCDD/F ve spalinách na katalyzátoru DeDio<sub>x</sub> (FERLAZZO, 1993)**

PCDD/F jsou řazeny mezi perzistentní organické polutanty. Jsou to látky, mající schopnost odolávat chemickému, fyzikálnímu a biologickému rozkladu a setrvávají v životním prostředí. Jsou to látky lipofilní (rozpuštěné v tucích) povahy, hromadí se v živočišných tukových tkáních s negativním vlivem na zdraví organismu. Jsou vysoce toxické povahy s účinky toxicity už od řádů miligramů. Je ověřeno vědeckými výzkumy, tvrdí BALOCH (2012), že látky PCDD/F působí jako „spouštěče“ nádorového bujení. Urychlují průběh nádorových onemocnění. Vypouštění PCDD/F do ovzduší se řídí přísnými emisními limity. Pro spalovny odpadu je platný specifický emisní limit 0,1ng TEQ.Mm<sup>-3</sup> dle vyhlášky. Metoda odstraňování chlorovaných dioxinů a furanů ze spalin ZEVO spočívá v katalytické oxidaci. Tato probíhá na povrchu katalyzátoru, kde dochází ke štěpení dioxinů a furanů až na vodu, oxid uhličitý a chlorovodík. Vznikající stopové množství chlorovodíku je následně neutralizováno v mokřem stupni čištění spalin. Plocha katalyzátoru se skládá ze čtyř vrstev podle směru toku spalin na rozdílných úrovních. Tyto vrstvy mají děrovanou strukturu – včelí plástve – o rozloze 41 268,5m<sup>2</sup> jasně viditelnou (obr. č. 15). Účinnými složkami katalyzátoru jsou oxidy vanadu a wolframu na nosiči oxidu titanu v keramice. Ty umožní oxidaci PCDD/F již kolem teploty 150 – 220<sup>0</sup> C. Bez přítomnosti katalyzátoru se PCDD/F rozkládají při teplotě 850<sup>0</sup> C . Výhodou této metody oproti filtraci v SAKO Brno. či adsorpci PCDD/F je, že se jedná o bezodpadovou technologii.

obr. č. 15 Plástový katalyzátor  
Zdroj: EIC, 2000



Celkový obsah PCDD/F se snižuje prostřednictvím katalytické oxidace (dodatečné katalytické spalování). Finálním produktem jsou po reakci  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  a  $\text{HCl}$  (Provozní řád ZEVO MALEŠICE, 2012):



**Metoda SCR a její použití v ZEVO Malešice: snižování obsahu oxidů dusíku ve spalinách na katalyzátoru  $\text{DeNO}_x$  (JAMES, R. et SPINNEY, P. 2008)**

Selektivní katalytická redukce SCR je katalytickým procesem založeným na selektivní redukci oxidů dusíku čpavkem nebo močovinou za přítomnosti katalyzátoru (MATSUDA et al., 1978). Redukční činidlo uskladněné ve zvláštní

nádrži s bezpečnostní výstrojí (obr. č. 31) se vstříkuje do spalínovodu (obr. č. 33) před katalyzátorem. Celý proces je řízen Řídicím systémem a příprava samotného činidla se provádí v rozváděcím modulu (obr. č. 32). Na povrchu katalyzátoru dochází při teplotě mezi  $170^0$  -  $330^0$  C k redukci  $\text{NO}_x$ . Katalyzátory pro selektivní katalytickou redukci pracují na bázi oxidů kovů nanesených na skelet z oxidu titaničitého (ŠVACHULA,2007). V ZEVO Malešice je instalován voštinový katalyzátor vyrobený z keramické hmoty extruzí a vypálením v peci. Aktivními prvky zde jsou wolfram a vanad. Katalyticky aktivní jsou substance vanadium a wolframtrioxid. Za účelem vytvoření vysoké aktivační energie potřebné pro vlastní reakci musí být k dispozici velký povrch popř. vhodná pórovitá struktura. Velký povrch je tvořen kaolínovou hmotou, ze které jsou po smíchání s aktivními látkami vytvořeny lisem voštiny (Provozní řád ZEVO MALEŠICE, 2011). Různými konstrukcemi katalyzátorů a materiálovým složením se podrobně ve své práci zabývá například ZANDORYA (2010).

Účinný katalyzátor je charakterizován svými katalytickými vlastnostmi – aktivitou, selektivitou, životností, chemickými vlastnostmi a odolností proti katalytickým jedům vč. pevnosti proti tepelnému namáhání. Obecně se katalyzátory používají jako deskové nebo tzv. včelích plástů aby se zabránilo velkým tlakovým diferencím mezi vstupem a výstupem spalin při velkém objemu spalin. Reaktory samotné se skládají ze čtyř samostatných modulů, ve kterých jsou umístěny katalyzátorové elementy – vrstvy. Plášť reaktoru je konstruován jako spalínovod v poloze na stojato. Spaliny proudí z elektro odlučovače potrubím s instalovaným plynovým hořákem (viz výše) do vstupního otvoru katalyzátoru dělenému rozváděcími plechy pro promíchání spalin. Každá vrstva (4x) je vybavena parním ofukovačem pro pravidelný ofuk a čištění kontaktních ploch. Spaliny pak tahem spalínového ventilátoru pokračují do odsiřovací jednotky – pračky spalin. Katalyzátor je při uvádění spalovací linky do provozu prohříván postupně stoupající teplotou spalin z kotle – plynovými hořáky kotle a samostatným hořákem pro katalyzátor (OBRÁZEK16.). Teprve po dosažení doporučené teploty spalin na výstupu z katalyzátoru je uvolněn podavač odpadu při teplotě  $T = 140$  °C (Provozní řád ZEVO MALEŠICE, 2011).

Katalytický reaktor lze do toku spalin na výstupu z kotle lze umístit trojím způsobem:

- za kotel před elektro odlučovač – vysoko prašné uspořádání
- za elektrostatický odlučovač – nízko prašné uspořádání
- za odsířovací jednotku – koncové uspořádání

V ZEVO je použito umístění katalyzátoru na výstupu spalin z elektro odlučovače. Před katalyzátorem samotným je v úseku horizontálně vedeného spalinovodu zaústěn plynový hořák zabezpečující přehřátí spalin na teplotu 290 °C.

Principem metody snižování koncentrace NO<sub>x</sub> ve spalinách je selektivní redukce roztokem 25% čpavkové vody přivedené ze zásobní nádrže (obr. č. 31) v aktivních prostorách katalyzátoru. Chemismus reakce probíhá obecně podle následující reakce:



Pro správný průběh reakce je nutná teplota 280 – 295 °C spalin dosažená trvalým provozem plynového hořáku. Díky vyšší teplotě spalin pro správný průběh reakce využíváme jejich vyšší teplotu v tzv. rekuperačním výměníku, který je součástí okruhu horké vody. Funkcí výměníku je přenos tepelné energie ze spalin probíhajícími chladičem spalin (umístěném na výstupu z katalyzátoru) pro přehřev kondenzátu, jehož teplotou zase spaliny po jejich vyčištění na konci celé linky opět ohříváme. Rekuperační výměníky jsou navíc nezbytné pro zachování vysokého stupně energetické účinnosti využívání odpadu a dodržení koeficientu R1 (Provozní řád ZEVO MALEŠICE, 2012).

tab. č. 9 Obecné emisní limity

Zdroj: Vyhláška o přípustné úrovni znečištění

Název znečišťující látky	Hmotnostní tok [g/h]	Hmotnostní koncentrace [mg/m <sup>3</sup> ]
Tuhé znečišťující látky	≤ 2 500	200
	>2 500	150
Oxidy síry vyjádřené jako oxid siřičitý	>20 000	2 500
Oxidy dusíku vyjádřené jako oxid dusičitý	>10 000	500
Oxid uhelnatý	>5 000	500
Organické látky vyjádřené jako celkový organický uhlík (TOC)	>3 000	150
amoniak a soli amonné vyjádřené jako amoniak	>500	50
Sulfan	>100	10
Sirouhlík	>100	20
chlor a jeho plynné anorganické sloučeniny vyjádřené jako HCl	>500	50
Fluor a jeho plynné anorganické sloučeniny vyjádřené jako HF	>100	10

## 7 VÝSLEDKY

### 7.1 Porovnání sekundárních metod snižování emisí NO<sub>x</sub> a PCDD/F v ZEVO Malešice

#### Výhody metody SNCR v podmínkách ZEVO Malešice

- Nízké pořizovací náklady – celkově zařízení pro čtyři linky cca 20,5 mil. Kč (cena obsahuje dodávku a instalaci zařízení – nádrž, spojovací potrubí, nástřiková kopí a směšovací moduly včetně čerpadel vody, činidla a dodávky MaR).
- Poměrně nízké náklady na opravy – ročně cca 100.000 – 150.000 Kč.
- Nízké vedlejší provozní náklady (elektrina, voda, tlakový vzduch) – ročně do 100.000,- Kč.
- Spolehlivost a vysoká dostupnost.
- Nízká spotřeba činidla – v současné době průměrná spotřeba 10kg/h pro jednu linku.
- Nižší požadavky na bezpečnostní výstroj při obsluze.
- Možnost dovybavení stávajícího systému čištění spalin.

#### Nevýhody SNCR v podmínkách ZEVO Malešice

- Vyšší cena činidla – 7,5 Kč/l.
- Nutná maximálně správná funkce rozprašení směsi proti nebezpečí koroze trubek kotle ve styku s roztokem močoviny.
- Dosahovaná úroveň snížení NO<sub>x</sub> se pohybuje okolo 40 – 50% celkového objemu nečištěného plynu-dosažená úroveň NO<sub>x</sub> dle dlouhodobých průměrů kontinuálního měření 150mg/m<sup>3</sup>.

#### Výhody metody SCR v podmínkách ZEVO Malešice při instalaci kombi katalyzátoru DeNO<sub>x</sub>/DeDiO<sub>x</sub>

- Výrazně snižuje úroveň znečištění dvou škodlivin – PCDD/F a NO<sub>x</sub>.
- Snižuje a rozkládá PCDD/F s dostatečnou rezervou proti limitu 0,1ngTEQ/Nm<sup>3</sup> – viz protokol č. 6
- Využití vyšší teploty spalin pro ohřev rekuperační vody v procesu výroby – technologická návaznost.

- Dosažená úroveň snížení obsahu NO<sub>x</sub> až na ověřenou hodnotu hodinového průměru 40 – 60mg/Nm<sup>3</sup> a odpovídajícího 24hod.průměru.

#### **Nevýhody metody SCR v podmínkách ZEVO Malešice:**

- Vysoké pořizovací náklady<sup>1</sup> – plynový hořák, katalyzátor, spojovací potrubí, pomocný ventilátor, MaR.
- Vyšší provozní náklady<sup>1</sup> – (čpavková voda, palivo pro plynový hořák pro ohřátí spalin).
- Vyšší nároky na bezpečnost při obsluze a práci s NH<sub>3</sub>.
- Výměna modulů katalyzátoru je dle odborné veřejnosti nutná po cca 8 letech, spojené s jejich nutnou ekologickou likvidací.

#### **Účinnost odlučování**

U technologie SCR dochází po uskutečněné přeměně oxidů dusíku a čpavku u katalyzátorů k výraznému ponížení obsahu PCDD/F. Obě dvě technologie jsou schopny zaručit koncentraci oxidů dusíku pod hodnotu 200mg/Nm<sup>-3</sup>, metoda SCR (viz protokoly) dosáhne i výsledky hluboko <100mg/Nm<sup>-3</sup>). Metoda SNCR bývá v současné době používána v kombinaci s tzv. stripovacím zařízením. Stripovacím zařízením je myšleno technologické zařízení na opětovné jímání NH<sub>3</sub> ze spalin. Toto zařízení nebylo nutno v ZEVO Malešice instalovat, proto byla pořizovací cena technologie SNCR výrazně nižší. Zařízení metody SNCR – nástřiková kopí v počtu 4 ks (obr. č. 26 a obr. č. 27) Měření možného čpavkového skluzu proběhlo v roce 2013 při provozu metody SCR. Jednorázové měření bylo provedeno za katalyzátorem linky 1 ve čtyřech režimech nastavení cílové hodnoty NO<sub>x</sub> (obr. č. 16 a obr. č. 17). Naměřené hodnoty neprokázaly únik nezreagovaného čpavku do ovzduší mimo povolený limit, ale prokázaly účinnost metody SCR pro snížení NO<sub>x</sub>.

---

<sup>1</sup>**Investiční náklady** na instalaci metody SCR DeDiox jsou vysoké, činily 260 milionů Kč pro čtyři linky. Celkové roční náklady pro tři provozované katalyzátory na každé lince činí cca 7,5 milionů Kč. Z této ceny tvoří největší položku cena elektrické energie spotřebované pohonem (cca 6,5 mil Kč.) pomocných tzv. katalyzátorových ventilátorů, vyrovnávajících tahovou ztrátu spalinové cesty. Aktivní plochy katalyzátoru je nutno v případě provozu bez metody SCR DeNO<sub>x</sub> regenerovat provozem plynového hořáku. V případě provozu SCR DeDiox/DeNO<sub>x</sub> je plynový hořák provozován trvale pro dosažení teploty spalin nutné k reakci se čpavkovou vodou pro snížení obsahu NO<sub>x</sub>. Díky zavedení katalýzy bylo při jednorázových emisních měřeních dosaženo koncentrace PCDD/F pod 20 % emisního limitu. Dosavadní výsledky měření ukazují, že výstupní koncentrace se snižují i s nabytím určitých zkušeností způsobu provozování a údržby pomocných zařízení pro provoz katalyzátoru nezbytných jako jsou správné uvádění do provozu při daných teplotách, především potřebné prohřátí, pravidelné ofukování přehřátou parou aktivních ploch v osmi hodinových intervalech a celková údržba pláště katalyzátoru.

### Režimy nastavení cílové hodnoty NO<sub>x</sub> za linkou resp. katalyzátorem DeNO<sub>x</sub>

- 60 mg/m<sup>3</sup> - protokol s výsledky č. 7,
- 80 mg/m<sup>3</sup> - protokol s výsledky č. 8,
- 100 mg/m<sup>3</sup> – protokol s výsledky č. 9,
- 120 mg/m<sup>3</sup> – protokol s výsledky č. 10.

tab. č. 10 Přehled dosažených výsledků redukce  
Zdroj: autor práce, 2013

<b>Regulace (mg/Nm<sup>-3</sup>)</b>	60	80	100	120
<b>NO<sub>x</sub>_TESO (mg.Nm<sup>-3</sup>)</b>	45	57	73	89
<b>NO<sub>x</sub>_ZEVO (mg.Nm<sup>-3</sup>)</b>	59	74	95	114
<b>NO<sub>x</sub>_kotel (mg.Nm<sup>-3</sup>)</b>	194	194	205	182
<b>spotřeba NH<sub>3</sub> (l.hod<sup>-1</sup>)</b>	13,37	12,53	11,77	7,01
<b>odpad (t)</b>	10,67	10,37	11,67	11,78
<b>výrobní emise kg<sub>NO<sub>x</sub></sub>.t<sup>-1</sup><sub>odpadu</sub></b>	0,375	0,475	0,533	0,658
<b>emise NO<sub>x</sub> (t.rok<sup>-1</sup>) dle průtoku</b>	84,096	112,128	140,16	168,192
<b>emise NO<sub>x</sub> (t.rok<sup>-1</sup>) dle MVE</b>	112,5	142,5	159,9	197,4
<b>náklady SCR 3L na den (kč,-)</b>	3966,1	3716,9	3491,5	2079,4
<b>náklady SCR 3L na 1/2 roku (kč,-)</b>	721826	676475,7	635444,4	378459,2
<b>poplatky za NO<sub>x</sub> dle průtoku (kč,-)</b>	67276,8	89702,4	112128	134553,6
<b>poplatky za NO<sub>x</sub> dle MVE (kč,-)</b>	90000	114000	127920	157920
<b>rozdíl SCR NO<sub>x</sub> TESOXZEVO (%)</b>	23,7	23,0	23,2	21,9

Cena satamin ..... 7,50 Kč (bez dopravy)

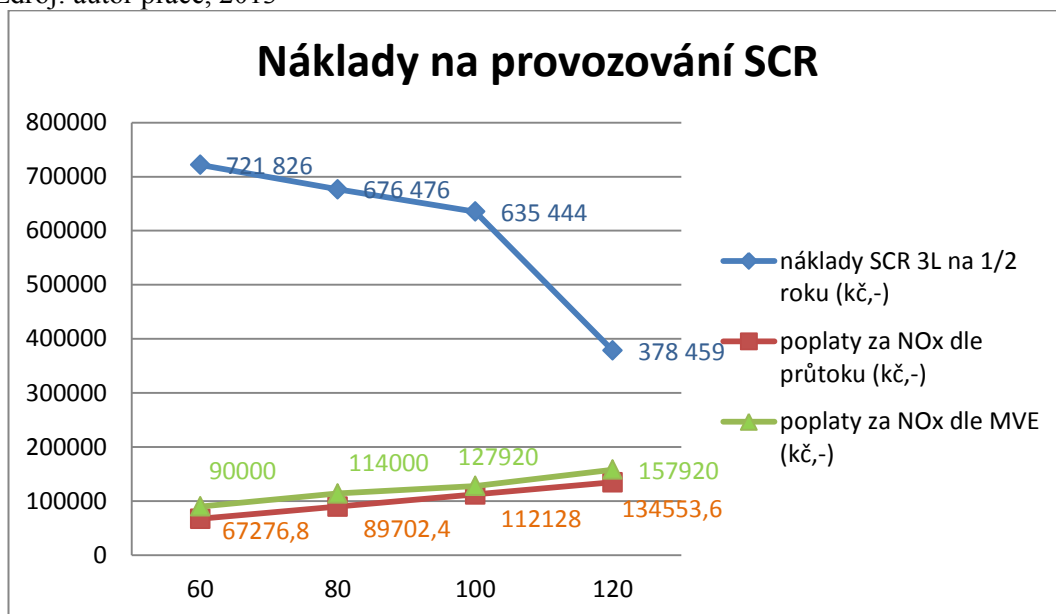
Cena NH<sub>3</sub> ..... 4,12 Kč

Průtok spalin při provozu 3 linek ..... 160000 Nm<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>

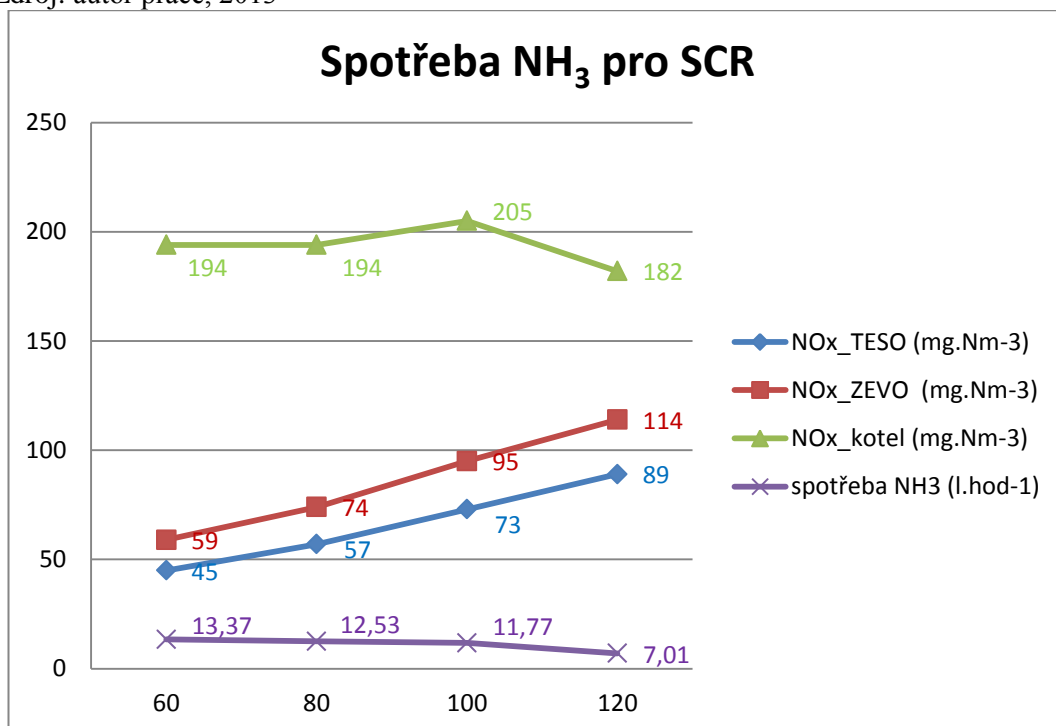
Spálený odpad za rok ..... 300 000 t



obr. č. 16 Graf průběh nákladů na spotřebu NH<sub>3</sub> při jednotlivých provozních režimech v závislosti na požadované úrovni obsahu NO<sub>x</sub> za katalyzátorem  
Zdroj: autor práce, 2013



obr. č. 17 Graf průběh spotřeby NH<sub>3</sub> při jednotlivých provozních režimech v závislosti na požadované úrovni obsahu NO<sub>x</sub> za katalyzátorem  
Zdroj: autor práce, 2013



## 8 DISKUSE

V první etapě modernizace výroby v ZEVO v roce 2000 byla uvedena do provozu metoda SNCR pro snižování obsahu  $\text{NO}_x$ . Metoda SNCR splnila očekávání v ponižování obsahu  $\text{NO}_x$  pod hranici  $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ . Zařízení bylo instalováno v tzv. základní sestavě – tedy pouze na jedné horizontální úrovni stejné pro všechny čtyři trysky (obr. č. 34). I toto může být příčinou limitovaného výsledku redukce  $\text{NO}_x$  při použití této metody. Při provozních zkouškách na výraznější redukci oxidů dusíku docházelo k provozním závadám spočívajícím v usazování amonných solí na tryskovém kole rozprašovacího agregátu odpadní vody (viz schéma výrobního procesu ZEVO Malešice - obr. č. 10). Zařízení muselo být odstaveno, vyčištěno a znovu uvedeno do provozu. Toto rozprašovací zařízení pracuje v rozmezí cca 11 000 ot/min., jakékoli usazení i jemného produktu z provozu toto zařízení rozváží a znemožní další provoz. Proto bylo zařízení metody SNCR testováno v ZEVO Malešice pouze do úrovně  $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ .

Nezávisle byla testována i metoda dávkování suchého aktivního uhlí do spalin na výstupu z kotle dávkovacím zařízením pro redukci PCDD/F. Obě tyto metody byly navrženy z důvodu poměrně nízkých finančních nákladů. Nástřík močoviny byl realizován. Dávkování suchého aktivního uhlí do horkých spalin za kotlem bylo testováno s ne zcela uspokojivým výsledkem a od trvalého používání bylo ustoupeno. Snižování látek PCDD/F ve spalinách bylo tedy prováděno dávkováním aktivního uhlí do pracích suspenzí, respektive používáním připravené směsi vápenného mléka s přidavkem aktivního uhlí v daném poměru.

Modernizace ukončená v roce 2007, spočívala v instalaci kombinovaných katalyzátorů  $\text{DeDiO}_x/\text{DeNO}_x$ , následovala výstavba kogenerační jednotky a zatím poslední veliká investiční akce – stavba zařízení nástříku čpavkové vody pro snižování oxidů dusíku metody SCR -  $\text{DeNO}_x$ .

Dosažené výsledky úrovně emisí při použití metody SCR dokumentují protokoly v přílohách. Počátkem letošního roku proběhly zkoušky funkce metody SCR pro zjištění ekonomických nákladů při různých variantách provozu. Na obr. č. 16 (graf závislosti výše přímých provozních nákladů) můžeme sledovat viditelný pokles nákladů při dodržování vyšších koncentrací  $\text{NO}_x$  zvláště v oblasti obsahu

100 až 120mg/Nm<sup>-3</sup> . Spotřeba NH<sub>3</sub> se v rozmezí regulace výstupní koncentrace oxidů dusíku ve spalínách v rozmezí 60 – 100mg/Nm<sup>-3</sup> výrazněji nemění , výrazně klesá při vyšších koncentracích NO<sub>x</sub> při dodržení hodnoty nad 120mg/Nm<sup>-3</sup> . Je ale nutno zdůraznit, že náklady na provoz při dodržování současných platných specifických limitů pro NO<sub>x</sub>, daných vyhláškou pro ZEVO Malešice, proti dodržení hodnoty 60mg/Nm<sup>-3</sup> jsou téměř dvojnásobné.

**Nejdůležitějším výstupem jsou dosažené výsledky z hlediska ochrany ovzduší** (ONLINE: eea.europa.eu., 2011). V ZEVO Malešice plánují technici další provozní zkoušku metody SCR nastavení regulace NO<sub>x</sub> na hodnotu 40mg/Nm<sup>-3</sup> ,jejíž výsledky budou známy v polovině letošního roku.

Použití metody SCR s katalyzátorem DeDiO<sub>x</sub>/DeNO<sub>x</sub> se z hlediska ochrany ovzduší tedy jeví výrazně účinnější, co se týče nejen produkce oxidů dusíku ale také (díky komplexnímu řešení) v oblasti redukce látek PCDD/F. Použití metody SCR se jeví jako jednoznačně ekologičtější.

#### **Během provozu jsme si uvědomili některé důležité podmínky pro úspěšné provozování metody SCR DeNO<sub>x</sub>/DeDIO<sub>x</sub>**

1. Velký důraz musí být kladen na dodržování teploty spalín v místě nástřiku čpavkové vody do spalín a její udržování pomocí provozu plynového hořáku. Nedodržování provozní teploty při uvádění linky včetně katalyzátoru do provozu má za následek zanášení pláštěv částicemi a následně k jejich ucpávání. Tuhé částice, které se neodloučily v elektroodlučovači, se zachycovaly na studenějším povrchu aktivních ploch katalyzátoru a částečně jej ucpávaly.
2. Velice důležité je dodržování pravidelného ofukování aktivních ploch katalyzátoru, jejich čištění ofukovači přehřátou parou. Pravidelné ofukování, které je v základním provozu prováděno v automatickém režimu, nebylo vždy dodržováno.
3. Nespolehlivý provoz plynových hořáků: Na ústrojích plynových hořáků bylo jednak nutné provádět neplánované opravy z důvodu nevhodně zvolených materiálů ústí hořáků. Použité materiály v krátkých časových úsecích podléhaly korozi. Nové navrhované materiály musí být odolné nejen proti abrazi ale také proti poměrně vysoké vlhkosti spalín

a chemickým reakcím prvků ve spalínách obsažených. Výběr optimálního materiálu stále probíhá.

4. Nevhodně zvoleným způsobem se také jeví hlídání provozu hořáku ionisační elektrodou. Elektroda je zanášena nečistotami z vlhkých spalin a ztráta jejího signálu do bezpečnostního řetězce hořáku znemožňuje provoz hořáku. Optimální metodou se pro hlídání provozu plynového hořáku jeví použití optického snímání plamene, která je použita v prostředí kotelny na hořácích kotlů. Spolehlivý provoz plynových hořáků je velice důležitý.

V případě, že spalovací linka musí být odstavena z provozu z důvodu neprůchozí spalinové cesty ucpáním katalyzátoru, je nutno postupovat následovně: po celkovém vychladnutí zařízení jsou jednotlivé plástve katalyzátoru vyčištěny průmyslovým vysavačem, případně vymyty vodou. Teprve poté a po provedení údržbových prací je možno linku opět uvést do provozu. Ucpání katalyzátoru zamezí provozu spalovací linky na dobu 5 dnů.

V současné době byl provoz plynových hořáků stabilizován, byly provedeny dílčí opravy zařízení. Dodržujeme najížděcí teploty spalin procházejících katalyzátorem, pravidelné ofukování je prováděno v osmihodinových periodách. Toto rozpětí můžeme zkracovat dle potřeby. Disponibilita linek se provedenými zásahy rapidně zlepšila.

## 8.1 Zařízení na energetické využití odpadu v České republice

Spalovna Liberec – TERMIZO a.s. (ONLINE: [www.termizo.mvv.cz/](http://www.termizo.mvv.cz/), 2012)

obr. č. 18 Spalovna Liberec – TERMIZO a.s

Zdroj: ONLINE: [www.termizo.mvv.cz/](http://www.termizo.mvv.cz/), 2012



Moderní spalovna v ČR vybavena jednou spalovací linkou o kapacitě 12 t odpadu/h a následným čištěním spalin.

### Technická data

- Elektrostatický filtr.
- Třístupňová mokrá pračka kouřových plynů.
- Textilní filtr GORE pro snižování PCDD/F.
- Elektrický výkon instalované turbíny 2,5 MW + 1 MW,
- Elektřina dodávaná do sítě až 11 000 MWh / rok - toto množství odpovídá roční spotřebě cca 3000 domácností.
- Instalovaná technologie snižování  $\text{NO}_x$  –SNCR s nástřikem čpavkové vody do spalovací komory (tab. č. 9).

### Kapacita

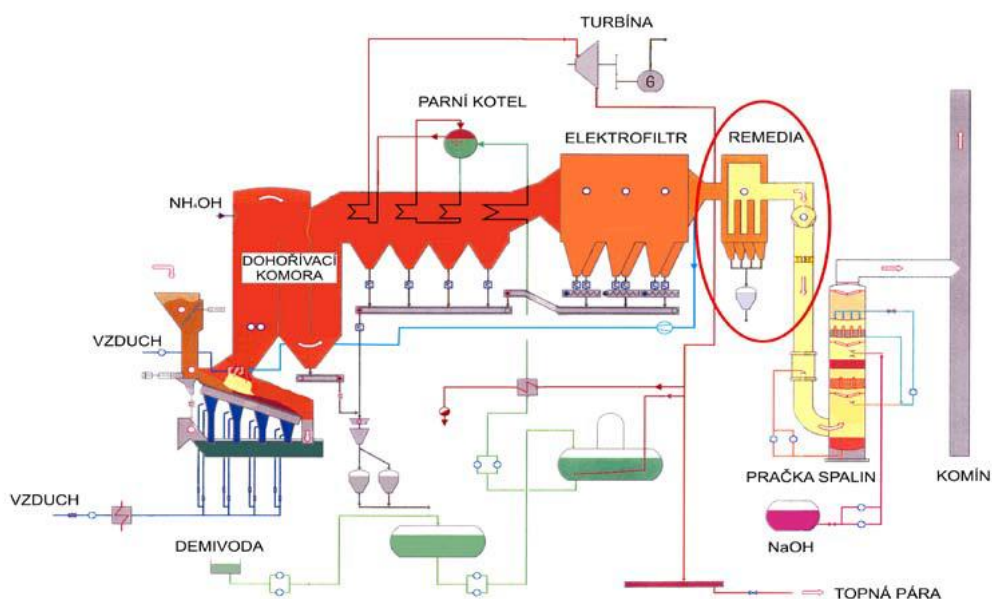
- Odpad - množství přijímaného odpadu 96 000 tun / rok.
- Přijatý odpad je zredukován váhově na 1/3, objemově na 1/10.

- Z přijatého odpadu vznikají - zbytky po spalování cca 32 000 tun škváry, která splňuje vlastnosti výrobku použitelného pro stavební účely.
- Cca 1800 tun železného šrotu, který se vytřídí ze škváry.
- Zbytky po čištění spalin cca 1 200 tun filtračního koláče.
- Provozní hodiny - doba provozu se pohybuje okolo 8 000 hod / rok.
- Výroba tepla - část tepla je vyráběna pro vlastní spotřebu, větší část tepla je prodávána do sítě centrálního zásobení teplem. V letním období je částečně pára odebírána parní kondenzační turbínou.
- Tepelný výkon 28 MW - z odpadu se vyrobí cca 700 000 GJ / rok tepla určeného k prodeji do centrální sítě zásobení teplem - toto množství odpovídá roční spotřebě cca 13 000 domácností (v letních měsících je zařízení na energetické využití odpadů schopno pokrýt téměř veškerou potřebu města Liberce)

Výroba elektrické energie - část elektřiny je vyráběna pro vlastní spotřebu, ostatní vyrobená elektřina je prodávána distributorovi elektřiny.

Instalovaná metoda snižování emisí toxických perzistentních organických látek typu PCDD/F („dioxiny“) – technologie katalytického rozkladu těchto organických látek na textilních filtrech Remedia firmy Gore, zajišťující jejich rozklad na H<sub>2</sub>O, HCL a CO<sub>2</sub>. Rozkládají se i jiné nebezpečné organické látky. Nový katalytický filtr DF byl v průběhu roku 2003 postaven a jeho zkušební provoz byl zahájen v září 2003. Je instalováno 676 katalytických trubic přímo za elektrofiltrem, přičemž provoz DF nevyžaduje žádné další chemikálie. Tato technologie je unikátní a v TERMIZO a.s. byla použita na tomto optimálním technologickém místě poprvé na světě.

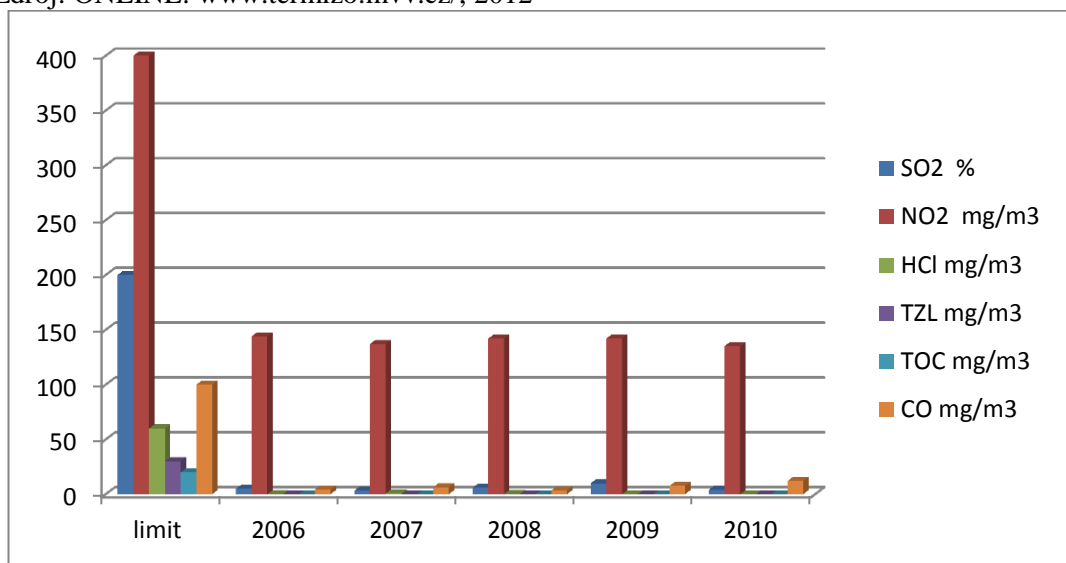
obr. č. 19 Schéma výrobního procesu spalovny společnosti TERMIZO a.s. Liberec.  
Zdroj: ONLINE: www.termizo.mvv.cz/, 2012



tab. č. 11 Meziroční vyhodnocení průměrných hodnot vztažených na stanovené referenční podmínky (teplota 273,15 K, tlak 101,325 K, 11% O<sub>2</sub>)  
Zdroj: ONLINE: www.termizo.mvv.cz/, 2012

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	HCl	TZL	TOC	CO
	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
<b>2000</b>	20	167	0,5	5,6	XXX	3,4
<b>2001</b>	34,2	147	1,5	5,6		4,9
<b>2002</b>	21,6	175	1,4	4,3		7,2
<b>2003</b>	6,6	167	1	5,8		4,5
<b>2004</b>	11,6	178	0,4	4,1		4,9
<b>2005</b>	15	192	0,28	0,33		6
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	HCl	TZL	TOC	CO
	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
<b>Limit</b>	200	400	60	30	20	100
<b>2006</b>	4,9	144	0,1	0,02	0,01	4,2
<b>2007</b>	3,2	137	0,7	<0,004	0,01	6,3
<b>2008</b>	5,8	142	0,13	<0,004	0,01	3,4
<b>2009</b>	9,9	142	0,03	0,01	0,02	7,5
<b>2010</b>	3,9	135	0,03	<0,004	0,03	12
<b>2011</b>	5	132	0,16	<0,0002	0,02	15

obr. č. 20 Dosažené hodnoty emisí v letech 2006 – 2010  
 Zdroj: ONLINE: [www.termizo.mvv.cz/](http://www.termizo.mvv.cz/), 2012



Emisní limity dle v té době platného Nařízení vlády č. 354/2002 Sb. kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování

**Spalovna BRNO SAKO a.s (ONLINE: [www.sako.cz/informace](http://www.sako.cz/informace), 2012)**

obr. č. 21 Spalovna Brno – SAKO a.s.  
 Zdroj: ONLINE: [www.sako.cz/informace](http://www.sako.cz/informace), 2012



První písemný doklad o investičním záměru stavby spalovny v Brně je z roku 1977, stavební povolení bylo vydáno v roce 1984, po pěti letech byla stavba dokončena. Generálním dodavatelem technologické části byla ČKD DUKLA Praha a generálním dodavatelem stavební části byly Průmyslové stavby Brno. Od roku



2008 bylo započato s generální rekonstrukcí, která byla ukončena v září 2010 a poté byla spalovna uvedena do trvalého provozu.

## **Instalovaná technologie**

### ***Kotelna***

Spalovna byla řešena jako uzavřený ucelený komplex s dvěma pěti tahovými kotli (kotel 2 a 3) s vrati suvnými rošty typu Martin. Odpad přiložený do kotle hoří sám a nepotřebuje další přídavné palivo. Odpad přichází na roštu do fáze vysoušení a zahřívání, zplyňování, hoření a dohoření. Teplota se ve spalovací komoře pohybuje okolo 1000 °C. Produkt po spálení se pohybuje do mokrého vynašeče, kde je uhašena a zchlazena a padá do zásobníku škváry. Kotle, díky své robustní konstrukci mají pět tahů což umožňuje maximální předání uvolněné tepelné energie předat varnému systému kotle. Voda pro kotel je v chemické úpravně vody na kvalitu demineralizované vody. Jako stabilizační palivo je používán zemní plyn pro najížděcí a stabilizační hořák.

- maximální spalovací výkon roštu 16 t/hod,
- výhřevnost spalovaného odpadu 8 – 13 MJ/kg.
- minimální spalovací výkon 8,4 t/hod,
- maximální parní výkon 45 t/hod,
- jmenovitý parní výkon 40 t/hod,
- minimální parní výkon 28 t/hod. při dodržení emisních parametrů;
- jmenovitý tlak přehřáté páry 4,1 MPa,
- jmenovitá teplota přehřáté páry 400 °C,
- jmenovitá teplota napájecí vody 105 °C,
- TG – nominální výkon 22,7 MW (teplota vstupní páry 397 °C, tlak 3,87 MPa).

### **Čištění spalin je prováděno pětistupňovým systémem čištění**

- ***První stupeň*** je instalován do spalovací komory – metoda SNCR – nástřik močoviny
- ***Druhý stupeň*** je adsorpce těžkých kovů a perzistentních organických polutantů PCDD/F, PCB a PAU na aktivním uhlí. Dávkování aktivního uhlí NORIT GL 50 v množství cca 5 kg do kouřovodu před absorbéry.

- **Třetí stupeň** je založen na polosuché vápenné metodě LAB/CNIM. Tato metoda spočívá v nástřiku jemně rozprášené vodní suspenze do proudu spalin. Plynné horké kyselé spaliny z kotlů o teplotě cca 195 °C jsou přivedeny do absorbéru, kde probíhá řada chemických reakcí mezi alkalickým sorbentem a kyselými složkami spalin za postupného odpaření vody. Výsledným produktem je jemný suchý prášek, který je unášen ze dna absorbéru spolu se spalinami na textilní filtry.
- **Čtvrtý stupeň** čištění je zapojen mezi absorbéry a textilní filtry a je založen na suché vápenné metodě, spočívající v přidavku suchého hašeného vápna do proudu spalin. Tento stupeň se spouští automaticky v případě zvýšených koncentrací kyselých složek spalin na posílení neutralizačních reakcí v nosných vrstvách textilních filtrů.
- **Pátým stupněm** jsou textilní filtry, které slouží k odloučení veškerých mechanických nečistot a pevných reakčních produktů ze spalin. Textilní filtr sestává z řady paralelně vertikálně uspořádaných filtračních hadic zavěšených na kovovém rámu. Proud spalin do nich vstupuje z vnější strany a odfiltrované spaliny odchází vnitřkem filtrační hadice. Odloučené látky jsou shromažďovány ve výsypkách a následně pneumaticky přefukovány do sil a solidifikovány.

Celý systém je řízen řídicím systémem automaticky tak aby na výstupu spalin byl zbytkový obsah škodlivin nižší než jsou přípustné emisní limity.

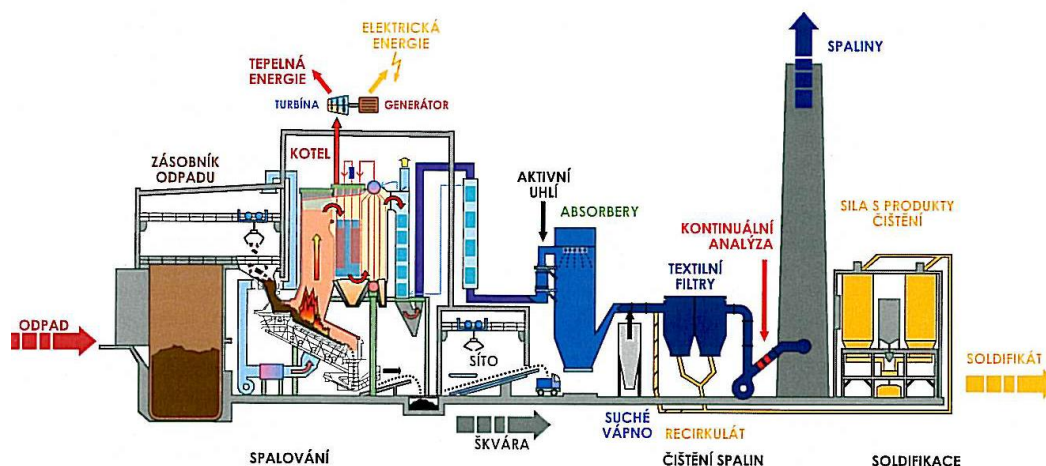
### **Instalovaná technologie snižování NO<sub>x</sub> ve spalinách**

Metoda selektivní nekatalytické redukce oxidů dusíku (SNCR) spočívá v nástřiku redukčního roztoku do spalovací komory kotle v teplotním pásmu 850 °C – 1 050 °C. Tato technologie reaguje na množství a teplotu spalin i na vstupní koncentrace NO<sub>x</sub> za kotlem tak, aby bylo zajištěno i za nejméně příznivých podmínek splnění emisního limitu pro znečišťující látku NO<sub>2</sub> – 200 mg/m<sup>3</sup> (bez stripovacího zařízení). Podmínkou instalace bylo zachovat stávající provozní podmínky vlastního spalovacího procesu a následných provozů, při splnění obecního emisního limitu pro nově vznikající znečišťující látku NH<sub>3</sub> – 50mg/m<sup>3</sup>. Tato znečišťující látka vzniká jako důsledek nedokonalé chemické reakce mezi oxidy dusíku a redukčním činidlem nebo v důsledku přebytku redukčního činidla při nástřiku do spalovací komory kotle. Pro zpětnou odezvu množství nástřiku

redukčního činidla je na výstupu z kotle instalován analyzátor pro sledování koncentrace NO/NO<sub>x</sub> a slouží pro řídicí proces nástřiku redukčního činidla.

obr. č. 22 Schéma výrobního procesu spalovny společnosti SAKO Brno

Zdroj: ONLINE: [www.sako.cz/informace](http://www.sako.cz/informace), 2012



Roční vyhodnocení měsíčních průměrných hodnot emisí vztažené na stanovené referenční podmínky, vyhodnocené z kontinuální analýzy spalovny SKO společnosti SAKO Brno, a.s. V roce 2011 bylo dovezeno celkem 235 485 tun odpadu, ze kterého se vyrobilo 2 117 268 GJ tepla a 71 174 MWh elektrické energie, z toho se prodalo 846 824 GJ tepla a 53 497 MWh elektrické energie. Z produktu po spálení bylo vytříděno a prodáno 3 867 tun železného šrotu a 291 tun neželezných kovů.

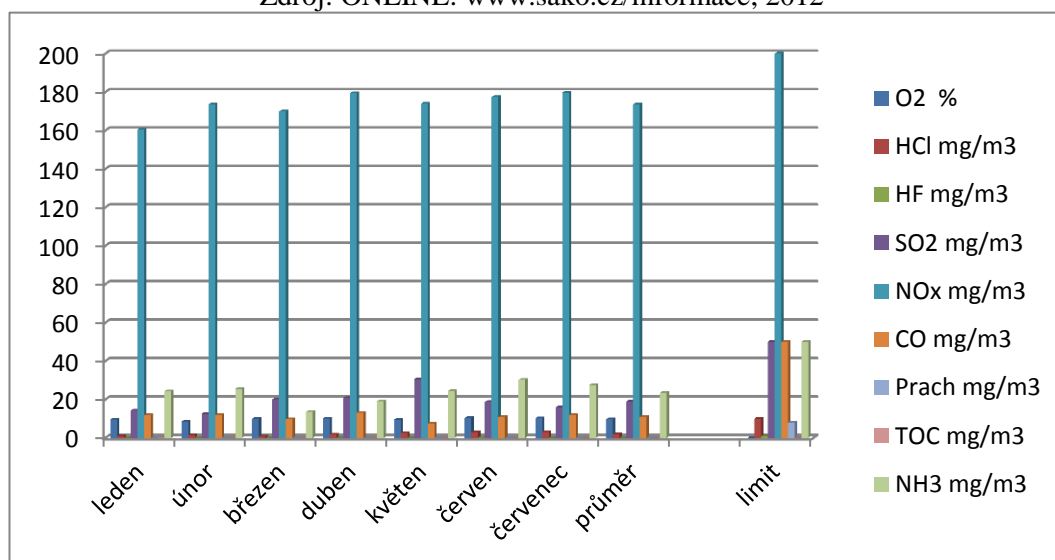
tab. č. 12 Roční vyhodnocení měsíčních průměrných hodnot vztažených na stanovené na referenční podmínky (teplota 273,15 K, tlak 101,325) kPa a referenční obsah kyslíku 11 %) pro kotel K2

Zdroj: ONLINE: [www.sako.cz/informace/](http://www.sako.cz/informace/), 2012

	O <sub>2</sub>	HCl	HF	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Prach	TOC	NH <sub>3</sub>
	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
<b>leden</b>	9,6	0,9	0	14,2	160,4	11,9	0	0,1	24,2
<b>únor</b>	8,4	1,4	0	12,5	173,5	11,9	0	0	25,5
<b>březen</b>	10	0,7	0	20,1	169,9	9,7	0	0	13,6
<b>duben</b>	10,1	1,7	0	20,7	179,4	13,1	0	0	19,1
<b>květen</b>	9,4	2,6	0	30,5	173,9	7,5	0	0	24,4
<b>červen</b>	10,3	3	0,1	18,7	177,4	10,8	0	0	30,2
<b>červenec</b>	10,2	3,1	0	15,9	179,7	11,9	0	0	27,5
<b>průměr</b>	<b>9,7</b>	<b>1,9</b>	<b>0</b>	<b>18,9</b>	<b>173,5</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23,5</b>
<b>limit</b>	<b>&gt; 6,0</b>	<b>10</b>	<b>0,8</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>50</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>50</b>

obr. č. 23 Dosažené hodnoty emisí v roce 2012 pro kotel 2

Zdroj: ONLINE: www.sako.cz/informace, 2012



Dle tehdy platných specifických emisních limitů – Nařízení vlády č. 354/2002 Sb. ze dne 3. července 2002, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu.

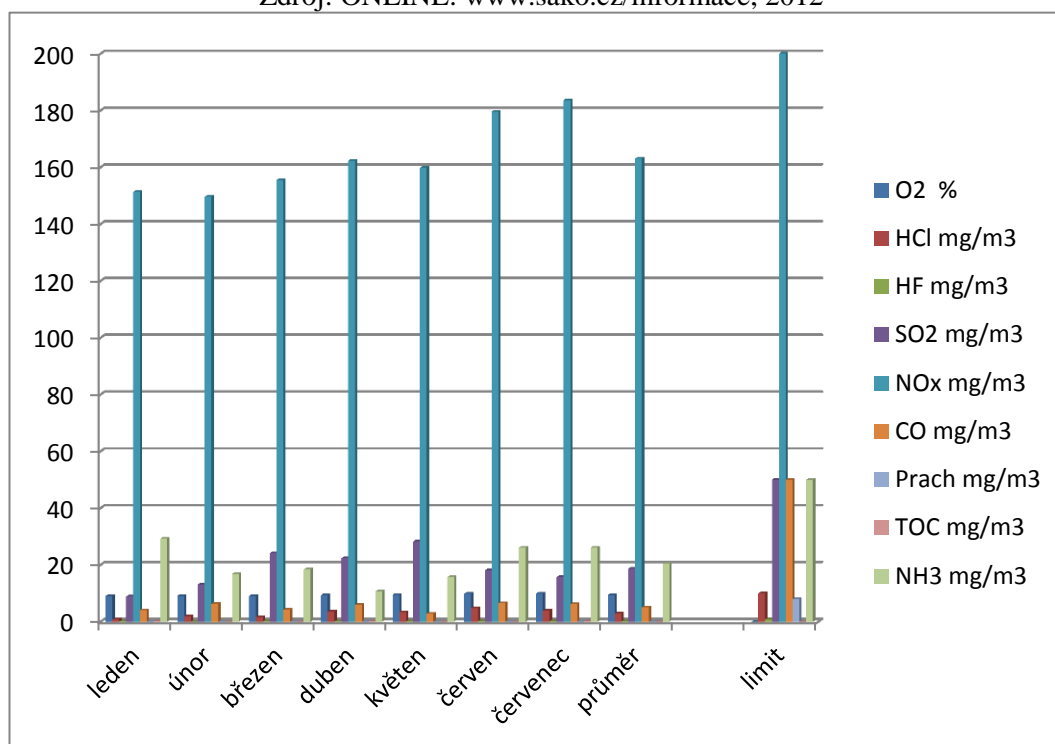
tab. č. 13 Roční vyhodnocení měsíčních průměrných hodnot vztažených na stanovené na referenční podmínky pro kotel K3.

Zdroj: ONLINE: www.sako.cz/informace, 2012

	<i>O<sub>2</sub></i>	<i>HCl</i>	<i>HF</i>	<i>SO<sub>2</sub></i>	<i>NO<sub>x</sub></i>	<i>CO</i>	<i>Prach</i>	<i>TOC</i>	<i>NH<sub>3</sub></i>
	%	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	mg/m <sup>3</sup>
<b>leden</b>	9,1	0,8	0,1	8,9	151,3	4,1	0	0,1	29,2
<b>únor</b>	9,1	1,9	0	13,2	149,6	6,3	0	0	16,8
<b>březen</b>	9,1	1,7	0,1	24,1	155,5	4,2	0	0	18,4
<b>duben</b>	9,3	3,6	0,1	22,4	162,3	5,9	0	0,1	10,7
<b>květen</b>	9,5	3,4	0,1	28,2	159,8	2,8	0	0	15,7
<b>červen</b>	9,9	4,8	0,2	18,1	179,6	6,5	0	0	26,1
<b>červenec</b>	9,9	3,9	0,2	15,7	183,6	6,2	0	0,1	26,1
<b>průměr</b>	9,4	2,9	0,1	18,7	163,1	5,1	0	0	20,4
<b>limit</b>	>6,0	10	0,8	50	200	50	8	0	50

obr. č. 24 Dosažené hodnoty emisí v roce 2012 pro kotel 3

Zdroj: ONLINE: www.sako.cz/informace, 2012



Dle platných specifických emisních limitů tehdy Nařízení vlády č. 354/2002 Sb. ze dne 3. července 2002, kterým se stanoví emisní limity a další podmínky pro spalování odpadu.

Na závěr lze říci, že velké spalovny komunálního odpadu v České republice šly při výběru metod čištění spalin, díky svým specifickým podmínkám výroby, finančním možnostem ale také různým startovacím podmínkám vývoje instalovaného zařízení, svou vlastní cestou. Jako příklad uvádím spalovnu SAKO Brno a.s., kde si už ve schématu výrobního procesu můžeme například všimnout faktu, že zde nejsou instalovány klasické elektroodlučovače tuhých částí. Jejich funkci plně nahrazují filtry textilní – viz výsledky v tab. č. 11 a tab. č. 12. Spalovny v Brně a Liberci používají metodu SNCR pro redukci  $\text{NO}_x$ , pro redukci obsahu PCDD/F jsou v těchto provozech instalována další technická zařízení. V Liberci je to nástřík čpavkové vody a následně spalinu procházejí tkaninovým filtrem, ve spalovně SAKO v Brně je použit nástřík močoviny a další etapy čištění spalin.

První technologie SCR byla instalovaná poprvé v roce 1990 ve spalovně odpadu ve Vídni ve Spittelau, další pak především v Německu (RADOJEVIC, 2006). Technologie SNCR je použita v Německu, Holandsku a především ve Švýcarsku, zde se většinou kombinuje se zařízením  $\text{DeNO}_x$ .

## 9 ZÁVĚR

V rešeršní části práce jsem se pokusil shrnout problematiku nakládání s odpady v historii i současnosti. V práci jsem uvedl i platnou legislativu, kterou spalovny komunálních odpadů musí dodržovat včetně specifických emisních limitů. Nezbytná je znalost popisu složení komunálního odpadu pro pochopení nutnosti použití složitých primárních ale hlavně sekundárních metod vyčištění spalin vzniklých při termickém procesu. Energetické využití odpadu jsem podrobně v práci popsal. Obecně jsem vysvětlil funkce jednotlivých metod snižování škodlivin redukce  $\text{NO}_x$  a PCDD/F a konkrétně jsem vysvětlil jejich používání v ZEVO Malešice.

V rámci zpracování BP jsem se zaměřil na nedostatky, které bránily efektivně využívat nově instalované zařízení v provozu. V praxi jsem se seznámil s následky předčasného dávkování odpadu do kotle před dostatečným prohřátím katalyzátoru, neprováděním pravidelného čištění aktivních ploch katalyzátoru ofukováním apod. Co se týče metody nástřiku močoviny, kontroluji a jsem odpovědný za provoz zařízení metody SNCR. Kontroluji s dodavatelem technologie stav trysek nástřikových kopí, stav směšovacích modulů a dávám pokyn k jejich opravě pro zabezpečení správné funkce (obr. č. 26, obr. č. 27 a obr. č. 28). Podílel jsem se na měření síly tloušťky varných trubek kotle ve spalovací komoře v místě nástřiku močoviny.

Problémem bylo nesprávné nastavení tlaku nosného média (vody) kdy došlo ke kontaktu směsi s těmito trubkami a následně k jejich poškození. Poškozené trubky pak musely být vyměněny.

Výsledky účinnosti použitých sekundárních metod snižování emisí  $\text{NO}_x$  a metody redukce látek PCDD/F dokumentují protokoly měřících skupin autorizovaných firem.

Z posouzení ekonomické výhodnosti či nevýhodnosti té či oné použité metody, lze konstatovat, že vysoké pořizovací a udržovací náklady metody SCR v podmínkách ZEVO Malešice jsou vyváženy využitím vyšší teploty spalin (nutné pro reakci s  $\text{NH}_3$ ) pro ohřev topné vody horkovodního systému v chladiči spalin (viz schéma výrobního procesu ZEVO - obr. č. 10). Výroba tepla společně s výrobou

elektrické energie je základním produktem ZEVO. Toto technologické řešení se jeví v podmínkách ZEVO Malešice jako ekonomické.

Z hlediska ochrany ovzduší (dle dosažených výsledků měřících skupin autorizovaných společností) je výhoda metody SCR v účinnosti redukce  $\text{NO}_x$  zjevná. V kombinaci s katalyzátorem  $\text{DeNO}_x/\text{DeDIO}_x$  zabezpečuje ekologický provoz spalovny komunálního odpadu.

Výsledky měření jsou uvedeny v příložených protokolech v přílohách této práce.

V práci jsou diskutovány výrobní technologie spaloven v Liberci a Brně a dosažené výsledky redukce emisí oxidů dusíku a látek PCDD/F při použití metod SCR – selektivní katalytická redukce a SNCR – selektivní nekatalytická redukce.

Dosažené výsledky měření při použití metody redukce oxidů dusíku a látek PCDD/F SCR v kombinaci s katalyzátorem  $\text{DeNO}_x$  a  $\text{DeDiox}$  v ZEVO Malešice jsou srovnatelné s výsledky měření emisí zařízení stejného typu v zahraničí.

# PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

## ODBORNÁ LITERATURA

- **ADECOTT C. W., NOTT M.**, 2008: Mechanism of smoke reduction by metal compounds. American Chemical Society, Dallas. Pages 4.
- **BALOCH T.**, 2012: Provozní řád ZEVO Malešice, Praha. Pages 49-52.
- **BARTÁČKOVÁ L.**, 2010: Sklárky inertních odpadů a spalovny odpadů. Atlas zařízení pro nakládání s odpady, Praha. Pages 51.
- **BLYDES J.**, 2008: Environmental engineering. Landscape management, London. Volume 25, p. 143.
- **BROWER J.**, 1996: A model for prediction of selective noncatalytic reduction of nitrogen oxides by ammonia, urea. Symposium (International) on Combustion, Salt Lake City. Volume 26, Issue 2, 1996. Pages 2117–2124.
- **DAMGAARD A., FRUERGAARD T., HULGARD T., CHRISTENSEN T. H.; RIBER CH.**, 2010: Life-cycle-assessment of the historical development of air pollution control and energy recovery in waste incineration. Waste management 30. Pages 1244-1250.
- **Ecological and Industrial Consulting (EIC s.r.o.)**, 2000: Studie proveditelnosti pro výstavbu zařízení DeNO<sub>x</sub> a DeDiO<sub>x</sub>. Pražské služby, od. 4. Pages 10 – 45.
- **FERLAZZO N.**, 1993: Selective reduction of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) by ammonia over honeycomb selective catalytic reduction catalysts. I and EC research, ROMA. Pages 1053–1060.
- **HASATANI H., URAD J.**, 2008: Waste and environment. Science and modern Technology, London. Volume 154. Pages 24 – 26.
- **HAYNES B. S.**, 1990: The effect of metals additives on the formation of soot in premixed flames. Symposium on Combustion, London. Page 1365.
- **von der HEIDE B.**, 1993: NO<sub>x</sub> –Minderung an einem steinkohleberfeuerten Kessel in dermaligen CSFR. VGB-Konferenz Kraftwerk und Umwelt, Essen. Pages 21-32.
- **von der HEIDE B.**, 2008: SNCR Process-Best available technology for NO<sub>x</sub> Reduction in Waste to Energy Plants. Power-Gen Europe, Milán. Pages 5 – 13.
- **JAMES R., SPINNEY P.**, 2008: New catalysis. Power. Engineering, London. Volume 112. Pages 102-108.
- **JUNHUA L.**, 2008: Promotional Mechanism of Sulfation on Selective Catalytic Reduction of NO by Methane in Excess Oxygen. Department of Environmental Science and Engineering, university of Michigan. Pages 16052-16057.
- **KAUFMAN K.**, 2005: The Combustion of Different Fuels. Power-Gen Europe, Milano. Pages 12-74.
- **KUTLOVSKÝ J.**, 1999: Experience in Controlling NO<sub>x</sub> from Utility Boilers with SNCR. POWER-GEN, Frankfurt n. Mohane. Pages 1 – 8.



- **KUKON I.**, 1977: Chemical Reduction of SO, particulates and NO<sub>x</sub> emissions. Journal of the Institute of the Fuel, Praha. Pages 41.
- **MATSUDA S., TAKEUCHI M., HISHINUMA T., NAKAJIMA F., NARITA T., WATANABE Y.**, 1978 : Selective Reduction of Nitrogen Oxides In Combustion Flue Gases. Journal of the Air Pollution Control Association, London. Volume 28, Issue 4. Pages 350-353.
- **NORMAN F.**, 2008: High-temperature reduction of nitrogen oxides in oxy-fuel combustion. Fuel, London. Volume 87, Issues 17–18. Pages 3579–3585.
- **PACHALY R.**, b 2006: Reduction of NO<sub>x</sub> Emissions, Mezinárodní konference Air Protection, Štrbské Pleso. Pages 94-98.
- **PACHALY R.**, 1991: Control Nox for Municipal Waste Combustion, Air and waste management association, Vancouver, Canada. Pages 16-21.
- **PINC F.**, 1998: Primární a sekundární opatření snižování plynných emisí chemickou cestou. Ochrana čistoty ovzduší, Praha. Pages 3-35.
- **PINC F.**, 2007: Studie proveditelnosti pro dosažení úrovně NO<sub>x</sub> a SO<sub>2</sub>, ERC Praha. Pages 20-50.
- **PETZOLD F.**, 1967: Spalovací procesy. Spalovací procesy a jejich využití v průmyslu a energetice na přelomu století, Ústí nad Labem. Pages 11 – 26.
- **RADOJEVIČ M.**, 1998: Environmental Pollution. Nitrogen, the Confer-N-s First International Nitrogen Conference 1998, Volume 102, Issue 1, Supplement 1, 1998. Pages 685–689.
- **RÉDR M., et PŘÍHODA M.**, 1991: Základy tepelné techniky. SNTL Praha.
- **DAOOD S. S., JAVET M. T., GIBS B. M.**, 2013: NO<sub>x</sub> control in coal combustion by combining biomass co-firing, oxygen enrichment and SNCR, FUEL, LEEDS. Volume 105. Pages 283–292.
- **STEPANYI D., et BLYNAS, J. J.**, 2008: Thermodynamic assessment of carbamide use for reducing boiler NO<sub>x</sub>, CO flue gas emissions. Science and technology, Norimberk. Volume 54. Pages 13 – 15.
- **STEHLÍK J.**, 2008: Spalovací procesy. Kompendium ochrany ovzduší, Chrudim. Pages 50-98.
- **ŠVACHULA J.**, 2007: Metody snižování emisí oxidů dusíku a současný stav v ČR. Energetika a životní prostředí, Hradec Králové. Pages 4-13.
- **TAVYEB M.**, 2007: Control of combustion-generated nitrogen oxides by selective non-catalytic reduction. Journal of Environmental Management. The University of Leeds. Volume 83, Issue 3. Pages 251–289.
- **TSUMURA T.**, 2004 : Reducing the minimum load and NO<sub>x</sub>. Fuel and Energy Abstracts, London. Volume 45, Issue 1. Pages 44.
- **WEST J., et RYAN T.**, 2005: Reducing NO<sub>x</sub>. Environmental Science & Technology, London. 7/1/2005, Volume 39. Pages 468-469.
- **VRBOVÁ M.**, 2009: Hospodaření s odpady v obcích, EKO-KOM, Praha. Pages 48 – 79.

- **ZANDARYA S.**, 2001: Nitrogen oxides from waste incineration: control by selective non-catalytic reduction. Chemosphere, 6th Intl Congress on Toxic combustion, London. Volume 42, Issues 5–7, February 2001. Pages 491–497.

## ONLINE ZDROJE

- **ANONYMUS 1, 2**, 2013, ONLINE: <http://www.odpadjeenergie.cz/historie/prvni-spalovna-odpadu-byla-v-brne.aspx>, 2010 – odkaz 1,2, cit. 21. 3. 2013.
- **ANONYMUS 3**, 2013, ONLINE: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/zarizeni-evo-v-cr/kde-se-u-nas-vyrabi-energie-z-odpadu.aspx>, cit. 21. 3. 2013
- **CHYTKA L.**, 2013: Budoucnost hospodaření s komunálními odpady. Český spolek pro péči o životní prostředí, Praha, <http://www.csvts.cz/cspzp/odborna-cinnost/akce-2013/>, cit. 30. 3. 2013.
- **KÓL P.**, 2011: ONLINE: <http://spalovaci-procesy.wz.cz/TP.html/>, cit. 10. 11. 2012.
- **EKO-KOM – a, b, c, d, e**, 2012: ONLINE: <http://www.jaktridit.cz/cz/trideni/trideni-v-domacnosti>, cit. 20. 12. 2012.
- **TERMIZO a.s.**, 2, 2012: ONLINE: <http://www.termizo.mvv.cz/>, cit. 18. 3. 2013
- **SAKO Brno a.s.**, 3, 2013, ONLINE: <http://www.sako.cz/spalovna/proces/>, cit. 18. 3. 2013.
- **BALOCH**, 2012: ONLINE: <http://www.odpadjeenergie.cz/getFile.aspx?itemID=744415>, cit. 10. 2. 2013.
- **CENIA, IRZ** 2013: Česká informační agentura životního prostředí, ONLINE: <http://www1.cenia.cz/www/node/46>, cit. 28. 3. 2013.
- **ENVIS**, 2013: ONLINE: [http://envis.praha-mesto.cz/\(eva3d3ajr3153q55hkf2c1ec\)/zdroj.aspx?typ=2&Id=87373&sh=409638669www.envis.cz](http://envis.praha-mesto.cz/(eva3d3ajr3153q55hkf2c1ec)/zdroj.aspx?typ=2&Id=87373&sh=409638669www.envis.cz), cit. 30. 3. 2013.
- **EEA Europa**, 2011: ONLINE: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/progress-by-eu-member-states>, cit. 7. 4. 2013.
- **MAPY**, 2013: ONLINE: <http://www.mapy.cz/#q=ZEVO%2520male%25C5%25A1ice&t=s&x=14.54891>

7&y=50.077167&z=13&qp=14.445073\_50.050778\_14.608322\_50.106991\_12,  
cit. 7. 4. 2013.

- **ODPADOVE FORUM**, 2013: ONLINE:  
<http://www.odpadoveforum.cz/prilohy/Priloha5.pdf>, cit. 4. 4. 2013.

## **PŘÁVNÍ ZDROJE**

- Směrnice Rady 99/31/EC o skládkách odpadu
- Směrnice EU č. 96/61/ES o integrované prevenci znečištění
- Směrnice Rady 99/31/EC o skládkách odpadu
- Směrnice Rady 89/369/EHS, o předcházení znečištění ovzduší z nových spaloven komunálního odpadu,
- Směrnice Rady 94/67/ES, ke spalování nebezpečného odpadu
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/76/ES, o spalování odpadu.
- Zákon o integrované prevenci a omezování znečištění č. 76/2002 Sb., v platném znění.
- Zákon č.201/2012 Sb., o ochraně ovzduší v platném znění
- Zákon č.477/ 2001Sb., o obalech a změně některých zákonů, v platném znění
- Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech a některých změnách dalších zákonů, v platném znění
- Nařízení vlády č. 354/2002 o stanovení emisních limitů pro spalovny odpadů
- Vyhláška č.383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady
- Vyhláška č.381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů
- Vyhláška č.376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů
- Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu
- Vyhláška č. 415 /2012 Sb., O přípustné úrovni znečištění a jejím zjištění a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně životního prostředí

## **OSTATNÍ ZDROJE**

- Provozní řád ZEVO Malešice
- Věstník Spalovna Vysočany,1997

# SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A PROTOKOLŮ

## SEZNAM OBRÁZKŮ

obr. č. 1 Skládkování komunálních odpadů (kg/obyv.) .....	12
obr. č. 2 Spalování (včetně energetického využití) komunálních odpadů (kg/obyv.)	12
obr. č. 3 Vývoj nakládání s komunálním odpadem v ČR v letech 2006-2011 .....	13
obr. č. 4 Odvoz komunálních odpadů svozovými vozy z centra měst.....	15
obr. č. 5. Spalovna Brno.....	17
obr. č. 6 Vysočanská spalovna z roku 1933 .....	18
obr. č. 7 Technologické schéma spalovny Vysočany .....	19
obr. č. 8 Mapa – Malešice, Praha 10 .....	34
obr. č. 9 Zařízení pro energetické využití odpadu Malešice Praha - Pražské služby a.s.....	34
obr. č. 10 Schéma výrobního procesu ZEVO Malešice .....	35
obr. č. 11 Reakce molekul PCDD/F a Hg s aktivním uhlím v předpračce a absorbéru ZEVO .....	41
obr. č. 12 Oblasti vzniku oxidů dusíku podle .....	43
obr. č. 13 Odloučení NO <sub>x</sub> s močovinou ve srovnání se čpavkovou vodou.....	49
obr. č. 14 Odlučování NO <sub>x</sub> v závislosti na teplotě spalin.....	50
obr. č. 15 Plástový katalyzátor .....	54
obr. č. 16 Graf průběh nákladů na spotřebu NH <sub>3</sub> při jednotlivých provozních režimech v závislosti na požadované úrovni obsahu NO <sub>x</sub> za katalyzátorem .....	61
obr. č. 17 Graf průběh spotřeby NH <sub>3</sub> při jednotlivých provozních režimech v závislosti na požadované úrovni obsahu NO <sub>x</sub> za katalyzátorem .....	61
obr. č. 18 Spalovna Liberec – TERMIZO a.s .....	65
obr. č. 19 Schéma výrobního procesu spalovny společnosti TERMIZO a.s. Liberec. ....	67
obr. č. 20 Dosažené hodnoty emisí v letech 2006 – 2010.....	68

obr. č. 21 Spalovna Brno – SAKO a.s. ....	68
obr. č. 22 Schéma výrobního procesu spalovny společnosti SAKO Brno.....	71
obr. č. 23 Dosažené hodnoty emisí v roce 2012 pro kotel 2 .....	72
obr. č. 24 Dosažené hodnoty emisí v roce 2012 pro kotel 3 .....	73
obr. č. 25 Nádrž pro močovinu s ochrannou vanou SNCR – ZEVO Malešice.....	I
obr. č. 26 Nástřikové kopí směsi močoviny a vody SNCR – ZEVO Malešice .....	I
obr. č. 27 Detail ústí nástřikového kopí močoviny ve stěně spalovací komory kotle SNCR.....	II
obr. č. 28 Výstroj směšovacího modulu pro přípravu směsi močoviny a surové vody SNCR .....	II
obr. č. 29 Metoda SCR odstraňování Nox – aktivní plocha katalyzátoru.....	III
obr. č. 30 Plynový hořák pro zvýšení teploty spalin před nástřikem NH <sub>3</sub> .....	III
obr. č. 31 Zásobní nádrž NH <sub>3</sub> se stáček rampou – SCR .....	IV
obr. č. 32 Ovládací a rozváděcí panel pro nástřik NH <sub>3</sub> do spalin – SCR.....	IV
obr. č. 33 Nástřik NH <sub>3</sub> do spalinovodu před katalyzátorem – SCR .....	V
obr. č. 34 Schéma zapojení metody SNCR v ZEVO Malešice – monitor operátora ..	V
obr. č. 35 Schéma zapojení metody SCR – nástřiku čpavkové vody do spalinovodu – monitor operátora .....	VI
obr. č. 36 Průběh úrovně NO <sub>x</sub> jednotlivých linek (měření za linkou) a celková úroveň NO <sub>x</sub> dle kontinuálního měření na věnci komína.....	VII
obr. č. 37 Plnění emisních limitů pro ZEVO .....	VIII
obr. č. 38 Čerpání emisních limitů ZEVO Malešice v letech 2008 – 2012 .....	IX
obr. č. 39 Zobrazení monitoru operátora kotle v řídicím systému Delta V .....	XVI
obr. č. 40 Hodnoty na emisním počítači TAL.....	XVI
obr. č. 41 Hodnoty na emisním počítači TAL.....	XVII
obr. č. 42 Rozmístění spaloven komunálního a nebezpečného odpadu v ČR .....	XXII

## SEZNAM TABULEK

tab. č. 1 Nakládání s komunálními odpady v České republice .....	11
tab. č. 2 Složení komunálního odpadu .....	23
tab. č. 3. Složení komunálního odpadu .....	23
tab. č. 4 Produkce komunálního odpadu v jednotlivých zástavbách v % .....	24
tab. č. 5 Produkce komunálního odpadu v kg/obyvatel/rok.....	24
tab. č. 6 Objemová hmotnost-hustota odpadů při sběru v jednotlivých zástavbách v kg/obyvatel/rok .....	25
tab. č. 7 Emisní limity pro znečišťující látky zjišťované primárně jednorázovým měřením: PCCD,F – 0,1ng TEQ/m <sup>3</sup> .....	30
tab. č. 8 Výpočet koeficientu R1 .....	38
tab. č. 9 Obecné emisní limity.....	57
tab. č. 10 Přehled dosažených výsledků redukce .....	60
tab. č. 11 Meziroční vyhodnocení průměrných hodnot vztažených na stanovené referenční podmínky (teplota 273,15 K, tlak 101,325 K, 11% O <sub>2</sub> .....	67
tab. č. 12 Roční vyhodnocení měsíčních průměrných hodnot vztažených na stanovené na referenční podmínky (teplota 273,15 K, tlak 101,325) kPa a referenční obsah kyslíku 11 %) pro kotel K2.....	71
tab. č. 13 Roční vyhodnocení měsíčních průměrných hodnot vztažených na stanovené na referenční podmínky pro kotel K3. ....	72

## SEZNAM PROTOKOLŮ

protokol č. 1 Výsledky autorizovaného měření emisí v roce 1998 – linka 1 bez instalace sekundárních opatření snižování pro NO <sub>x</sub> .....	X
protokol č. 2 Výsledky autorizovaného měření emisí v roce 1999 – linka 2 bez instalace sekundárních opatření snižování pro No <sub>x</sub> .....	XI
protokol č. 3 Výsledky autorizovaného měření emisí v roce 2004 – linka 1 a 2 s provozem metody SNCR – snižování pro No <sub>x</sub> .....	XII
protokol č. 4 Výsledky jednorázového autorizovaného měření emisí za katalyzátorem v roce 2011 – linka 4 s provozem metody SCR pro snižování pro NO <sub>x</sub> .....	XIII
protokol č. 5 Výsledky jednorázového autorizovaného měření emisí v 22. 5. 2012. Měření obsahu PCDD/F – linka 1 a 2 se zařazenou metodou SCR pro snižování NO <sub>x</sub> PCDD/F.....	XIV
protokol č. 6 Výsledky jednorázového autorizovaného měření obsahu linka č. 1 a 2, PCDD/F 16. 3. – 19. 3. 2004 dle NV č.354/2002Sb. S vápennou suspenzí s příměsí aktivního uhlí 10% - Sorbalit .....	XV
protokol č. 7 Výsledky jednorázového měření čpavkového skluzu linky č. 1 s metodou SCR při nastavené cílové hodnoty 60mg/m <sup>3</sup> za katalyzátorem .....	XVIII
protokol č. 8 Výsledky jednorázového měření čpavkového skluzu linky č. 1 s metodou SCR při nastavené cílové hodnoty 80mg/m <sup>3</sup> za katalyzátorem .....	XIX
protokol č. 9 Výsledky jednorázového měření čpavkového skluzu linky č. 1 s metodou SCR při nastavené cílové hodnoty 100mg/m <sup>3</sup> za katalyzátorem .....	XX
protokol č. 10 Výsledky jednorázového měření čpavkového skluzu linky č. 1 s metodou SCR při nastavené cílové hodnoty 120mg/m <sup>3</sup> za katalyzátorem .....	XXI

obr. č. 25 Nádrž pro močovinu s ochrannou vanou SNCR – ZEVO Malešice  
Zdroj: autor práce



obr. č. 26 Nástřikové kopí směsi močoviny a vody SNCR – ZEVO Malešice  
Zdroj: autor práce





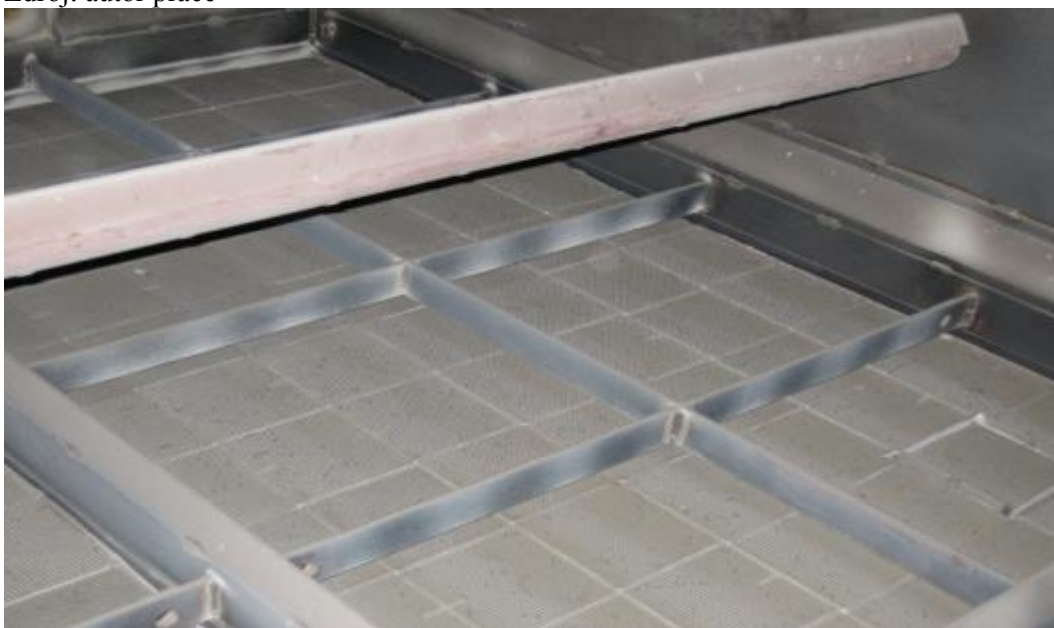
obr. č. 27 Detail ústí nástřikového kopí močoviny ve stěně spalovací komory kotle SNCR  
Zdroj: autor práce



obr. č. 28 Výstroj směšovacího modulu pro přípravu směsi močoviny a surové vody SNCR  
Zdroj: autor práce



obr. č. 29 Metoda SCR odstraňování Nox – aktivní plocha katalyzátoru  
Zdroj: autor práce



obr. č. 30 Plynový hořák pro zvýšení teploty spalin před nástřikem  $\text{NH}_3$   
Zdroj: autor práce



obr. č. 31 Zásobní nádrž NH<sub>3</sub> se stáček rampou – SCR  
Zdroj: autor práce



obr. č. 32 Ovládací a rozváděcí panel pro nástřik NH<sub>3</sub> do spalin – SCR  
Zdroj: autor práce

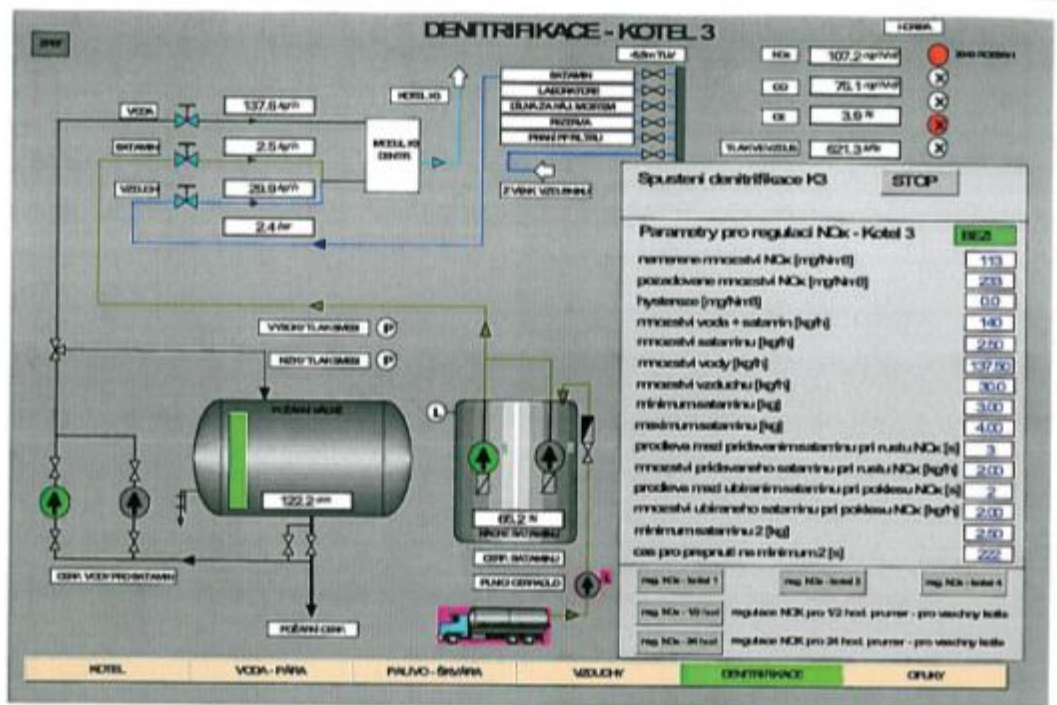




obr. č. 33 Nástřik  $\text{NH}_3$  do spalinovodu před katalyzátorem – SCR  
 Zdroj: autor práce

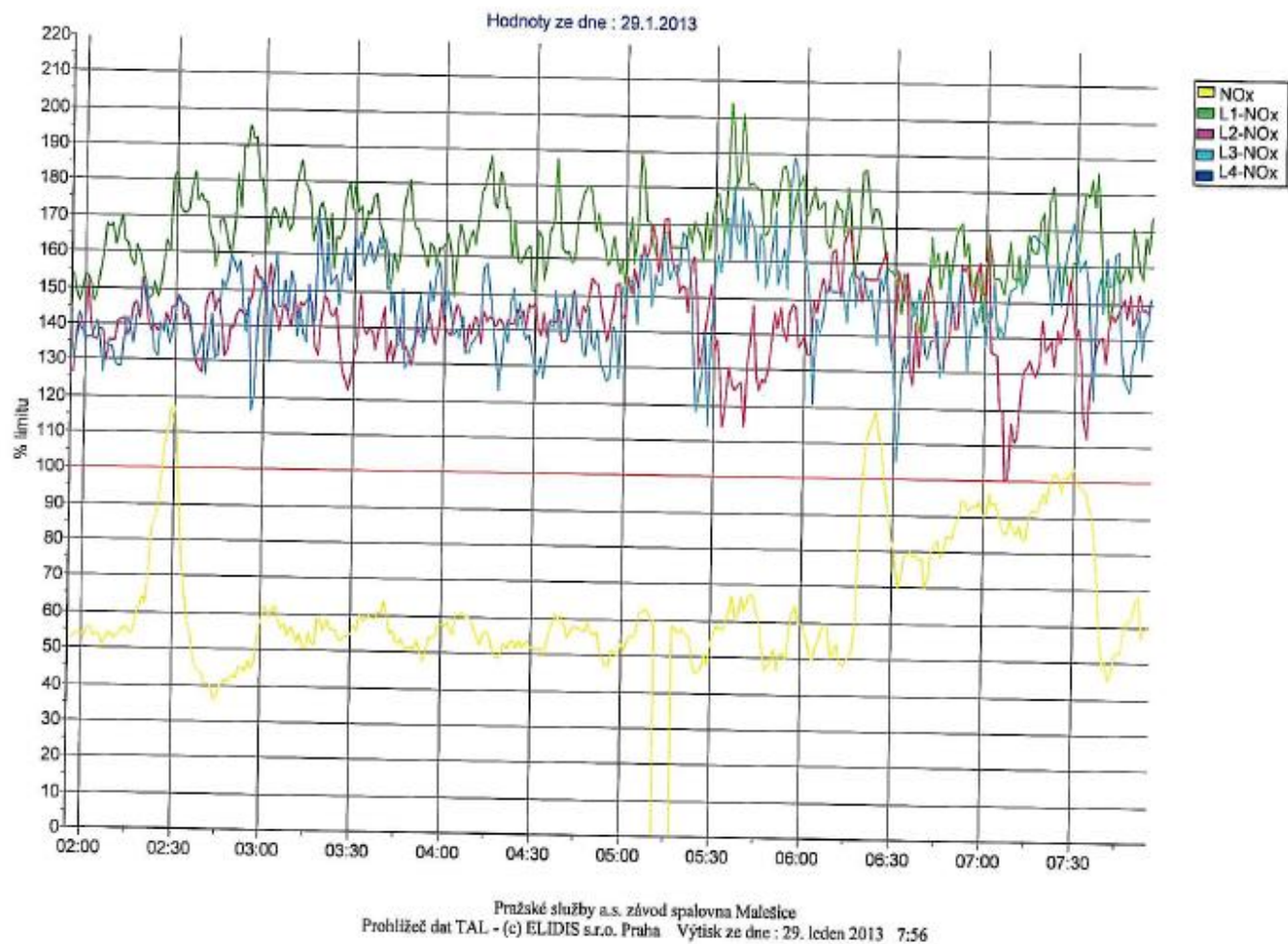


obr. č. 34 Schéma zapojení metody SNCR v ZEVO Malešice – monitor operátora  
 Zdroj: autor práce





obr. č. 36 Průběh úrovně NO<sub>x</sub> jednotlivých linek (měření za linkou) a celková úroveň NO<sub>x</sub> dle kontinuálního měření na věnci komína  
Zdroj: BALOCH, 2013



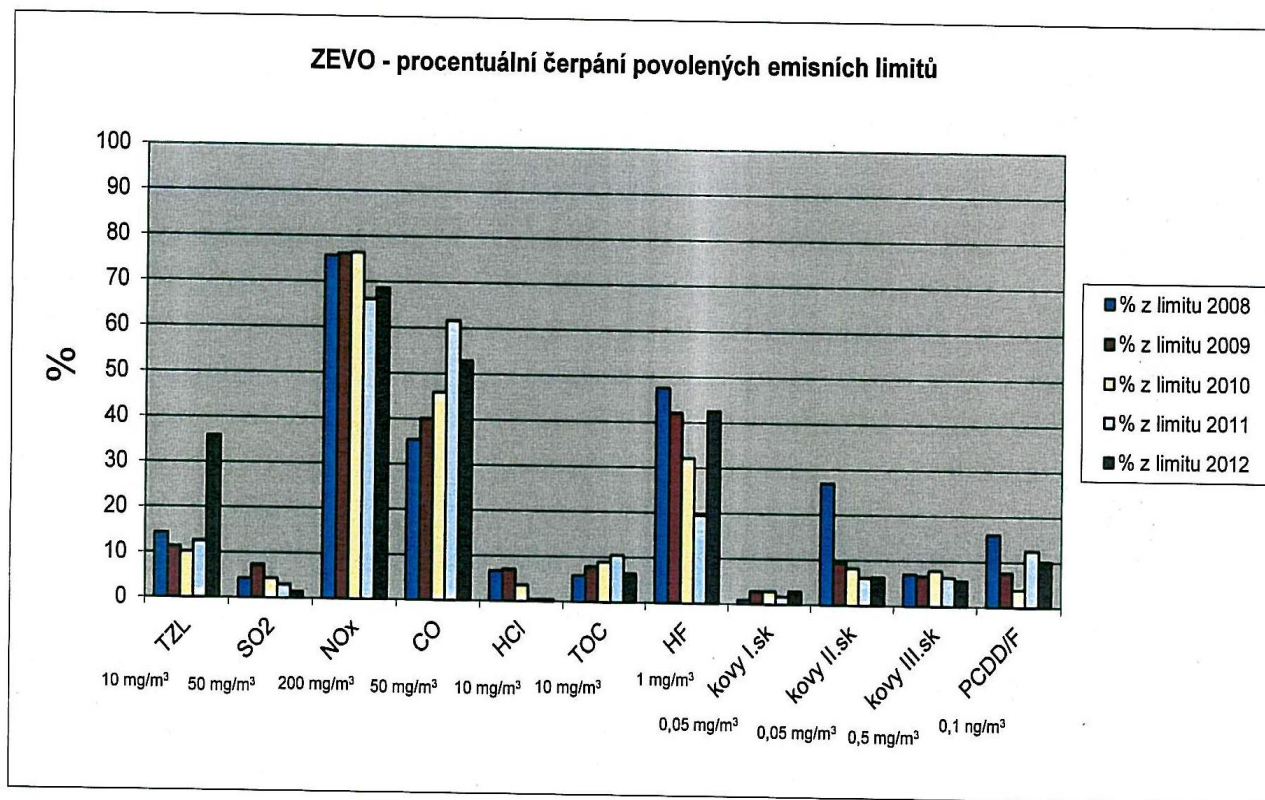


obr. č. 37 Plnění emisních limitů pro ZEVO  
 Zdroj: BALOCH, 2012

### EMISE ZEVO 2011

emise	koncentrace	emisní limit	jednotka	% z limitu	měření
TZL	1,25	10	mg.Nm <sup>-3</sup>	13	kontinuální
SO <sub>2</sub>	1,49	50	mg.Nm <sup>-3</sup>	3	
NO <sub>x</sub>	132,31	200	mg.Nm <sup>-3</sup>	66	
CO	30,78	50	mg.Nm <sup>-3</sup>	62	
HCl	0,04	10	mg.Nm <sup>-3</sup>	0	
TOC	1,04	10	mg.Nm <sup>-3</sup>	10	
HF	0,1950	1	mg.Nm <sup>-3</sup>	20	diskontinuální
Cd	0,0008	0,05	mg.Nm <sup>-3</sup>	2	
Tl	0,0001		mg.Nm <sup>-3</sup>		
Hg	0,0031	0,05	mg.Nm <sup>-3</sup>	6	
Sb	0,0012	0,5	mg.Nm <sup>-3</sup>	6	
As	0,0006				
Pb	0,0089				
Cr	0,0071				
Co	0,0002				
Cu	0,0033				
Mn	0,0037				
Ni	0,0066				
V	0,0005				
PCDD/F	0,0125	0,1	ng.Nm <sup>-3</sup>	13	

obr. č. 38 Čerpání emisních limitů ZEVO Malešice v letech 2008 – 2012  
 Zdroj: BALOCH, 2012



Kovy I sk. = Cd, Tl

Kovy II sk. = Hg

Kovy III sk. = Sb, As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V



protokol č. 1 Výsledky autorizovaného měření emisí v roce 1998 – linka 1 bez instalace sekundárních opatření snižování pro NOx  
Zdroj: f. INPEK, Praha dle platného zákona č. 117/1997 Sb.

List č. : 13  
Číslo protokolu : 114 / 98

**PRAŽSKÉ SLUŽBY a.s.**  
**Spalovna TMO Malešice - linka č.1**

**Výsledky kontinuálního měření plynných emisí**

Datum 10.6. 1998	Měřená veličina													
	O2 %obj.	CO			NOx			SO2			Org. uhlík			CO2
Čas		ppm	mg/Nm3	mg/Nm3 při 11 % O2	ppm	mg/Nm3	mg/Nm3 při 11 % O2	ppm	mg/Nm3	mg/Nm3 při 11 % O2	ppm	mg/Nm3	mg/Nm3 při 11 % O2	% obj.
05.00 - 05.30	10.93	8.9	11.1	11.0	150.5	308.6	306.3	3.8	11.2	11.2	0.3	0.1	0.1	9.03
05.30 - 06.00	12.39	2.8	3.5	4.1	140.1	287.2	333.4	2.7	7.9	9.2	0.4	0.2	0.2	7.73
06.00 - 06.30	11.38	2.8	3.5	3.6	152.5	312.7	325.1	2.8	8.4	8.7	0.4	0.2	0.2	8.58
06.30 - 07.00	12.42	1.7	2.2	2.5	130.6	267.8	311.9	2.7	7.8	9.1	0.3	0.1	0.2	7.47
07.00 - 07.30	10.33	2.3	2.9	2.7	156.9	321.7	301.5	2.5	7.2	6.8	0.2	0.1	0.1	9.35
07.30 - 08.00	10.39	0.6	0.8	0.8	162.8	333.7	314.6	2.3	6.7	6.4	0.1	0.1	0.1	9.29
08.00 - 08.30	9.12	4.8	5.9	5.0	182.8	374.7	315.5	4.5	13.2	11.1	0.3	0.2	0.1	10.55
08.30 - 09.00	10.48	5.9	7.3	7.0	166.4	341.0	324.2	4.0	11.6	11.1	0.3	0.2	0.2	9.44
09.00 - 09.30	10.64	9.1	11.3	10.9	158.6	325.2	313.9	2.9	8.4	8.1	0.4	0.2	0.2	9.29
09.30 - 10.00	10.65	5.0	6.3	6.1	159.3	326.7	315.7	2.3	6.8	6.5	0.3	0.2	0.2	9.31
10.00 - 10.30	11.96	3.8	4.7	5.3	152.2	312.0	345.1	2.3	6.7	7.4	0.5	0.2	0.3	8.13
10.30 - 11.00	10.19	3.4	4.2	3.9	167.4	343.2	317.6	2.6	7.6	7.0	0.4	0.2	0.2	9.75
11.00 - 11.30	11.24	3.0	3.7	3.8	164.9	338.1	346.3	3.3	9.7	9.9	0.3	0.2	0.2	8.83
11.30 - 12.00	10.23	19.0	23.7	22.0	168.6	345.7	320.9	7.2	21.2	19.7	0.3	0.2	0.2	9.63
12.00 - 12.30	11.83	2.8	3.5	3.8	166.8	341.9	372.7	3.2	9.4	10.3	0.7	0.4	0.4	8.24
12.30 - 13.00	10.13	2.9	3.6	3.3	168.9	346.2	318.4	2.7	8.0	7.4	0.6	0.3	0.3	9.75
13.00 - 13.30	10.46	2.0	2.5	2.4	171.6	351.7	333.7	2.5	7.4	7.1	0.5	0.3	0.3	9.41
13.30 - 14.00	11.16	2.3	2.9	3.0	164.6	337.5	343.1	2.5	7.2	7.4	0.6	0.3	0.3	8.79
14.00 - 14.30	13.57	17.3	21.6	29.0	120.1	246.3	331.4	1.5	4.3	5.8	0.8	0.4	0.6	6.33
14.30 - 15.00	10.22	1.7	2.1	2.0	165.2	338.7	314.1	1.9	5.5	5.1	0.6	0.3	0.3	9.60
15.00 - 15.30	10.62	2.9	3.6	3.5	152.1	311.7	300.4	2.5	7.3	7.1	0.4	0.2	0.2	9.33
15.30 - 16.00	11.05	4.0	5.0	5.0	153.3	314.2	315.9	4.1	12.1	12.2	0.5	0.3	0.3	8.80
16.00 - 16.30	9.44	5.2	6.6	5.7	162.7	333.5	288.6	5.6	16.3	14.1	0.5	0.2	0.2	10.24
16.30 - 17.00	11.74	2.5	3.2	3.4	149.9	307.2	331.8	5.0	14.7	15.9	0.7	0.4	0.4	8.10
<b>Sřř. hodnota</b>	<b>10.94</b>	<b>4.9</b>	<b>6.1</b>	<b>6.2</b>	<b>157.9</b>	<b>323.6</b>	<b>322.6</b>	<b>3.2</b>	<b>9.5</b>	<b>9.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>8.96</b>
<i>Sm. odchylka</i>	0.20	0.9	1.2	1.3	2.8	5.7	3.6	0.3	0.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.19
<b>Hmotnostní tok (g/h)</b>		<b>385.5</b>			<b>20544.7</b>			<b>600.3</b>			<b>14.7</b>			

protokol č. 2 Výsledky autorizovaného měření emisí v roce 1999 – linka 2 bez instalace sekundárních opatření snižování pro Nox  
 Zdroj: f. TESSO, Praha dle platného zákona č. 117/1997 Sb.

LINKA 2

EMISNÍ HODNOTY NAMĚŘENÉ VE SPALOVNĚ MALEŠICE A POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT SE ZÁKONEM A ČIŽP STANOVENÝMI HODNOTAMI PRO ROK 1999						
Zákon : 117 / 97 Sb. O ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami						
Uváděné hodnoty jsou vztaženy na suchý plyn při tlaku 101,32 kPa , 0 °C , obsah O <sub>2</sub> = 11%						
název látky	Naměřená koncentrace 4 a 5,5,1999	koncentrace určené rozhodnutím ČIŽP	zákonem určená koncentrace	reserva ve vztahu k zákonu	reserva k rozhodnutí ČIŽP	Jednotky
Prach	1	30	30	29	29,0	mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	11	50	300	289	39,0	mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	315	350	350	35	35,0	mg/Nm <sup>3</sup>
CO	12	100	100	88	88,0	mg/Nm <sup>3</sup>
Organické slouč. ( suma C )	1,3	20	20	18,7	18,7	mg/Nm <sup>3</sup>
HCl	0,63	10	30	29,37	9,370	mg/Nm <sup>3</sup>
HF	0,09	1	2	1,91	0,910	mg/Nm <sup>3</sup>
Těžké kovy skupiny I	0,054	0,2	0,2	0,146	0,146	mg/Nm <sup>3</sup>
Těžké kovy skupiny II	0,004	0,5	2	1,996	0,496	mg/Nm <sup>3</sup>
Těžké kovy skupiny III	0,009	2,5	5	4,991	2,491	mg/Nm <sup>3</sup>
PCDD/PCDF	1,17	-	-	-	-	TEQ ng/Nm <sup>3</sup>

Poznámka :  
 Naměřené hodnoty byly stanoveny metodami a postupy autorizovaného měření znečišťujících látek ve spalínách  
 reserva ve vztahu k zákonu : rozdíl v emisních hodnotách daných zákonem a naměřenými hodnotami autorizovanou měřicí skupinou  
 koncentrace určené rozhodnutím ČIŽP : jsou dány rozhodnutím ČIŽP z 29.7.1997

protokol č. 3 Výsledky autorizovaného měření emisí v roce 2004 – linka 1 a 2 s provozem metody SNCR – snižování pro Nox

Zdroj: f. TESSO, Praha dle platného NV č. 354/2002 Sb.

Příloha č.: 9  
Číslo zprávy: TZ 07/04

## Pražské služby a.s., Praha 10 - Malešice Spalovna komunálního odpadu

### Provozní a emisní parametry z měřicího systému spalovny při měření PCDD/F

Místo	Parametr	Jednotka	Měření č. 1 24.11.2004	Měření č. 2 24.11.2004	Měření č. 3 25.11.2004
KOMÍN	CO	mg/m <sup>3</sup>	29,4	26,8	25,0
	SO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	0,9	1,0	0,2
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	178,6	179,0	201,1
	HCl	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,5	0,2
	TOC	mg/m <sup>3</sup>	0,5	0,5	0,5
	Tuhé emise	mg/m <sup>3</sup>	4,4	4,5	4,4
	O <sub>2</sub>	% obj.	11,32	11,35	10,86
	H <sub>2</sub> O	% obj.	20,04	20,10	21,06
	Teplota	°C	108,3	108,4	109,1
	Průtok	m <sup>3</sup> /h	123836	123567	129220
LINKA 1	CO	mg/m <sup>3</sup>	16,6	14,3	9,4
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	180,3	180,3	200,1
	O <sub>2</sub>	% obj.	11,37	11,20	10,41
	Výkon	t/h	35,40	35,32	41,20
LINKA 2	CO	mg/m <sup>3</sup>	12,4	11,8	10,5
	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	181,5	180,1	196,5
	O <sub>2</sub>	% obj.	9,72	9,99	9,80
	Výkon	t/h	39,50	37,89	39,81

protokol č. 4 Výsledky jednorázového autorizovaného měření emisí za katalyzátorem v roce 2011 – linka 4 s provozem metody SCR pro snižování pro NO<sub>x</sub>  
 Zdroj: f. Inpek, Praha dle platného NV č. 354/2002 Sb.

Příloha č.: 5  
 Číslo protokolu: 189 / 11

**Pražské služby, a.s.**  
**ZEVO Malešice**  
**Linka L4**

**Výsledky měření koncentrace CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>**

Datum 13.červenec 2011	Měřená veličina					
	CO za kotlem	NO <sub>x</sub> za kotlem	SO <sub>2</sub> za kotlem	CO za hořákem	NO <sub>x</sub> za hořákem	SO <sub>2</sub> za hořákem
	[mg.m <sup>-3</sup> ] při O <sub>2</sub> ref.	[mg.m <sup>-3</sup> ] při O <sub>2</sub> ref.	[mg.m <sup>-3</sup> ] při O <sub>2</sub> ref.	[mg.m <sup>-3</sup> ] při O <sub>2</sub> ref.	[mg.m <sup>-3</sup> ] při O <sub>2</sub> ref.	[mg.m <sup>-3</sup> ] při O <sub>2</sub> ref.
Čas						
10:40 - 11:10	103	119	154	195	112	102
11:10 - 11:40	97	167	162	188	145	97
11:40 - 12:10	87	137	171	185	119	104
12:10 - 12:40	98	158	216	266	139	141
12:40 - 13:10	53	183	199	145	165	140
<b>Průměrná hodnota</b>	<b>87</b>	<b>153</b>	<b>180</b>	<b>196</b>	<b>136</b>	<b>117</b>
Rozšířená nejistota měření [%]	± 7	± 8	± 15	± 5	± 8	± 21

O <sub>2</sub> ref.	11%
---------------------	-----

protokol č. 5 Výsledky jednorázového autorizovaného měření emisí v 22. 5. 2012. Měření obsahu PCDD/F – linka 1 a 2 se zařazenou metodou SCR pro snižování NO<sub>x</sub> PCDD/F.  
Zdroj: f. TESSO, Praha dle platného NV č. 354/2002 Sb.

Zkušební laboratoř měření znečišťujících látek,  
Technické služby ochrany ovzduší Praha, a.s.

T/1223/12/Emise

### TABULKA I.

Střední hmotnostní koncentrace PCDD/PCDF vyjádřených jako TEQ 2,3,7,8 TeCDD v suchém plynu za normálních podmínek (101325 Pa, 0 °C) přepočtené na referenční kyslík 11 %, skutečné objemové koncentrace kyslíku v suchém plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky, měrná výrobní emise a porovnání s emisním limitem.

Datum měření	27.3. - 28.3.2012
Zdroj	Pražské služby a.s., ZEVO Malešice
Místo	Komín
Určení limitu	Integrované povolení

Látka	Emisní limit [ng.m <sup>-3</sup> ]	120 % emisního limitu [ng.m <sup>-3</sup> ]	Limítní hmotnostní tok [g.h <sup>-1</sup> ]	Vztahné podmínky pro emisní limit
Σ PCDD/PCDF	0,1 TEQ	0,12	nest.	A ref. O <sub>2</sub> 11%
Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), objemové množství odpadního plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky a měrná výrobní emise.				
Látka	Střední koncentrace c <sub>SN</sub> [ng.m <sup>-3</sup> ]	Objemové množství Q <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Hmotnostní tok M [mg.h <sup>-1</sup> ]	Výrobní emise <sup>1)</sup> E [mg.t <sup>-1</sup> ]
Σ PCDD/PCDF	0,0114 ± 0,0023	129100 ± 19400	0,0015 ± 0,0004	6,4*10 <sup>-5</sup>
<b>Průměrná hmotnost spalovaného odpadu [t.h<sup>-1</sup>]</b>				<b>23,4</b>
Střední koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C) přepočtené na referenční kyslík 11% <sup>2)</sup>				
Označení vzorku	Σ PCDD/PCDF c <sub>SN</sub> [ng.m <sup>-3</sup> ]			O <sub>2</sub> c <sub>S</sub> [%]
8:55 - 14:55 Vzorek 1	0,0199			10,1
15:10 - 21:10 Vzorek 2	0,0082			10,0
7:47 - 13:47 Vzorek 3	0,0060			9,9
Střední koncentrace	0,0114			10,0
Uc	0,0023			0,4

protokol č. 6 Výsledky jednorázového autorizovaného měření obsahu linka č. 1 a 2, PCDD/F 16. 3. – 19. 3. 2004 dle NV č.354/2002Sb. S vápennou suspenzí s příměsí aktivního uhlí 10% - Sorbalit

Zdroj: f. Inpek, Praha

INPEK s.r.o.

Příloha č.: 1  
Číslo protokolu: 104 / 04

**Pražské služby a.s., Praha 10 - Malešice**  
**Spalovna komunálního odpadu - komín**  
**Měření PCDD/F ve spalinách**

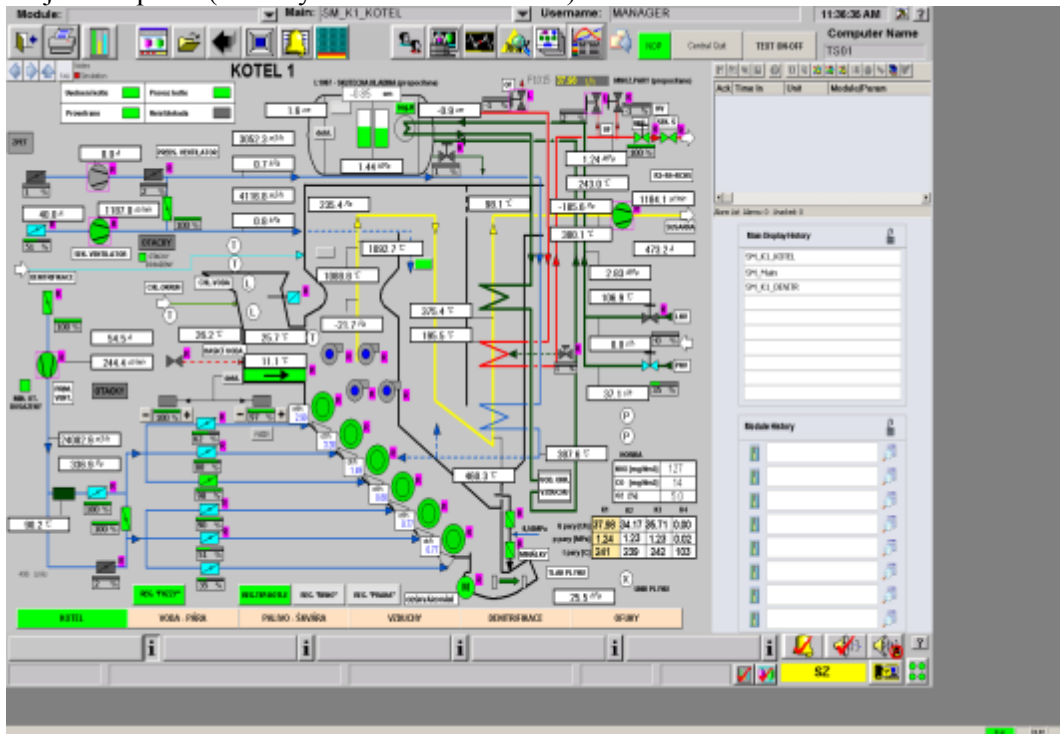
**Výsledky měření objemového toku spalin**

Veličina	Rozměr	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměr	Sm. odchylka
Datum měření	[ dd.mm.rr ]	16.březen 2004	17.březen 2004	19.březen 2004		
Doba měření	[ min. ]	360	360	360	-	-
Atmosferický tlak	[ kPa ]	100,60	100,37	99,30	100,09	-
Průřez potrubí	[ m <sup>2</sup> ]	6,158	6,158	6,158	6,158	-
Teplota spalin	[ °C ]	104,1	105,0	105,1	104,7	-
Statický tlak spalin	[ kPa ]	-0,545	-0,555	-0,509	-0,537	-
Dynamický tlak spalin	[ Pa ]	53	60	61	58	-
Hustota spalin	[ kg.m <sup>-3</sup> ] při n.p.	1,219	1,217	1,215	1,217	-
Střední rychlost spalin	[ m.s <sup>-1</sup> ]	11,07	11,78	11,94	11,60	-
Objemový tok vlhkých spalin	[ m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ] při n.p.	175 481	185 740	186 391	182537	6119
Objemový tok suchých spalin	[ m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ] při n.p.	137 364	144 797	144 799	142320	4292

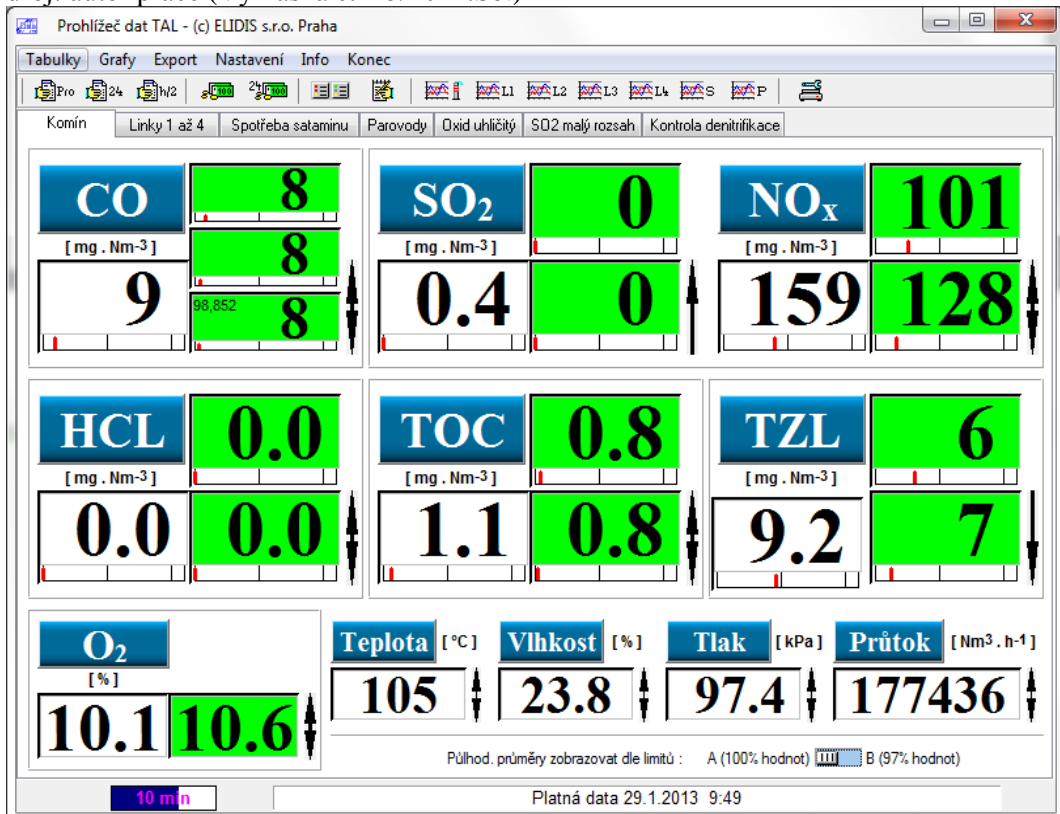
**Výsledky měření emisí PCDD/F**

Veličina	Rozměr	Měření č. 1	Měření č. 2	Měření č. 3	Průměr	Sm. odchylka
Datum měření	[ dd.mm.rr ]	16.březen 2004	17.březen 2004	19.březen 2004		
Doba odběru	[ min. ]	360	360	360	-	-
Průměr ústí hubice sondy	[ m ]	0,010	0,010	0,010	-	-
Izokinetický poměr vzorkování	[ - ]	1,15	1,05	1,01	-	-
Referenční obsah O <sub>2</sub>	[ %obj. ]	11	11	11	-	-
Obsah O <sub>2</sub> ve spalinách	[ %obj. ]	11,39	11,11	11,22	11,24	-
Obsah CO <sub>2</sub> ve spalinách	[ %obj. ]	8,66	8,75	8,69	8,70	-
Vlhkost spalin	[ %obj. ]	21,72	22,04	22,31	22,03	-
Fiktivní vlhkost spalin	[ kg.m <sup>-3</sup> ] při n.p.	0,223	0,227	0,231	0,227	-
Množství kondenzátu	[ ml ]	2465	2510	2355	-	-
Obsah PCDD/F ve F+K+A	[ ng TEQ ]	1,08	1,14	1,07	-	-
Průtok vzorku spalin	[ m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ] při n.p.	2,572	2,499	2,404	-	-
Odebraný objem suchých spalin	[ m <sup>3</sup> ] při n.p.	12,079	11,687	11,206	-	-
Odebraný objem vlhkých spalin	[ m <sup>3</sup> ] při n.p.	15,430	14,992	14,425	-	-
Teplota vzorku spalin	[ °C ]	16,9	10,3	17,5	-	-
Podtlak vzorku spalin	[ kPa ]	-17,866	-19,633	-20,419	-	-
<b>Hmotnostní koncentrace PCDD/F</b>						
ve vlhkých spalinách	[ ng TEQ.m <sup>-3</sup> ] při n.p.	0,070	0,076	0,074	0,073	0,003
v suchých spalinách	[ ng TEQ.m <sup>-3</sup> ] při n.p.	0,089	0,098	0,095	0,094	0,004
v suchých spalinách při O <sub>2</sub> rel.	[ ng TEQ.m <sup>-3</sup> ] při n.p.	0,093	0,099	0,098	0,096	0,003
Porovnání s emisním limitem	[ - ]	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje	Vyhovuje	
Hmotnostní tok PCDD/F	[ μg TEQ.h <sup>-1</sup> ]	12,28	14,12	13,83	13,41	0,99

obr. č. 39 Zobrazení monitoru operátora kotle v řídicím systému Delta V  
Zdroj: autor práce (řídicí systém ZEVO Malešice)



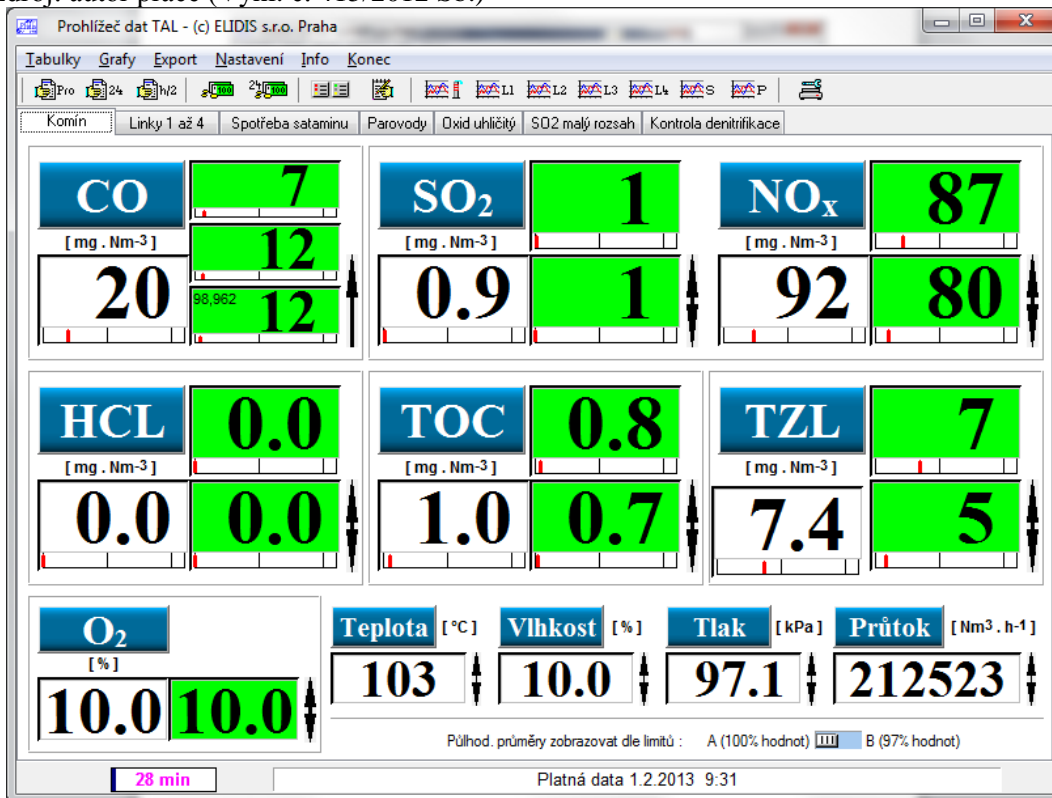
obr. č. 40 Hodnoty na emisním počítači TAL  
Dle kontinuálního měření se zobrazenými 24hodinovými, 30minutovými a 10 min. intervaly snímání hodnot emisí – provoz tří linek, toho 2 linky s provozem SCR v regulaci na hodnotu – linka 1 na 100 mg/Nm<sup>3</sup>, linka 2 na 60mg/Nm<sup>3</sup> na emisním kontinuálním měření (společný komín), třetí linka bez zařazení sekundární metody snižování NO<sub>x</sub> - 29. 1. 2013  
Zdroj: autor práce (Vyhláška č.415/2012.Sb.)



obr. č. 41 Hodnoty na emisním počítači TAL

Dle kontinuálního měření se zobrazenými 24hodinovými, 30minutovými a 10 min. intervaly snímání hodnot emisí – provoz tří linek, toho 2 linky s provozem SCR v regulaci na hodnotu - linka 1 a 2 na 60mg/Nm<sup>3</sup> na emisním kontinuálním měření (společný komín), třetí linka bez zařazení sekundární metody snižování NO<sub>x</sub> - 1. 2. 2013

Zdroj: autor práce (Vyhl. č. 415/2012 Sb.)





protokol č. 7 Výsledky jednorázového měření čpavkového skluzu linky č. 1 s metodou SCR při nastavené cílové hodnoty 60mg/m<sup>3</sup> za katalyzátorem

Zdroj: TESSO Praha, 2013

Zkušební laboratoř měření znečišťujících látek,  
Technické služby ochrany ovzduší Praha, a.s.

T/1566/13/00

**Režim 1, regulace NOx na katalyzátoru na 60 mg.m<sup>-3</sup>**

Datum měření	13. únor 2013						
Zdroj	Pražské služby, a.s., ZEVO Malešice						
Místo	linka 1, výstup z čištění spalin						
Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), objemové množství odpadního plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky a měrná výrobní emise.							
Látka	Střední koncentrace c <sub>SN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]		Objemové množství Q <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Hmotnostní tok M [kg.h <sup>-1</sup> ]	Výrobní emise <sup>1)</sup> E [kg.t <sup>-1</sup> ]		
NOx	56 ± 21		71000 ± 10700	4,0 ± 1,5	0,375		
Množství spáleného odpadu					10,67 t/h		
Střední 30 minutové koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 % <sup>2)</sup>							
Doba odběru vzorku od - do	NOx	NOx za katalyzátorem*	NOx na kotli*	množství čpavkové vody*	teplota za katalyzátorem*	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
	c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	[l/h]	[°C]	c <sub>s</sub> [%]	c <sub>s</sub> [%]
7:01 - 7:30	47	61	187	12,85	290,17	8,8	10,4
7:31 - 8:00	49	61	218	14,80	290,08	9,6	9,8
8:01 - 8:30	44	58	197	12,98	290,12	9,3	10,0
8:31 - 9:00	45	59	200	16,73	290,16	8,8	10,2
9:01 - 9:30	41	59	174	10,01	290,22	8,6	10,4
9:31 - 10:00	41	55	185	12,85	290,11	9,0	10,0
Střední koncentrace	45	59	194	13,37	290,14	9,0	10,1
Uc	21	--	--	--	--	0,7	0,8

\* Hodnoty z kontinuálního měření spalovny, dodané zadavatelem měření. Nejedná se o hodnoty měřené laboratoří TESO.

Datum měření	13.2.2013
Zdroj	Pražské služby, a.s., ZEVO Malešice
Místo	Linka 1, výstup z čištění spalin

Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), objemové množství odpadního plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky a měrná výrobní emise.				
	Střední koncentrace c <sub>SN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	Objemové množství Q <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Hmotnostní tok M [kg.h <sup>-1</sup> ]	Výrobní emise <sup>1)</sup> E [kg.t <sup>-1</sup> ]
Amoniak	< 0,85	71000 ± 10700	< 0,06	< 0,0056
Střední hmotnostní koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 %				
Označení vzorků	Amoniak c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ] <sup>2)</sup>		O <sub>2</sub> c <sub>s</sub> [%]	
A1 7:00 - 8:00	< 0,68		9,2	
A2 8:00 - 9:00	< 0,74		9,1	
A3 9:00 - 10:00	< 0,70		8,8	
Střední koncentrace	< 0,71		9,0	
Uc	--		0,5	

<sup>1)</sup> Hodnoty měrné výrobní emise jednotlivých znečišťujících látek slouží pro výpočet celkové roční emise znečišťujících látek z měřeného zdroje a výpočet výše poplatku za znečišťování ovzduší měřeným zdrojem.

<sup>2)</sup> Hodnoty uvedené v této části tabulky slouží pro posouzení schopnosti měřené technologie dodržovat emisní limity.

protokol č. 8 Výsledky jednorázového měření čpavkového skluzu linky č. 1 s metodou SCR při nastavené cílové hodnoty 80mg/m<sup>3</sup> za katalyzátorem

Zdroj: TESSO Praha, 2013

Zkušební laboratoř měření znečišťujících látek,  
Technické služby ochrany ovzduší Praha, a.s.

T/1566/13/00

### Režim 2, regulace NOx na katalyzátoru na 80 mg.m<sup>-3</sup>

Datum měření	13. únor 2013						
Zdroj	Pražské služby, a.s., ZEVO Malešice						
Místo	linka 1, výstup z čištění spalin						
Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), objemové množství odpadního plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky a měrná výrobní emise.							
Látka	Střední koncentrace c <sub>SN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]		Objemové množství Q <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Hmotnostní tok M [kg.h <sup>-1</sup> ]	Výrobní emise <sup>1)</sup> E [kg.t <sup>-1</sup> ]		
NOx	69 ± 21		71000 ± 10700	4,9 ± 1,5	0,475		
Množství spáleného odpadu					10,37 t/h		
Střední 30 minutové koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 % <sup>2)</sup>							
Doba odběru vzorku od - do	NOx c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	NOx za katalyzátorem* c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	NOx na kotli* c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	množství žpavkové vody* [l/h]	teplota za katalyzátorem* [°C]	O <sub>2</sub> c <sub>s</sub> [%]	CO <sub>2</sub> c <sub>s</sub> [%]
10:21 - 10:50	59	79	210	14,64	289,99	8,8	10,3
10:51 - 11:20	64	85	212	13,89	290,17	8,9	10,0
11:21 - 11:50	55	72	199	12,54	290,39	8,8	10,1
11:51 - 12:20	46	61	179	11,29	290,24	8,7	10,2
12:21 - 12:50	66	85	188	11,95	290,21	9,2	9,9
12:51 - 13:20	49	64	176	10,84	290,34	8,8	10,3
Střední koncentrace	57	74	194	12,53	290,22	8,9	10,1
Uc	21	-	-	-	-	0,7	0,8

\* Hodnoty z kontinuálního měření spalovny, dodané zadavatelem měření. Nejedná se o hodnoty měřené laboratoří TESO.

Datum měření	13.2.2013						
Zdroj	Pražské služby, a.s., ZEVO Malešice						
Místo	Linka 1, výstup z čištění spalin						
Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), objemové množství odpadního plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky a měrná výrobní emise.							
	Střední koncentrace c <sub>SN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	Objemové množství Q <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Hmotnostní tok M [kg.h <sup>-1</sup> ]	Výrobní emise <sup>1)</sup> E [kg.t <sup>-1</sup> ]			
Amoniak	< 0,84	71000 ± 10700	< 0,06	< 0,0058			
Střední hmotnostní koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 %							
Označení vzorků	Amoniak c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ] <sup>2)</sup>			O <sub>2</sub> c <sub>s</sub> [%]			
A4 10:20 - 11:20	< 0,68			8,9			
A5 11:20 - 12:20	< 0,69			8,7			
A6 12:20 - 13:20	< 0,71			9,0			
Střední koncentrace	< 0,69			8,9			
Uc	-			0,5			

<sup>1)</sup> Hodnoty měrné výrobní emise jednotlivých znečišťujících látek slouží pro výpočet celkové roční emise znečišťujících látek z měřeného zdroje a výpočet výše poplatku za znečišťování ovzduší měřeným zdrojem.

<sup>2)</sup> Hodnoty uvedené v této části tabulky slouží pro posouzení schopnosti měřené technologie dodržovat emisní limity.

protokol č. 9 Výsledky jednorázového měření čpavkového skluzu linky č. 1 s metodou SCR při nastavené cílové hodnoty 100mg/m<sup>3</sup> za katalyzátorem

Zdroj: TESSO Praha, 2013

Zkušební laboratoř měření znečišťujících látek,  
Technické služby ochrany ovzduší Praha, a.s.

T/1566/13/00

### Režim 3, regulace NOx na katalyzátoru na 100 mg.m<sup>-3</sup>

Datum měření	13. únor 2013						
Zdroj	Pražské služby, a.s., ZEVO Malešice						
Místo	linka 1, výstup z čištění spalin						
Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), objemové množství odpadního plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky a měrná výrobní emise.							
Látka	Střední koncentrace c <sub>SN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]		Objemové množství Q <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Hmotnostní tok M [kg.h <sup>-1</sup> ]	Výrobní emise <sup>1)</sup> E [kg.t <sup>-1</sup> ]		
NOx	88 ± 23		71000 ± 10700	6,2 ± 1,7	0,533		
Množství spáleného odpadu					11,67 t/h		
Střední 30 minutové koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 % <sup>2)</sup>							
Doba odběru vzorku od - do	NOx c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	NOx za katalyzátorem* c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	NOx na kotli* c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	množství čpavkové vody* [l/h]	teplota za katalyzátorem* [°C]	O <sub>2</sub> c <sub>s</sub> [%]	CO <sub>2</sub> c <sub>s</sub> [%]
13:41 - 14:10	81	100	224	13,58	290,03	9,4	9,8
14:11 - 14:40	73	95	192	11,53	290,37	8,4	10,4
14:41 - 15:10	68	89	173	7,77	290,40	8,9	10,2
15:11 - 15:40	82	102	208	11,30	290,37	9,4	9,6
15:41 - 16:10	84	100	244	14,95	290,02	9,7	9,3
16:11 - 16:40	63	83	187	11,50	290,21	8,4	10,2
Střední koncentrace	75	95	205	11,77	290,23	9,0	9,9
Uc	23	—	—	—	—	0,7	0,8

\* Hodnoty z kontinuálního měření spalovny, dodané zadavatelem měření. Nejedná se o hodnoty měřené laboratoří TESO.

Datum měření	13.2.2013						
Zdroj	Pražské služby, a.s., ZEVO Malešice						
Místo	Linka 1, výstup z čištění spalin						
Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), objemové množství odpadního plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky a měrná výrobní emise.							
	Střední koncentrace c <sub>SN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	Objemové množství Q <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Hmotnostní tok M [kg.h <sup>-1</sup> ]	Výrobní emise <sup>1)</sup> E [kg.t <sup>-1</sup> ]			
Amoniak	< 0,85	71000 ± 10700	< 0,06	< 0,0051			
Střední hmotnostní koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 %							
Označení vzorků	Amoniak c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ] <sup>2)</sup>			O <sub>2</sub> c <sub>s</sub> [%]			
A7 13:40 - 14:40	< 0,72			8,9			
A8 14:40 - 15:40	< 0,69			9,2			
A9 15:40 - 16:40	< 0,71			9,0			
Střední koncentrace	< 0,71			9,0			
Uc	—			0,5			

<sup>1)</sup> Hodnoty měrné výrobní emise jednotlivých znečišťujících látek slouží pro výpočet celkové roční emise znečišťujících látek z měřeného zdroje a výpočet výše poplatku za znečišťování ovzduší měřeným zdrojem.

<sup>2)</sup> Hodnoty uvedené v této části tabulky slouží pro posouzení schopnosti měřené technologie dodržovat emisní limity.

protokol č. 10 Výsledky jednorázového měření čpavkového skluzu linky č. 1 s metodou SCR při nastavené cílové hodnoty 120mg/m<sup>3</sup> za katalyzátorem  
Zdroj: TESSO Praha, 2013

Zkušební laboratoř měření znečišťujících látek,  
Technické služby ochrany ovzduší Praha, a.s.

T/1566/13/00

#### Režim 4, regulace NOx na katalyzátoru na 120 mg.m<sup>-3</sup>

Datum měření	13. únor 2013						
Zdroj	Pražské služby, a.s., ZEVO Malešice						
Místo	linka 1, výstup z čištění spalin						
Střední hmotnostní koncentrace suchého plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), objemové množství odpadního plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky a měrná výrobní emise.							
Látka	Střední koncentrace c <sub>SN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]		Objemové množství Q <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Hmotnostní tok M [kg.h <sup>-1</sup> ]	Výrobní emise <sup>1)</sup> E [kg.t <sup>-1</sup> ]		
NOx	103 ± 23		75300 ± 11300	7,7 ± 1,9	0,658		
Množství spáleného odpadu					11,78 t/h		
Střední 30 minutové koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 % <sup>2)</sup>							
Doba odběru vzorku od - do	NOx			množství čpavkové vody* [L/h]	teplota za katalyzátorem* [°C]	O <sub>2</sub> ε <sub>S</sub> [%]	CO <sub>2</sub> c <sub>S</sub> [%]
	c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	NOx za katalyzátorem* c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	NOx na kotli* c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]				
17:01 - 17:30	91	112	211	8,49	289,98	9,6	9,6
17:31 - 18:00	93	117	220	8,49	290,02	8,9	9,9
18:01 - 18:30	70	98	136	5,04	290,34	7,6	11,0
18:31 - 19:00	91	121	156	4,88	290,42	8,7	10,2
19:01 - 19:30	97	118	196	8,76	290,30	9,4	9,6
19:31 - 20:00	91	117	170	6,41	290,22	8,8	10,3
Střední koncentrace	89	114	182	7,01	290,21	8,8	10,1
Uc	23	--	--	--	--	0,7	0,8

\* Hodnoty z kontinuálního měření spalovny, dodané zadavatelem měření. Nejedná se o hodnoty měřené laboratoří TESO.

Datum měření	13.2.2013
Zdroj	Pražské služby, a.s., ZEVO Malešice
Místo	Linka 1, výstup z čištění spalin

Střední hmotnostní koncentrace v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), objemové množství odpadního plynu, tomu odpovídající hmotnostní toky a měrná výrobní emise.				
	Střední koncentrace c <sub>SN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ]	Objemové množství Q <sub>SN</sub> [m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	Hmotnostní tok M [kg.h <sup>-1</sup> ]	Výrobní emise <sup>1)</sup> E [kg.t <sup>-1</sup> ]
Amoniak	< 0,84	75300 ± 11300	< 0,063	< 0,0053
Střední hmotnostní koncentrace znečišťujících látek v suchém plynu za normálních termodynamických podmínek (101325 Pa, 0°C), přepočtené na referenční kyslík 11 %				
Označení vzorků	Amoniak c <sub>rSN</sub> [mg.m <sup>-3</sup> ] <sup>2)</sup>		O <sub>2</sub> c <sub>S</sub> [%]	
A10 17:00 - 18:00	< 0,71		9,3	
A11 18:00 - 19:00	< 0,66		8,2	
A12 19:00 - 20:00	< 0,72		9,1	
Střední koncentrace	< 0,70		8,9	
Uc	--		0,5	

<sup>1)</sup> Hodnoty měrné výrobní emise jednotlivých znečišťujících látek slouží pro výpočet celkové roční emise znečišťujících látek z měřeného zdroje a výpočet výše poplatku za znečišťování ovzduší měřeným zdrojem.

<sup>2)</sup> Hodnoty uvedené v této části tabulky slouží pro posouzení schopnosti měřené technologie dodržovat emisní limity.

obr. č. 42 Rozmístění spaloven komunálního a nebezpečného odpadu v ČR  
 Zdroj: BARTÁČKOVÁ, L. VÚV T. G. Masaryka – Praha, 2011

